




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

#### R 21 ELECTRÓNICA DEL ESTADO SÓLIDO

EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ

DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005

PALACIO DE MINERÍA

# R21

## Electrónica del estado sólido

### R21-1 GENERALIDADES

Durante muchos años se han usado dispositivos de estado sólido para aplicaciones eléctricas en el campo de refrigeración y aire acondicionado. Los primeros filtros electrostáticos empleaban tubos al vacío como rectificadores, para convertir la corriente alterna de alto voltaje en corriente directa para cargar las celdas de los filtros. Con el desarrollo del rectificador de selenio, se eliminó el tubo al vacío y se simplificó mucho el producto.

La llamada "crisis energética" de la década de 1970 constituyó la chispa de ignición de los electrodomésticos de gas, que a su vez fueron los antecesores del control de temperatura electrónico, o de estado sólido, y del resto de los controles que se incluían. El empleo de sistemas de estado sólido no es nuevo, pero su desarrollo se ha acelerado mucho.

El tema de la electrónica es tan vasto que se necesitarían varios libros para describir las aplicaciones en los campos de TV, comunicaciones, control, etc. Para fines de este capítulo sólo se describirán aquellos temas que se relacionan con los sistemas de control en los campos de refrigeración y aire acondicionado.

### R21-2 LA TEORÍA ELECTRONICA

La teoría electrónica se describió en el capítulo R16, pero es necesario explicarla con más detalle ahora como respaldo para comprender el empleo del material de estado sólido.

Toda la materia se compone de átomos, que son los componentes más pequeños o básicos de las moléculas. A su vez, los átomos se componen de un núcleo pesado, denso, que contiene "protones" y "neutrones" rodeado de partículas más ligeras llamadas "electrones".

### R21-3 PROTONES

El protón lleva una carga eléctrica positiva (+), el electrón tiene carga eléctrica negativa (-), y el neutrón, cuando lo hay, no tiene carga eléctrica; es neutro. La atracción entre los protones con carga positiva en el núcleo, y los electrones con carga negativa, tiende a mantenerlos unidos en lo que llamamos átomo (véase figura R21-1).

El número de protones del núcleo determina el tipo del elemento, así como su peso atómico. La figura R21-1a muestra al átomo de hidrógeno que tiene un protón en el núcleo. El hidrógeno tiene número atómico 1, el menor de todos los elementos. La figura R21-1b muestra al átomo de cobre. Tiene 29 protones en el núcleo y se le asigna el número atómico 29.

La figura R21-2 es una lista de los números atómicos de los elementos naturales conocidos (92) y los 11 elementos que se han sintetizado. El orden de cada uno lo determina el número de protones en su núcleo: 1 para el hidrógeno, 29 para el cobre, 32 para el germanio, 34 para el selenio, 42 para la plata, 79 para el oro, etc.

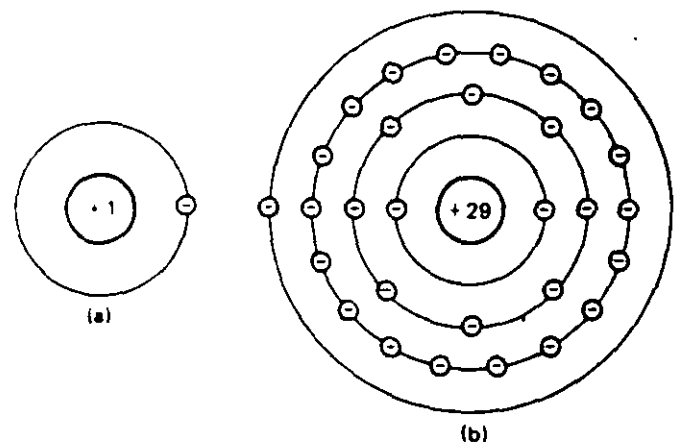


FIGURA R21-1 a) átomo de hidrógeno b) átomo de cobre

**FIGURA R21-2**

Pesos atómicos de los elementos

**ELEMENTOS NATURALES**

Nº Atómico	Nombre	Símbolo	Nº Atómico	Nombre	Símbolo	Nº Atómico	Nombre	Símbolo
1	Hidrogeno	H	32	Germanio	Ge	62	Samario	Sm
2	Helio	He	33	Arsenico	As	63	Europio	Eu
3	Litio	Li	34	Selenio	Se	64	Gadolinio	Gd
4	Berilio	Be	35	Bromo	Br	65	Terbio	Tb
5	Boro	B	36	Kripton	Kr	66	Disprobio	Dy
6	Carbono	C	37	Rubidio	Rb	67	Holmio	Ho
7	Nitrogeno	N	39	Estroncio	Sr	68	Erbio	Er
8	Oxigeno	O	39	Itrio	Y	69	Tulio	Tm
9	Fluor	F	40	Zirconio	Zr	70	Itetbio	Yb
10	Neon	Ne	41	Niobio	Nb	71	Lutecio	Lu
11	Sodio	Na		(Columbio)		72	Hafnio	Hf
12	Magnesio	Mg	42	Molibdeno	Mo	73	Tantalio	Ta
13	Aluminio	Al	43	Tecnecio	Tc	74	Tungsteno	W
14	Silicio	Si	44	Rutenio	Ru	75	Renio	Re
15	Fosforo	P	45	Rodio	Rh	76	Osmio	Os
16	Azufre	S	46	Paladio	Pd	77	Indio	Ir
17	Cloro	Cl	47	Plata	Ag	78	Platino	Pt
18	Argon	A	48	Cadmio	Cd	79	Oro	Au
19	Potasio	K	49	Indio	In	80	Mercurio	Hg
20	Calcio	Ca	50	Estaño	Sn	81	Talio	Tl
21	Escandio	Sc	51	Antimonio	Sb	82	Plomo	Pb
22	Titanio	Ti	52	Teluro	Te	83	Bismuto	Bi
23	Vanadio	V	53	Yodo	I	84	Polonio	Po
24	Cromo	Cr	54	Xenon	Xe	85	Astato	At
25	Manganeso	Mn	55	Cesio	Cs	86	Radón	Rn
26	Hierro	Fe	56	Bario	Ba	87	Francio	Fr
27	Cobalto	Co	57	Lantano	La	88	Radio	Ra
28	Niquel	Ni	58	Cerio	Ce	89	Actinio	Ac
29	Cobre	Cu	59	Praseodimio	Pr	90	Torio	Th
30	Zinc	Zn	60	Neodimio	Nd	91	Protactinio	Pa
31	Gaio	Ga	61	Prometio	Pm	92	Uranio	U

**ELEMENTOS ARTIFICIALES**

Nº Atómico	Nombre	Símbolo	Nº Atómico	Nombre	Símbolo	Nº Atómico	Nombre	Símbolo
93	Neptunio	Np	97	Berkeio	Bk	101	Mendelevio	Mv
94	Plutonio	Pu	98	Californio	Cf	102	Nobelio	No
95	Americio	Am	99	Einsteinio	E	103	Lawrencio	Lw
96	Curio	Cm	100	Fermio	Fm			

**R21-4**

**ELECTRONES**

El número de electrones en un elemento es igual al número de protones, y por lo tanto el elemento está en equilibrio eléctrico. Los electrones también giran en órbitas alrededor del núcleo a una velocidad que compensa la

fuerza centrífuga del movimiento y la atracción eléctrica entre protón y electrón. La trayectoria que sigue el electrón alrededor del protón se llama "capa". Por ejemplo, la trayectoria que sigue la luna alrededor de la Tierra, o la de la Tierra alrededor del sol se llama "órbita", pero se podría llamar también "capa", si se comparara con la trayect del electrón alrededor del protón.

**FIGURA R21-3**

Capas electrónicas.

Nº Atómico	Elemento	Electrones por capa					Nº Atómico	Elemento	Electrones por capa							
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5	6	7	
1	Hidrogeno, H	1					53	Yodo, I	2	8	18	18	7			
2	Helio, He	2					54	Xenon, Xe	2	8	18	18	8			
3	Litio, Li	2	1				55	Cesio, Cs	2	8	18	18	8	1		
4	Berilio, Be	2	2				56	Bario, Ba	2	8	18	18	8	2		
5	Boro, B	2	3				57	Lantano, La	2	8	18	18	9	2		
6	Carbono, C	2	4				58	Cerio, Ce	2	8	18	19	9	2		
7	Nitrogeno, N	2	5				59	Praseodimio, Pr	2	8	19	20	9	2		
8	Oxigeno, O	2	6				60	Neodimio, Nd	2	8	19	21	9	2		
9	Fluor, F	2	7				61	Prometio, Pm	2	8	18	22	9	2		
10	Neon, Ne	2	8				62	Samario, Sm	2	8	18	23	9	2		
11	Sodio, Na	2	8	1			63	Europio, Eu	2	8	18	24	9	2		
12	Magnesio, Mg	2	8	2			64	Gadolinio, Gd	2	8	18	25	9	2		
13	Aluminio, Al	2	8	3			65	Terbio, Tb	2	8	18	26	9	2		
14	Silicio, Si	2	8	4			66	Disprosio, Dy	2	8	18	27	9	2		
15	Fosforo, P	2	8	5			67	Holmio, Ho	2	8	18	28	9	2		
16	Azufre, S	2	8	6			68	Erbio, Er	2	8	18	29	9	2		
17	Cloro, Cl	2	8	7			69	Tulio, Tm	2	8	18	30	9	2		
18	Argon, A	2	8	8			70	Iterbio, Yb	2	8	18	31	9	2		
19	Potasio, K	2	8	8	1		71	Lutecio, Lu	2	8	18	32	9	2		
20	Calcio, Ca	2	8	8	2		72	Hafnio, Hf	2	8	18	32	10	2		
21	Escandio, Sc	2	8	9	2		73	Tantalio, Ta	2	8	18	32	11	2		
22	Titanio, Ti	2	8	10	2		74	Tungsteno, W	2	8	18	32	12	2		
23	Vanadio, V	2	8	11	2		75	Renio, Re	2	8	18	32	13	2		
24	Cromo, Cr	2	8	13	1		76	Osmio, Os	2	8	18	32	14	2		
25	Manganeso, Mn	2	8	13	2		77	Iridio, Ir	2	8	18	32	15	2		
26	Hierro, Fe	2	8	14	2		78	Platino, Pt	2	8	18	32	16	2		
27	Cobalto, Co	2	8	15	2		79	Oro, Au	2	8	18	32	18	1		
28	Niquel, Ni	2	8	16	2		80	Mercurio, Hg	2	8	18	32	18	2		
29	Cobre, Cu	2	8	18	1		81	Talio, Tl	2	8	18	32	18	3		
30	Zinc, Zn	2	8	18	2		82	Plomo, Pb	2	8	18	32	18	4		
31	Galio, Ga	2	8	18	3		83	Bismuto, Bi	2	8	18	32	18	5		
32	Germanio, Ge	2	8	18	4		84	Polonio, Po	2	8	18	32	18	6		
33	Arsenico, As	2	8	18	5		85	Astato, At	2	8	18	32	18	7		
34	Selenio, Se	2	8	18	6		86	Radon, Rn	2	8	18	32	18	8		
35	Bromo, Br	2	8	18	7		87	Francio, Fr	2	8	18	32	18	8	1	
36	Kripton, Kr	2	8	18	8		88	Radio, Ra	2	8	18	32	18	8	2	
37	Rubidio, Rb	2	8	18	8	1	89	Actinio, Ac	2	8	18	32	18	9	2	
38	Estroncio, Sr	2	8	18	8	2	90	Torio, Th	2	8	18	32	19	9	2	
39	Itrio, Y	2	8	18	9	2	91	Protactinio, Pa	2	8	18	32	20	9	2	
40	Zirconio, Zr	2	8	18	10	2	92	Uranio, U	2	8	18	32	21	9	2	
41	Niobio, Nb	2	8	18	12	1	93	Neptunio, Np	2	8	18	32	22	9	2	
42	Molibdeno, Mo	2	8	18	13	1	94	Plutonio, Pu	2	8	18	32	23	9	2	
43	Tecnecio, Tc	2	8	18	14	1	95	Americio, Am	2	8	18	32	24	9	2	
44	Rutenio, Ru	2	8	18	15	1	96	Curio, Cm	2	8	18	32	25	9	2	
45	Rodio, Rh	2	8	18	16	1	97	Berkelio, Bk	2	8	18	32	26	9	2	
46	Paladio, Pd	2	8	18	18	0	98	Californio, Cf	2	8	18	32	27	9	2	
47	Plata, Ag	2	8	18	18	1	99	Einsteinio, E	2	8	18	32	28	9	2	
48	Cadmio, Cd	2	8	18	18	2	100	Fermio, Fm	2	8	18	32	29	9	2	
49	Indio, In	2	8	18	18	3	101	Mendelevio, Mv	2	8	18	32	30	9	2	
50	Estaño, Sn	2	8	18	18	4	102	Nobelio, No	2	8	18	32	31	9	2	
51	Antimonio, Sb	2	8	18	18	5	103	Lawrencio, Lw	2	8	18	32	32	9	2	
52	Telurio, Te	2	8	18	18	6										

R21-5

**CAPA**

Algunos elementos tienen más electrones que otros; por tanto, tienen más órbitas. También, cada electrón sigue

su propia trayectoria; no está alineado con los demás; por consiguiente, los electrones que viajan a la misma distancia del núcleo forman una capa esférica como pelota alrededor del núcleo. También hay un límite del número de electrones que pueden viajar en cada esfera o trayectoria orbital.

La trayectoria más cercana al núcleo sólo puede tener dos electrones. Esto se debe a que la atracción de cargas opuestas es mayor a causa de la menor distancia, y a que la velocidad del electrón es mayor, para producir la fuerza centrífuga necesaria para contrarrestar la atracción y mantener en órbita al electrón. Igualmente, la segunda capa no puede tener más que 8 electrones, la tercera un máximo de 18 electrones, la cuarta 32 electrones, y la quinta también un máximo de 32. No conocemos la capacidad de las capas sexta y séptima, porque no hemos fabricado elementos cuyo peso atómico sea de la magnitud necesaria para llenar esas capas de electrones. Se supone que, debido a que el máximo de 32 se repite en la cuarta y la quinta capas, esto se aplica a todas las capas siguientes. La figura R21-3 muestra el número de electrones y la cantidad de ellos en cada capa para los diversos elementos, tanto naturales como artificiales.

### R21-6 CAPA DE VALENCIA

La capa externa de un átomo se llama *capa de valencia* y los electrones que orbitan en esa capa se llaman *electrones de valencia*. En la figura R21-1a, el hidrógeno sólo tiene un electrón en una capa, y por lo tanto tiene un electrón de valencia. El átomo de cobre de la figura R21-1b tiene un electrón en su capa de valencia (la cuarta capa), y por consiguiente tiene también un electrón de valencia.

Al repasar las capas electrónicas que aparecen en la figura R21-3, el lector verá que la tercera, cuarta, quinta y sexta capas tienen un comportamiento peculiar, porque no tienen más que 8 electrones en la capa de valencia. Sólo cuando se inicia una capa más y no se trata de la capa de valencia, puede tener más electrones. Por lo tanto, se puede enunciar una regla: La capa externa, o de valencia, de un átomo, no puede tener más que 8 electrones. Esta regla es importante, porque indica qué átomos son buenos conductores de la energía eléctrica, cuáles son buenos aisladores y cuáles son semiconductores.

### R21-7 NIVEL DE ENERGÍA

Cada electrón en el átomo tiene la misma carga negativa, pero no todos los electrones tienen el mismo nivel de energía. Aquellos que viajan en las capas externas, como lo hacen a mayor distancia, necesitan de un mayor nivel de energía. Si pudiéramos agregar energía a los electrones que viajan en las capas internas, los podríamos hacer pasar a las capas externas. Si se agrega energía suficiente a un electrón de valencia, se le puede sacar de su trayectoria orbital, y como ya no hay órbita a la que pueda entrar, se convierte en un electrón "libre". Cuando se agrega energía, sea térmica, eléctrica, luminosa, etc., a un átomo, la capa de valencia es la que la recibe primero. Por lo tanto, los electrones de valencia son los más fáciles de "liberar" del átomo.

### R21-8 ATOMOS ESTABLES E INESTABLES

La facilidad con la que un átomo cede sus electrones de valencia depende del número de electrones en esa capa. Si la capa está llena a menos de la mitad, contiene de uno a tres electrones, tiende a vaciarse. Esto permite que la siguiente capa hacia el interior, que está llena, funcione como capa de valencia. Los átomos que tienen esa tendencia son los mejores conductores de electricidad: por ejemplo tenemos al cobre, con 1 electrón de valencia; aluminio con 3 electrones de valencia; la plata con 1, y el oro con 1. Si la capa de valencia está llena a más de la mitad, por contener 5 o más electrones de valencia, el átomo se resiste a perder electrones y es un buen aislador. Por ejemplo, tenemos a los gases muy estables: neón, argón; etc., todos con 8 electrones de valencia.

### R21-9 ENLAZAMIENTO

#### R21-9.1 Enlazamiento electrovalente

Para poder emplear los átomos como conductores, aisladores o semiconductores, se pueden combinar con otros átomos para formar compuestos. Cuando esto sucede, se combinan en proporciones tales que producen capas de valencia estables. Por ejemplo, se combinan dos átomos de hidrógeno, cada uno con un electrón de valencia, con un átomo de oxígeno, que tiene seis electrones de valencia, para formar un compuesto (agua, H<sub>2</sub>O), en el que el oxígeno tiene ocho átomos de valencia.

De más importancia para el técnico en refrigeración es el hecho que las conexiones limpias de cobre conducen bien la electricidad, pero las que están cubiertas con óxido de cobre tienen alta resistencia debido al valor aislante del óxido. El cobre puro sólo tiene un electrón de valencia, que se libera con facilidad para conducir la energía eléctrica. Sin embargo, dos átomos de cobre y uno de oxígeno se combinan para producir una molécula de óxido de cobre con ocho electrones de valencia. Como resultado de ello, el óxido de cobre tiene alta resistencia a la corriente eléctrica. Se clasifica como aislador. Cuando se combinan distintos átomos para formar moléculas estables, o capas de valencia llenas, se dice que son *enlaces electrovalentes*, porque se enlazan compartiendo sus electrones de valencia. También se mantienen unidos debido a las cargas positivas y negativas entre los átomos.

Cuando un átomo tiene igual número de protones y electrones, está en equilibrio. Si cede o toma electrones y se elimina el equilibrio, se llama *ion*. Si el átomo cede un electrón, tiene sobrante de protones y es un ion positivo. Si toma electrones, tiene sobrante de electrones y es un ion negativo. Como las cargas opuestas se atraen, los iones cobre (positivos) y los iones oxígeno (negativos) se atraen y se combinan para formar la molécula de óxido de cobre.

Como el semiconductor sólo tiene pocos electrones únicamente pasa una corriente muy pequeña.

En comparación, un buen conductor, que tiene abundancia de electrones libres, tiene capacidad de conducir grandes corrientes. También, en el buen conductor los electrones no dejan agujeros, porque proceden de capas inestables de valencia.

En el semiconductor, el flujo de corriente se debe a la ruptura de enlazamientos entre pares de electrones, y a los agujeros que quedan cuando sale el electrón. Los agujeros permiten que los demás electrones de valencia se muevan porque los agujeros tratan de llenarse continuamente. El movimiento de los electrones de valencia no necesita grandes energías, porque sólo se mueven a agujeros adyacentes, y la atracción de éstos los hace moverse. El espacio entre el electrón y el agujero actúa como una atracción de cargas positiva y negativa, y por lo tanto se considera que el agujero tiene carga positiva.

Si se aplicara voltaje de corriente directa a través del semiconductor, el voltaje resultante atraería los electrones, negativos, hacia el voltaje positivo. Esto haría que los agujeros parecieran moverse hacia el voltaje negativo. Los electrones libres serían atraídos naturalmente hacia el voltaje positivo.

El lector puede ver que hay dos tipos de flujo de corriente: electrones hacia el voltaje positivo y agujeros hacia el negativo. Aun cuando los agujeros sólo se mueven de modo virtual, son los que se usan para describir el flujo de la corriente en la zona de "valencia" porque van en la dirección opuesta al flujo de electrones libres. Por lo tanto, se pueden identificar las dos corrientes. Un semiconductor tiene una corriente negativa de electrones libres y una corriente positiva de agujeros.

El flujo de la corriente de electrones continúa, porque un electrón libre entra al semiconductor del lado del voltaje negativo, por cada uno que abandona del lado positivo. También, por cada agujero que se llena en el lado negativo, se crea uno nuevo del lado positivo cuando el electrón sale y entra al conductor fijo en ese lado. Los agujeros no abandonan ni entran al semiconductor. No pueden porque no hay enlaces covalentes, o agujeros, en los conductores.

El flujo de corriente en el conductor es el total del flujo de electrones libres y de agujeros en el semiconductor. Se debe recordar que en un semiconductor el flujo de corriente se lleva a cabo en dos distintos niveles de energía: una corriente está en el enlace de conducción de los electrones libres y la otra está en la capa de valencia, con electrones de valencia o agujeros. En un conductor, el flujo de corriente sólo se efectúa en el enlace de conducción de electrones libres.

Hasta ahora hemos supuesto que la corriente de agujeros y la de electrones por el semiconductor son iguales. Esto puede ser cierto para los semiconductores puros, cuando sólo se aplica una energía de pequeña intensidad. Sin embargo, cuando aumenta el nivel de energía, sube la corriente de electrones de modo lineal con respecto al aumento de voltaje. Sin embargo, la corriente de agujeros no aumenta en forma apreciable hasta que el nivel aplicado de energía es apreciable. Debido a las distintas reacciones del flujo de

corriente hacia la energía (voltaje) aplicada, la resistencia óhmica de un semiconductor no sigue la ley de Ohm.

## R21-12 DOPADO

Para mejorar la capacidad de transporte de energía de los semiconductores, se mezclan átomos extraños con los del semiconductor. El tipo de átomos extraños que se use dependerá de la acción conductora de corriente que se desee en el semiconductor. Aunque los electrones y los agujeros del átomo no son la corriente real, son medios de transporte de ella. Los electrones se mueven de negativo a positivo, y por lo tanto se dice que son *portadores de corriente negativa*. Los agujeros parecen moverse de positivo a negativo, y por lo tanto se les llama *portadores de corriente positiva*.

Si se agrega un material al semiconductor que tenga cinco electrones de valencia, como el arsénico, y el semiconductor básico es el silicio, que tiene cuatro electrones de valencia, el átomo de arsénico formará un enlace de par de electrones con el de silicio, pero sobrará un electrón. Esto suelta un electrón libre que se puede mover libremente entre los átomos. Esta combinación tendrá una mayor capacidad de conducción de corriente negativa.

Si el material agregado al material básico del semiconductor (silicio) tiene menor número de electrones de valencia, por ejemplo el boro que sólo tiene tres, la combinación tendrá el enlace de par electrónico con un electrón faltante. En otras palabras, tendrá un exceso de agujeros. Esta combinación tiene una mayor capacidad de conducir corriente positiva.

Este proceso de control de la cantidad de electrones y agujeros de las combinaciones de átomos se llama *dopado*. También, si el material extraño que se use tiene cinco electrones de valencia para producir electrones libres, será un material de átomos *pentavalentes*. Si el material que se use tiene tres electrones de valencia, a sus átomos se les llama *trivalentes*. Recuérdese que las impurezas pentavalentes dan exceso de electrones libres, o portadores de corriente negativa; las impurezas trivalentes dan un exceso de agujeros, o portadores de corriente positiva.

Los semiconductores dopados para tener un exceso de electrones libres son principalmente portadores de corriente negativa y se llaman *tipo N*. Los que están dopados para tener exceso de agujeros y tener mayor capacidad de transporte de corriente positiva se llaman *tipo P*. Los semiconductores tipo P conducirán la corriente con más facilidad que los semiconductores puros, pero no con tanta facilidad como los semiconductores tipo N.

## R21-13 DIODOS DE ESTADO SÓLIDO

En los diodos, la corriente pasa a través de ellos en una dirección, pero no en la dirección contraria, igual que en un tubo al vacío. Hay dos tipos generales de diodos con esta capacidad: el rectificador metálico y el diodo semiconductor.

==== R21-13.1  
 =====  
 =====  
 ===== **Rectificadores metálicos**

Se han empleado principalmente dos tipos de rectificadores metálicos, aunque se conocen otros. Esos dos son el rectificador de óxido de cobre y el de selenio.

El rectificador de óxido de cobre está fabricado con un disco grueso de cobre, sobre el que se ha depositado una capa delgada de óxido de cobre. Cuando se aplica un voltaje negativo al cobre y uno positivo al óxido de cobre, la resistencia a la corriente es muy baja y pasa con facilidad. Sin embargo, cuando el voltaje se invierte, la resistencia se hace muy alta y casi desaparece el flujo de corriente. El rectificador de selenio-hierro, que se compone de una placa de hierro sobre la que se ha depositado una capa de selenio, tiene las mismas características.

Esos rectificadores tienen altas capacidades de conducción de corriente, así como la capacidad de manejar altos voltajes. La combinación selenio-hierro es la más durable y se usa en la mayor parte de las aplicaciones. En el campo del aire acondicionado, la aplicación principal es en los limpiadores electrónicos de aire, cuando el flujo de corriente es del orden de 0.25 A, pero el voltaje que interviene es de 6000 volts para arriba. Esta aplicación se explica con mayor detalle en las secciones R21-6 y R21-6.1. En controles como termostatos, centros de carga, etc., los rectificadores tienen un trabajo mucho más ligero, y los voltajes son bastante menores. Por lo tanto se usan allí semiconductores tipo *N* y tipo *P*.

==== R21-13.2  
 =====  
 =====  
 ===== **Diodos semiconductores**

Cuando se combinan semiconductores tipo *N* y tipo *P* en una unidad se llaman *diodos P-N*, o *diodos semiconductores*. Como cada mitad de la unidad *P-N* tiene una corriente de mayoría y minoría opuestas, la resistencia de la unidad al flujo de corriente que va en una dirección es mucho mayor que la correspondiente a la corriente que va en la otra dirección.

Recuérdese que en el tipo *P* la mayor parte de los portadores de corriente en los agujeros son portadores de corriente positiva, y que los electrones libres son minoría de portadores de corriente. En el tipo *N*, los electrones libres son mayoría de portadores de corriente y los agujeros son minoría. Cuando se pegan los dos tipos de semiconductores, al momento del enlace se desarrolla una "región de carencia", o de "agotamiento".

==== R21-14  
 =====  
 =====  
 ===== **REGION DE AGOTAMIENTO**

Antes de unir a los semiconductores cada uno de ellos, el tipo *N* y el tipo *P* eran neutros, y el tipo *N* tenía electrones libres y el tipo *P* tenía agujeros libres. Cuando se efectúa la unión atómica de los dos tipos, en la conexión o empalme, los electrones libres del tipo *N* cruzan el empalme para tratar

de llenar los agujeros en el tipo *P*. Como resultado, los iones positivos en la sección *N* son más numerosos que los electrones libres negativos y la sección *N* toma una carga positiva en la región de empalme. Al mismo tiempo, la sección *P* toma carga negativa a medida que más y más electrones cruzan el empalme para llenar los agujeros. Al llenarse los agujeros, la carga negativa se hace mayor hasta que tiene el valor suficiente para repeler a los electrones libres de la sección *N*. Con ello se detienen las acciones. Al mismo tiempo, la carga positiva desarrollada en la sección *N* atrae a los electrones libres del lado *N* del empalme. La acumulación de carga eléctrica detiene la formación de combinaciones electrón-agujero en el empalme y limita la profundidad a la cual se llevan a cabo esos cambios. La sección de cada semiconductor a cada lado del empalme se llama *zona de agotamiento*. Debido a la formación de la región de agotamiento, las secciones *P* y *N* del diodo tienen cargas iguales y opuestas. Al igual que en una pila, existe una diferencia de voltaje entre las dos partes. A la región se le llama *barrera de potencial* ("potencial" quiere decir voltaje en este caso).

==== R21-15  
 =====  
 =====  
 ===== **FLUJO DE CORRIENTE EN AVANCE**

Si se conecta una fuente externa de energía, una pila, con el electrodo negativo conectado al lado *N* del semiconductor y el electrodo positivo conectado al lado *P* del semiconductor, los electrones de la pila y del conductor entrarán al semiconductor y originarán un aumento en la cantidad de electrones en el lado *N* (véase figura R21-4). Al mismo tiempo, el electrodo positivo de la batería sacará los electrones del lado *P* del semiconductor y dejará un exceso de agujeros en el lado *P*. Teniendo el lado *P* un exceso de agujeros y el lado *N* un exceso de electrones, la transferencia de electrones a través de la barrera de potencial aumentará y tendremos flujo de electrones (corriente) a través del diodo.

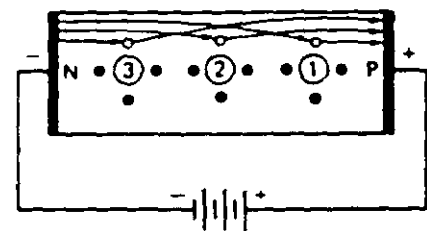


FIGURA R21-4 Flujo de corriente en avance

==== R21-16  
 =====  
 =====  
 ===== **FLUJO INVERSO DE CORRIENTE**

Si se invirtiera la pila, con su electrodo negativo conectado al lado *P* y su electrodo positivo al lado *N* (véase figura R21-5), el voltaje positivo del lado *N* atraería los electrones

los alejaría de la barrera de potencial. Los electrones no se combinan con los agujeros del lado P y se detendrá por parte del flujo de corriente. La menor parte de ese flujo entre las dos regiones seguirá existiendo, y por lo tanto habrá algo de paso de corriente, aunque de menores consecuencias en comparación del flujo de la mayor parte de corriente.

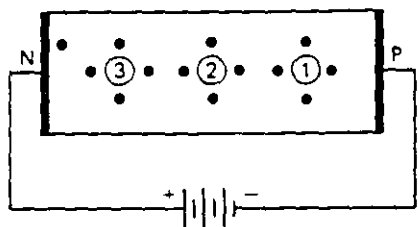


FIGURA R21-5 Flujo de corriente inversa

==== R21-17

### RECTIFICADOR DE DIODO P-N

Como el diodo P-N conduce corriente con más facilidad en una dirección que en la otra, se puede emplear para convertir una corriente alterna en una corriente directa pulsante. La figura R21-6 muestra un diodo conectado a una fuente de corriente alterna, suministrando a una carga térmica, o de resistencia. También se ve la forma resultante de onda que pasa a través de la resistencia.

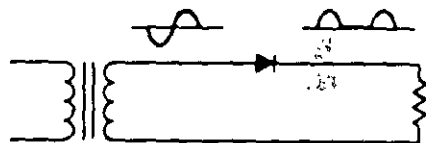


FIGURA R21-6 Circuito de ca con un diodo P-N

Los diodos se representan como una punta de flecha contra una superficie, y la punta de flecha representa la parte P del diodo. El triángulo o punta se dirige hacia el flujo si se convierte la fuente de poder teniendo la corriente positiva hacia el diodo positivo y la corriente negativa hacia el diodo negativo. La resistencia del diodo en esa dirección puede ser baja, quizá de unos cientos de ohms. Si se invierte la polaridad de la fuente, el diodo presentaría una resistencia muy alta al paso de la corriente, del orden de los 500,000  $\Omega$ .

Cuando se usa un óhmetro para revisar los diodos, si la fuente de poder del mismo es mayor que la capacidad de potencial del diodo, éste puede alcanzar el punto de *descarga*, al cual se le llama *punto de descarga en avalancha*, y se destruye. Los diodos rectificadores normales y del tipo de operación se evalúan con límites de voltaje aplicado para evitar que se desarrollen voltajes de descarga en avalancha.

La figura R21-6 muestra la forma de onda que resulta del empleo de un solo diodo para rectificar al voltaje de ca. Nótese que debido a las corrientes en minoría que pasan por el diodo, no se detiene la corriente en el ciclo de apagado. También, existe un lapso entre los voltajes que pasan,

debido a que se ha reducido el voltaje en la mitad del ciclo. A la corriente directa resultante se le llama "cd de media onda". Para producir un suministro más parejo de corriente, se puede producir un voltaje de cd de onda completa empleando dos diodos conectados como se ve en la figura R21-7. En este caso la fuente de poder consiste en un transformador doble para suministrar la misma corriente a cada lado del circuito del diodo, dependiendo de la dirección de la corriente. La forma de onda que resulta muestra flujo positivo hacia el resistor empleando cada una de las mitades de los ciclos de ca. A este tipo de corriente se le llama *cd de onda completa*. También se indica la forma de onda para mostrar que los ciclos alternos los conducen los diodos respectivos.

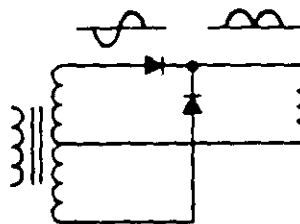


FIGURA R21-7 Circuito de ca con 2 diodos P-N.

La figura R21-8 muestra un *circuito de puente rectificador*, que no necesita de un transformador doble o con salida central. En algunos casos se puede colocar directamente entre los conductores de la línea sin un transformador, si el voltaje deseado de cd queda a 10% del voltaje de la fuente. En la mitad positiva del ciclo, la corriente pasa por el diodo 3, por la carga y regresa por el diodo 2. Los diodos  $D_1$  y  $D_4$  tienen voltaje inverso y alta resistencia, como la de un interruptor abierto.

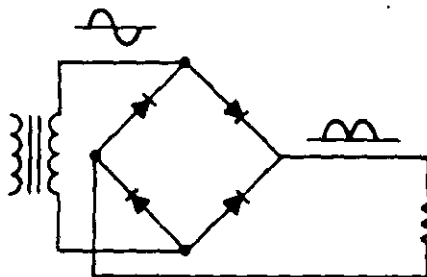


FIGURA R21-8 Circuito rectificador de puente

En la parte negativa del ciclo, los diodos 2 y 3 tienen la resistencia alta y los diodos 1 y 4 la resistencia baja. La corriente pasa por el diodo 4, por la carga, y regresa por el diodo 1. Esto produce de nuevo una corriente directa pulsante de onda completa. A este arreglo se le llama *rectificador de onda completa*.

==== R21-18

### FILTROS

El voltaje de cd que producen los rectificadores de semiconductor es pulsante, sea de media onda o de onda



completa, según el tipo de circuito rectificador empleado. A causa de la velocidad de reacción del control del tipo de estado sólido, una onda de 60 o de 120 pulsos por segundo causaría encendido y apagado rápidos de cualquier sistema de control. Por lo tanto, es necesario filtrar esas pulsaciones para producir un voltaje uniforme de cd.

Para lograr esto, se usan arreglos de capacitores, resistores e inductores en varias combinaciones. Dos arreglos generales son una sección L, con un capacitor y dos resistores, o un capacitor y un inductor; o bien, la sección pi (II), que usa dos capacitores y un resistor, o dos capacitores y un inductor.

==== R21-18.1  
==== Filtros capacitivos

El filtro capacitivo simplemente es un capacitor conectado con las terminales de una fuente de poder. Al aplicar el voltaje pulsante del circuito rectificador de media onda o de onda completa al capacitor, lo carga hasta el voltaje máximo de la onda de voltaje. Si no hubiera carga en el circuito, entraría el capacitor y retendría este alto voltaje. Sin embargo, con la carga conectada, el paso de corriente por ella hace que el capacitor se descargue y que baje el voltaje durante la parte de voltaje máximo negativo del ciclo

La figura R21-9 muestra la diferencia entre el ciclo de voltaje que entra al capacitor y el de voltaje después del capacitor. De aquí se puede ver que el capacitor, al tomar tiempo para llenarse y tiempo para vaciarse, hace que disminuyan los máximos del ciclo de entrada y se llenen los valles. Los límites de la pulsación del voltaje de cd se han reducido, pero la variación que queda sigue siendo demasiada para tener aplicaciones adecuadas

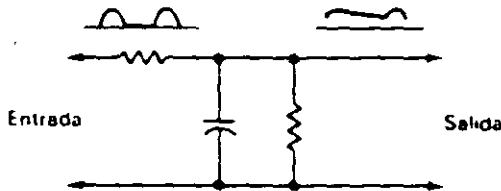


FIGURA R21-9 Circuito de filtro con un capacitor

==== R21-18.2  
==== Filtros seccionales

La posibilidad que tiene el capacitor de tomar voltaje provoca un golpe de corriente cuando se está cargando. Esto puede originar sobrecargas y fallas de los rectificadores de semiconductor P-N. Para eliminar esa posibilidad, se conecta una resistencia antes del capacitor para limitar el golpe de corriente. Recuérdese que la resistencia que desarrolla un resistor depende de la cantidad de corriente que trata de pasar: una gran cantidad de corriente, una alta resistencia al flujo; una baja cantidad de corriente, pequeña resistencia al flujo. Otro modo de decir lo mismo sería: alta corrien-

te, alta caída de voltaje a través del resistor; baja corriente, baja caída de voltaje. El resultado son límites más estrechos del voltaje aplicado al capacitor, lo que permite que éste produzca menos variación de voltaje. El resistor limitador controla el golpe de corriente introduciendo un período resistivo para desacelerar la carga del capacitor.

A este arreglo de resistor y capacitor se le llama *filtro sección L*. En lugar del resistor se puede usar un inductor, al que con frecuencia se le llama *reactor*. Un inductor consiste en varias vueltas de conductor alrededor de un núcleo de hierro. Cuando se aplica un voltaje y la corriente comienza a pasar a través de la bobina, se desarrolla un contravoltaje inducido mientras que la corriente crece. Esto se describió en la sección 16-9. Esta reactancia inductiva también da un factor de tiempo para el crecimiento de voltaje, que limita el golpe de corriente. Los inductores también reaccionan con el capacitor y producen una nivelación más completa del voltaje, mayor que con el resistor. En los grandes filtros de potencia, se usa principalmente el inductor. Sin embargo, su costo de producción es mayor, lo cual impulsa el empleo del filtro sección L tipo resistor en sistemas pequeños de trabajo liviano.

==== R21-18.3  
==== Filtros sección pi

Cuando se necesita un voltaje uniforme de cd, se instala otro capacitor antes del resistor limitador de picos, o inductor, para dar un efecto de primera etapa, de supresión de variación. Esto reduce más la variación de voltaje al resto del sistema de filtro y permite que el inductor o el resistor y el capacitor final emitan un voltaje uniforme de cd a la carga conectada. La figura R21-10 muestra los dos tipos de filtros sección pi, uno en la parte superior que usa un resistor, y el de la parte inferior, con un inductor o reactor.

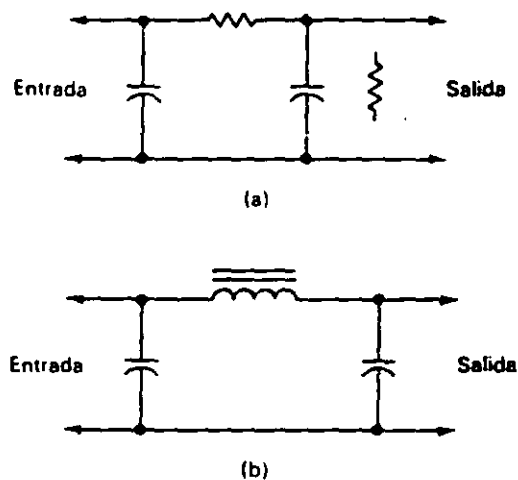


FIGURA R21-10 Circuito de filtro con capacitor doble.

Si se emplea un rectificador de semiconductor, podemos convertir la ca en cd a cualquier voltaje que descem-

de un limpiador electrónico de aire hasta los 0.5 v cd que se en los microcircuitos de los controles de carga, todo sin emplear pilas o baterías que se gastan, y cuyo tamaño es tan voluminoso que son totalmente imprácticas.

R21-19  
**APLICACIONES DE LOS DIODOS DE SEMICONDUCTOR**

Sería imposible hacer aquí una lista de todas las aplicaciones del diodo semiconductor sin ocupar varios tomos. Para tener un conocimiento más amplio de las aplicaciones en especial, se sugiere usar el material publicado por el fabricante, como por ejemplo el que publican Honeywell, Penn Control, Ranco, White Rodgers, Robertshaw, etc. La información de este capítulo se presenta principalmente por cortesía de Honeywell.

Sin embargo, trataremos de mencionar algunos ejemplos comunes del empleo de semiconductores P-N en los equipos más frecuentes.

R21-19.1  
**Filtros electrónicos de aire**

Como se mencionó antes, el limpiador electrónico de aire fue una de las primeras aplicaciones del estado sólido. La parte del filtro se describe en el capítulo A6. El funcionamiento eléctrico es como sigue. La figura R21-11 muestra el diagrama eléctrico de un limpiador normal de aire. Algunos limpiadores tienen medidores que indican los niveles de eficiencia; otros emplean luces indicadoras; otros más tienen variaciones de voltaje para "control de ozono", etc. Estos últimos se omiten de la descripción para limitarla a los semiconductores P-N. Siguiendo el diagrama, la corriente pasa de la terminal viva o con corriente de la fuente de 120 V a través del interruptor de control, el interruptor de seguridad en la puerta, al transformador primario de subida y regresa por el otro lado (blanco) de la fuente de poder de 120 V. El transformador aumenta la corriente alterna de 120 V a 5000 V. Estos 3000 V son a través del rectificador de selenio o circuito de puente de capacitores. Nótese que se usan dos capacitores en lugar de dos rectifi-

cadore para dar un efecto de duplicación de voltaje de la cd de onda completa. Como no necesitamos que el voltaje sea uniforme para tener acción filtrante, no se usan filtros de voltaje. Los capacitores se cargan a toda su capacidad para tener voltaje máximo de salida.

La figura R21-12 muestra el flujo de corriente durante la mitad positiva de la corriente alterna aplicada. Los electrones pasan de la terminal 1 del lado de salida de 3000 V del transformador al capacitor, produciendo la carga negativa. Se produce una carga positiva en el otro lado del capacitor, por los electrones que salen del capacitor y pasan por el rectificador de selenio a la terminal 2 de la salida del transformador. Esto carga al capacitor C<sub>1</sub> con 3000 V.

La figura R21-13 muestra el flujo de corriente durante la mitad negativa del ciclo de la corriente alterna aplicada. En este caso se invierten las polaridades. Los electrones pasan ahora de la terminal 2 de salida del transformador, pasan por el rectificador 2 de selenio y van al capacitor 2, produciendo una carga negativa de 3000 V en el capacitor. Los electrones pasan del otro lado del capacitor al otro lado de la fuente de poder en la terminal 1. El voltaje aplicado en este momento al rectificador 1 de selenio se invierte. La resistencia del rectificador ahora es alta, y no permite que pase la corriente. Cuando la corriente alterna ha completado un ciclo (60 por segundo para la corriente de 60 Hz), hemos almacenado 3000 V cd en cada uno de los dos capacitores (véase figura R21-14). Como esos capacitores están en serie entre la sección del ionizador de la celda del filtro y la tierra, los dos voltajes se suman y producen un voltaje de 6000 V cd a través del filtro.

R21-19.2  
**Ignición electrónica**

La chispa que enciende la flama de gas en el sistema electrónico de ignición también la produce la acción P-N de semiconductor como interrupción total que actúa sobre un transformador para producir un alto voltaje en una unidad de ignición. Este sistema es semejante al de un automóvil, donde un platino cierra y carga la bobina; a continuación abre: un capacitor que se carga provoca un colapso rápido del campo en la bobina y un impulso de alto voltaje a través de una bujía enciende la mezcla del cilindro del motor (figura R21-15).

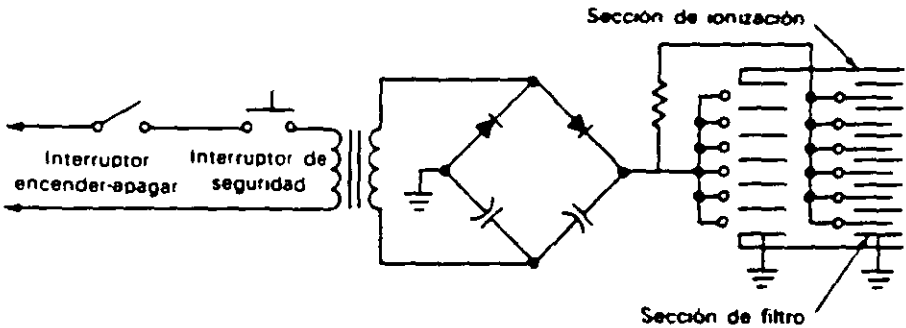


FIGURA R21-11 Circuito de un limpiador electrónico de aire

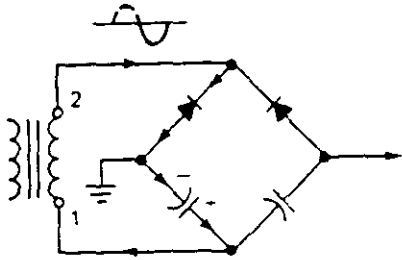


FIGURA R21-12 Duplicador de voltaje, mitad positiva del ciclo

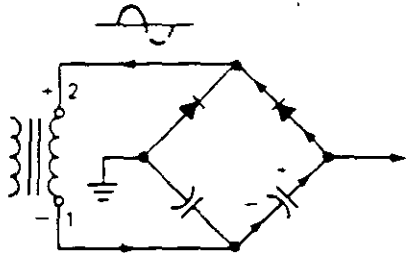


FIGURA R21-13 Duplicador de voltaje, mitad negativa del ciclo

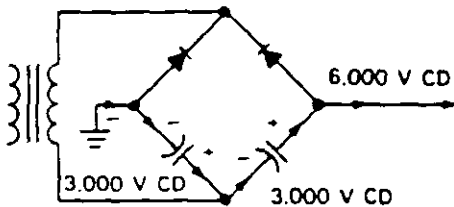


FIGURA R21-14 Duplicador de voltaje ciclo completo

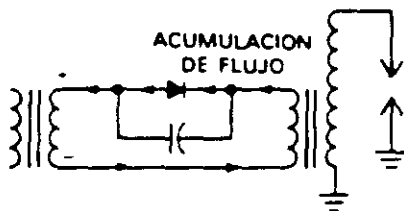


FIGURA R21-15 Sistema de ignicion mitad del ciclo para carga

La figura R21-16 muestra el diagrama básico del sistema de ignición y muestra al semiconductor *P-N* con un capacitor en paralelo conectado con un transformador de subida, llamado "bobina de pulso", la cual a su vez tiene

unos electrodos de ignición montados en un quemador, y conectados a la salida de la bobina de pulso. Al aplicar 24 V de ca al sistema, en el lado negativo del ciclo, el flujo de electrones se tiene a través del diodo *P-N*, y el flujo a través de la bobina del primario del transformador de pulso produce saturación magnética en la bobina. Es una gran cantidad de flujo magnético la que hay. Al mismo tiempo, la acción de cerrar del diodo *P-N* pone en corto y vacía al capacitor.

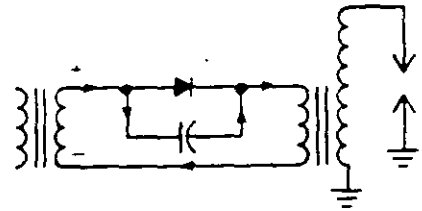


FIGURA R21-16 Sistema de ignicion mitad del ciclo para ignicion

Cuando se invierte la acción, en la mitad positiva del ciclo, la acción inversa del voltaje provoca un colapso de los campos en la bobina. Al mismo tiempo, a causa de que el diodo *P-N* funciona como interruptor y abre, el capacitor ya no está en corto y toma una carga. La acción de la carga de voltaje acelerada por la acción absorbente del capacitor origina un colapso muy rápido del campo magnético en la bobina. Como el voltaje producido en una bobina es igual a la velocidad con que cortan las líneas de fuerza los conductores de la bobina, el aumento rápido de esa velocidad induce un voltaje extremadamente alto (más de 10.000 V), lo suficiente como para originar un salto en la bujía, del electrodo a tierra, y se produce una chispa. Esta acción se repite cada ciclo.

≡ R21-19 3  
 ≡ Sistemas de control

El estado de avance en el campo del control es que los controles se fabrican en unidades encapsuladas para evitar daños por humedad, lo cual también evita que se puedan reparar las unidades. Por lo tanto, el servicio consiste en cambios de los componentes individuales. El procedimiento de servicio también varía con cada artículo o sistema individuales. El mismo sistema producido por distintos fabricantes puede requerir de distintos procedimientos de servicio. Lo único que se puede hacer para dar un servicio adecuado y eficiente a los controles electrónicos es seguir las instrucciones del fabricante al pie de la letra.

## PROBLEMAS

- R21-1. El átomo se compone de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.
- R21-2. Los protones portan carga eléctrica \_\_\_\_\_.
- R21-3. Los electrones portan carga eléctrica \_\_\_\_\_.
- R21-4. ¿Qué determina el peso atómico de un elemento?
- R21-5. Si el cobre tiene 29 protones en el núcleo, ¿cuántos electrones habrá en sus capas?
- R21-6. La trayectoria que el electrón sigue alrededor del protón se llama \_\_\_\_\_.
- R21-7. El número de electrones en la primera capa es \_\_\_\_\_.
- R21-8. La capa más alejada del núcleo se llama \_\_\_\_\_.
- R21-9. La capa externa no tiene más que \_\_\_\_\_ electrones.
- R21-10. ¿Qué es lo que tiene mayor nivel de energía, los electrones que viajan en la capa interna o los que lo hacen en la capa externa?
- R21-11. Definir qué es un electrón "libre".
- R21-12. El cobre, la plata y el aluminio son buenos conductores de electricidad. ¿Por qué?
- R21-13. Si el cobre es buen conductor de electricidad, ¿Por qué el óxido de cobre es aislador?
- R21-14. Definir a un átomo en equilibrio.
- R21-15. Si un átomo en equilibrio cede un electrón, pasa a ser un \_\_\_\_\_.
- R21-16. Un átomo con sobrante de protones se llama \_\_\_\_\_.
- R21-17. Un átomo con sobrante de electrones es un \_\_\_\_\_.
- R21-18. Describir al enlazamiento "iónico".
- R21-19. Los buenos conductores de electricidad dependen de ¿qué condición en los átomos?
- R21-20. Describir el enlazamiento covalente.
- R21-21. ¿Por qué los átomos con enlace covalente son malos conductores de electricidad?
- R21-22. Describir qué es un agujero.
- R21-23. Describir la acción de un termistor.
- R21-24. Un semiconductor tiene dos corrientes que pasan por él. ¿Cuáles son?
- R21-25. En un conductor sólo se lleva a cabo un flujo de corriente. Dar su nombre. \_\_\_\_\_.
- R21-26. Al proceso de controlar la cantidad de electrones y agujeros de las combinaciones de átomos se le llama \_\_\_\_\_.
- R21-27. Se producen portadores de corriente negativa agregando impurezas llamadas \_\_\_\_\_.
- R21-28. Se producen portadores de corriente positiva agregando impurezas llamadas \_\_\_\_\_.
- R21-29. Los semiconductores dopados para que conduzcan corriente negativa se clasifican como tipo \_\_\_\_\_.
- R21-30. Los semiconductores dopados para que conduzcan corriente positiva se clasifican como tipo \_\_\_\_\_.
- R21-31. Definir un diodo de estado sólido.
- R21-32. Dar los nombres de los dos tipos generales de diodos.
- R21-33. Los dos rectificadores metálicos que más se usan son el de \_\_\_\_\_ y el de \_\_\_\_\_.
- R21-34. Describir la región de agotamiento de un semiconductor.
- R21-35. El empleo de un diodo *P-N* y un transformador de ca producirá una corriente directa \_\_\_\_\_.
- R21-36. Describir el punto de descarga en avalancha de un diodo.
- R21-37. ¿Cuántos diodos usa un circuito rectificador de puente?
- R21-38. ¿Cuándo puede usarse un circuito rectificador de puente sin transformador como fuente de poder?
- R21-39. ¿Por qué se usan resistores en el circuito entre la salida del diodo y la sección de filtro de una fuente de poder de ca/cd?
- R21-40. En lugar de un resistor se puede emplear un inductor, llamado \_\_\_\_\_.
- R21-41. El arreglo de un resistor y un capacitor para filtro se llama filtro \_\_\_\_\_.
- R21-42. El arreglo de dos capacitores con un resistor de límite o bobina de reactor se llama filtro \_\_\_\_\_.

**R21-43.** El arreglo de dos capacitores y dos rectificadores en el circuito de puente se llama \_\_\_\_\_.

**R21-44.** En el sistema electrónico, ¿qué efectúa la misma función que los platos del distribuidor de un automóvil?

**R21-45.** ¿Cuál es la mejor política a seguir para dar servicio a los controles electrónicos?



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **R 22 EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBAS EN REFRIGERACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# R22

## Equipo de medición y pruebas en refrigeración

R22-1

### GENERALIDADES

En trabajos de refrigeración (y aire acondicionado) usará usted muchos instrumentos y equipo de medición de diversos tipos. En los capítulos anteriores se han descrito con detalle las herramientas de mano básicas, al igual que el equipo de medición y pruebas relacionado con los aspectos eléctricos de los sistemas de refrigeración. En este capítulo repasaremos el equipo de medición y pruebas que se necesitan para determinar las condiciones de temperatura y presión.

R22-2

### MEDICIONES DE TEMPERATURA

Al analizar un sistema de refrigeración es importante contar con indicaciones exactas de la temperatura. El instrumento más común para medirla es el termómetro de vidrio de bolsillo, que se muestra en la figura R22-1. Nótese que cabe en una caja protectora de metal. La parte superior tiene un anillo para fijar un hilo y colgarlo, si es necesario. Los límites de temperatura varían en esos termómetros, pero una escala que se acostumbra es la de  $-30$  a  $+120$  °F ( $-34$  a  $48$  °C), y tiene marcas cada 2 °F. Algunos son de mercurio, pero otros tienen alcohol teñido de rojo que es más fácil de ver.

Para comprobar la calibración de un termómetro de vidrio de bolsillo, introdúzcalo en un vaso de agua con hielo durante varios minutos. Debe indicar 32 °F más o menos 1 °F. Si se separa el líquido, coloque el termómetro en un congelador, y es probable que con la contracción resultante se vuelvan a unir las columnas separadas del fluido. Otro modo de conectar un líquido separado es calentar con cuidado la columna, *no el bulbo*. En la mayor parte de los casos el líquido se reunirá al expandirse.

Otra forma de termómetro de bolsillo es el de carátula, que se muestra en la figura R22-2. También tiene un estuche con un broche para el bolsillo. El termómetro de carátula es más cómodo o más práctico para medir temperaturas de aire en un ducto. El vástago se introduce en el ducto, pero la carátula queda visible. Se consiguen en varios rangos, dependiendo de la exactitud necesaria y de la naturaleza de la aplicación. Unos límites frecuentes son de  $-40$  a  $+160$  °F ( $-40$  a  $+71$  °C). En la figura R22-3 se muestra un tipo distinto de termómetro de carátula, el de sobrecalentamiento.

El termómetro de bulbo de expansión, muy exacto, se usa para medir la(s) temperatura(s) del tubo de succión para calcular, comprobar y ajustar el sobrecalentamiento. Los límites normales son de  $-40$  a  $+65$  °F ( $-40$  a  $+18$  °C). El bulbo sensor se encinta o se fija al tubo del refrigerante y se cubre con material aislante, como por ejemplo una lámina de esponja de hule, para evitar que circule aire por el

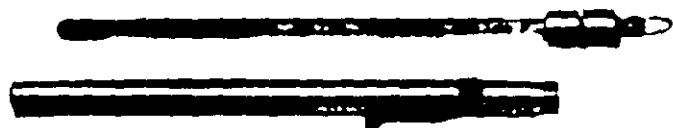
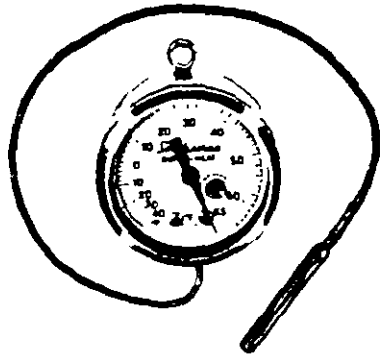


FIGURA R22-1 Termómetro de vidrio (Cortesía de Robinar Manufacturing Corporation.)



FIGURA R22-2 Termómetro de carátula, de bolsillo. (Cortesía de Robinar Manufacturing Corporation.)



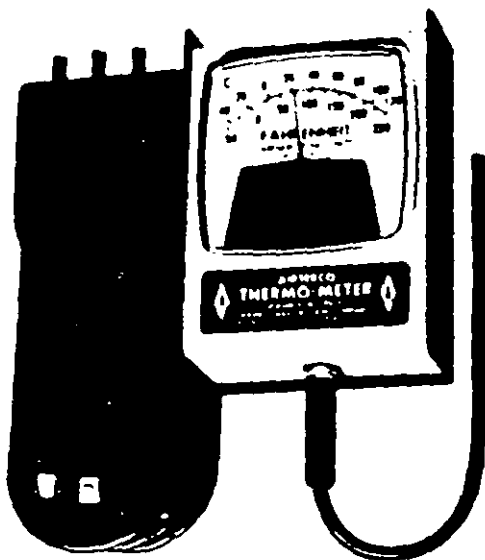
**FIGURA R22-3** Termómetro de sobrecalentamiento  
(Cortesía de Marsh Instrument Company.)

bulbo mientras se toma una lectura. Desde luego, este termómetro de sobrecalentamiento se puede usar para medir también temperaturas de agua o de aire.

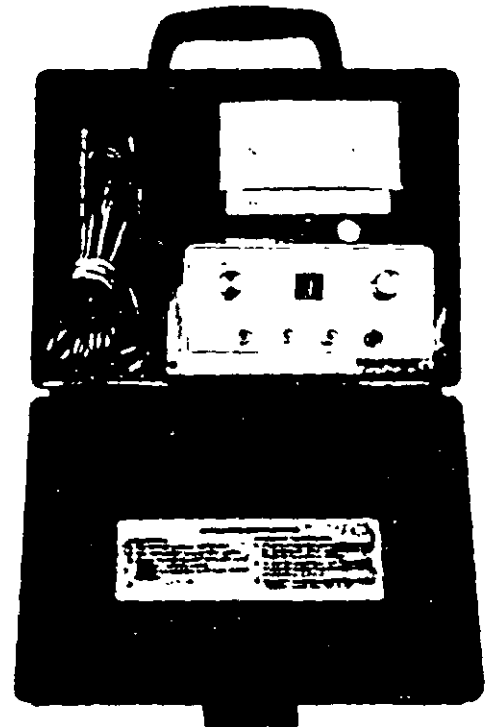
Los termómetros que acabamos de describir han sido las herramientas básicas de medición de temperatura durante muchos años. Sin embargo, tienen ciertas limitaciones; por ejemplo, se necesita que el operador esté físicamente cerca al tomar las temperaturas. Por ejemplo, cuando se trata de medir la temperatura interna de su refrigerador sin abrir la puerta.

El termómetro que se ve en la figura R22-4 también es un dispositivo manual, pero tiene una longitud de sensor de 75 cm (30") para permitir mediciones hasta cierto punto remotas.

Se consiguen sensores distintos para medir temperaturas superficiales o de aire. Para uso en refrigeración, el sensor de superficie determina los ajustes de sobrecalentamiento en las válvulas de expansión, temperaturas de motor, temperatura de condensación, y temperatura de agua. Es un instrumento útil para muchas aplicaciones, pero también es



**FIGURA R22-4** Termómetro con sensor remoto  
(Cortesía de Airserco Manufacturing Company.)



**FIGURA R22-5** Termómetro electrónico  
(Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation.)

limitado, porque sólo se puede tomar una indicación a la vez, en un solo lugar.

Como resultado del desarrollo rápido de dispositivos electrónicos de bajo costo, hoy es común la disponibilidad y el empleo de termómetros electrónicos. El termómetro electrónico como el que se ve en la figura R22-5 consiste en un probador con lugar para fijar una o varias (de tres a seis) terminales de sensor. Los elementos sensores en realidad son termistores que, al exponerse al calor o al frío, varían la corriente eléctrica en el circuito de prueba porque su resistencia cambia cuando cambia la temperatura. El instrumento convierte las variaciones en la corriente eléctrica a indicaciones de temperatura. La longitud de las terminales de los sensores varía, dependiendo de la marca de la unidad, pero se pueden emplear extensiones para poder tomar lecturas remotas.

Una vez que el operador coloca el o los sensores en los lugares que se escogen para la medición, puede cambiar de posición a posición y anotar las temperaturas sin tener que ir realmente a cada zona de medición, como por ejemplo en el refrigerador, cuarto enfriador, congelador o ducto de aire. El elemento sensor también se puede emplear para medir el sobrecalentamiento.

A veces se puede necesitar registrar temperaturas durante largo tiempo, como por ejemplo durante un día o hasta una semana, para examinar los cambios en las condiciones del sistema. Se dispone de termómetros registradores muy complicados, para trabajos también muy complejos, pero para la instalación promedio se tienen termómetros registradores razonablemente baratos, compactos y portátiles.





FIGURA R22-6 Termómetro registrador portátil (Cortesía de Airserco Manufacturing Company.)

como el que se ve en la figura R22-6, que consiste en una carta que se mueve con un motor de cuerda. Con un termómetro registrador se omiten los tanteos para ajustar las condiciones de trabajo del sistema, o para diagnosticar y ubicar las zonas problema; además da un registro permanente de los resultados.

La selección final de los instrumentos medidores de temperatura dependerá del propósito del trabajo con el que esté relacionado el técnico. Para dar servicio a refrigeración, aire acondicionado y calefacción, el técnico necesitará una gran variedad de termómetros. Es importante recordar que son dispositivos sensibles y que necesitan de cuidado y calibración constantes para dar exactitud y confiabilidad.

R22-3

### MEDICIONES DE PRESION

Las mediciones de temperatura se llevan a cabo, en general, fuera del sistema trabajando. Pero también es necesario que el técnico de servicio conozca lo que sucede dentro del sistema, y esto se conoce principalmente a través de mediciones de presión.

El capítulo R3 describió dos manómetros como instrumentos necesarios para obtener las indicaciones de presión (véase figura R22-7). A la derecha de la figura se encuentra el *manómetro de alta presión*, que mide la presión del lado de alta o de condensación. En el caso normal, está graduado de 0 a 500 psi en divisiones de 5 psi. El *manómetro compuesto* (izquierda) se usa en el lado de baja, o de presiones de succión, y sus graduaciones en general son de 30 pulg de vacío a 120 psi; así, puede medir presiones arriba y abajo de la presión atmosférica. Este manómetro tiene divisiones de 1 psi. Para los dos manómetros que hemos descrito se consiguen instrumentos con otros límites de presión, pero los dos mencionados son los más comunes.

Nótese que en las carátulas hay una escala interior, que marca las temperaturas de saturación de varios refrigeran-

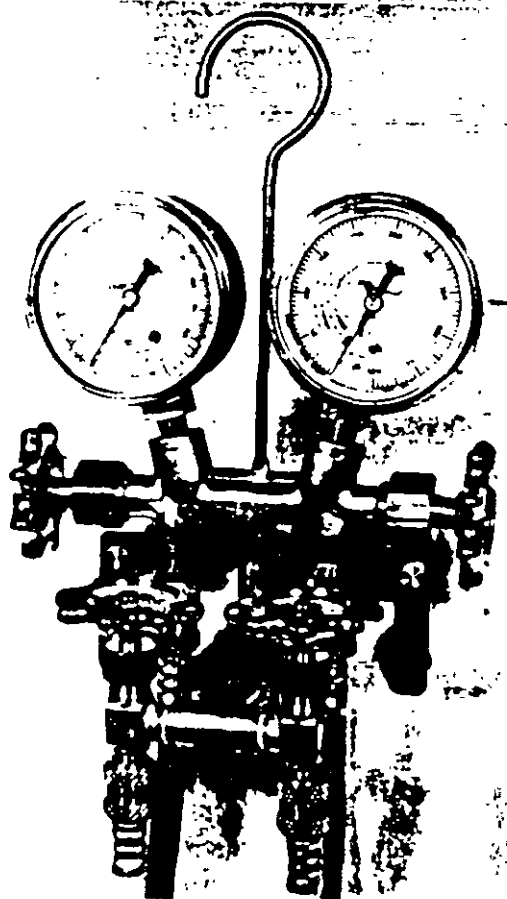


FIGURA R22-7 Cabezal con manómetros (Cortesía de Robinau Manufacturing Corporation.)

tes, determinadas por su presión. Recuérdese que, según el capítulo R7, hay una relación definida entre presión y temperatura de saturación para un refrigerante dado. En la figura R22-7 las carátulas tienen escalas para R-12 y R-22. También se consiguen manómetros para otros refrigerantes y para unidades métricas.<sup>1</sup>

Un artículo que se usa mucho en el servicio y que tiene manómetros de alta y compuesto se llama *cabezal de manómetros*. Permite que el técnico de servicio compruebe las presiones de funcionamiento del sistema, que agregue o quite refrigerante, que agregue aceite, purgue no condensables, omita el paso por el compresor, analice las condiciones del sistema y lleve a cabo muchas otras operaciones sin reemplazar los manómetros ni tratar de manejar conexiones de servicio en lugares inaccesibles.

El cabezal de pruebas como el que se ve en la figura R22-8 consiste en un cabezal con tres válvulas de servicio. A la izquierda se encuentra colocado el manómetro compuesto (succión) y a la derecha el de alta presión (descarga). En la parte inferior del cabezal se encuentran mangueras

<sup>1</sup> N del T.: Las escalas métricas que más se usan en los manómetros son: kg/cm<sup>2</sup> (1 kg/cm<sup>2</sup> = 14.2 psi), atmósferas (atm) (1 atm = 1.033 kg/cm<sup>2</sup> = 14.7 psi), y "bar" (1 bar = 0.9869 atm = 1.02 kg/cm<sup>2</sup> = 14.5 psi). En los vacuómetros se usan mm Hg (1 pulg Hg = 25.4 mm Hg).

MANOMETRO DE SUCCION      MANOMETRO DE DESCARGA

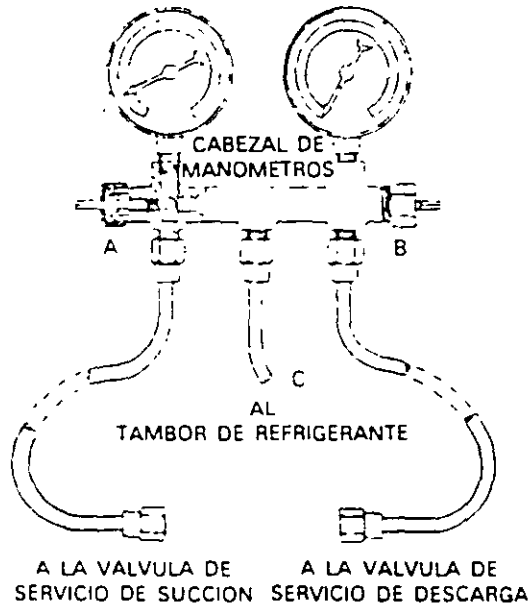


FIGURA R22-8 Cabezal de pruebas

que llevan la válvula de servicio de succión en el equipo, la del recipiente del refrigerante (parte media) y la de la válvula de descarga del equipo, o del tubo de líquido (derecha).

Muchos fabricantes de equipo identifican con colores el manómetro y la manguera de baja, de azul, y el manómetro y la manguera de alta con rojo. La manguera del centro, o del refrigerante tiene color blanco. Este sistema ayuda mucho para evitar cruzamientos de mangueras y daños a los manómetros. Se dispone de un gancho para colgar el conjunto y liberar las manos del operador.

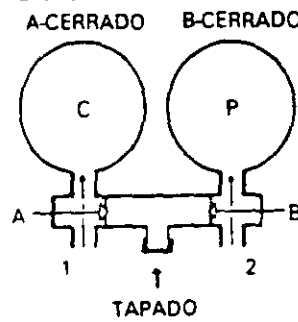
Al abrir y cerrar las válvulas de refrigerante A y B en el cabezal de manómetros (figura R22-9) podemos obtener varias trayectorias de flujo del refrigerante. Las válvulas están instaladas de tal manera que cuando se cierran (asientos delanteros) la conexión central del múltiple cierra los manómetros (figura R22-9). Cuando las válvulas están cerradas, las conexiones 1 y 2 de los manómetros quedan abiertas hacia ellos, permitiendo que indiquen las presiones en el sistema.

Cuando la válvula 1) del lado de baja está abierta y la del lado de alta 2) cerrada (figura R22-9), se permite que pase el refrigerante a través del lado de baja del cabezal y la conexión central. Este arreglo se podría emplear cuando se agregan al sistema refrigerante o aceite.

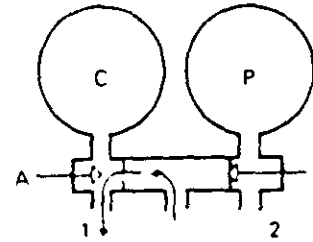
La figura R22-9 muestra el procedimiento para hacer que pase refrigerante del lado de alta al de baja sin pasar por el compresor o el reductor de presión. Se abren ambas válvulas y se tapa la conexión central. El refrigerante siempre pasa de la zona de alta presión a la de menor presión.

En esa figura se indica el arreglo de válvulas para purgar o sacar refrigerante. La válvula del lado de baja se cierra. La conexión central se abre a la atmósfera o se conecta a un tambor vacío de refrigerante. Se abre la válvula de alta, con lo que se permite el flujo de alta presión, y que salga por la conexión central.

LECTURA DE MANOMETROS

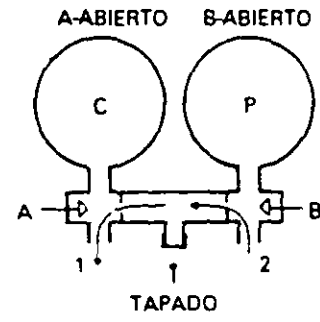


CARGA DE REFRIGERANTE O ADICION DE ACEITE

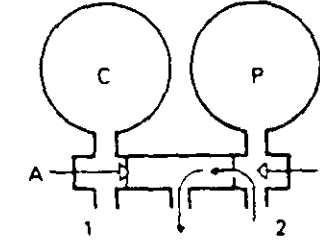


A-ABIERTO B-CERRADO

DERIVACION



PURGA O PARA SACAR REFRIGERANTE



A-CERRADO B-ABIERTO

FIGURA R22-9 Funcionamiento de las válvulas del cabezal: C, manómetro compuesto, P, manómetro de presión, 1, tubo del manómetro a la válvula de servicio en el tubo de succión; 2, tubo del manómetro a la válvula de servicio en el tubo de descarga (Cortesía de BDP Company.)

**Nota:** No se recomienda la purga de grandes cantidades de fluorocarburos a la atmósfera, a menos que sea absolutamente necesario.

El método de conexión del cabezal de manómetros a un sistema de refrigerante depende del estado del sistema; esto es, si el sistema está trabajando o tan sólo se está instalando. Por ejemplo, supongamos que el sistema está trabajando y tiene asientos traseros en las válvulas de servicio en línea (figura R22-10).

El primer paso es purgar el múltiple de manómetros para sacarle los contaminantes antes de conectarlo al sistema:

1. Saque las tapas de los vástagos en las válvulas de servicio del equipo y revíselas para asegurarse que las dos válvulas de servicio tienen asientos traseros.
2. Quite las tapas de conexión del cabezal, en ambas válvulas de servicio.
3. Conecte la manguera central del múltiple de manómetros con un cilindro de refrigerante, que sea igual al que se encuentra en el sistema, y abra ambas válvulas en el cabezal de manómetros.
4. Abra la válvula del cilindro de refrigerante durante unos 2 segundos y ciérrala. Con ello se purgarán los contaminantes del múltiple o cabezal de manómetros, y de las mangueras.
5. A continuación, conecte las mangueras del cabezal con las conexiones de los manómetros: el manómetro com-

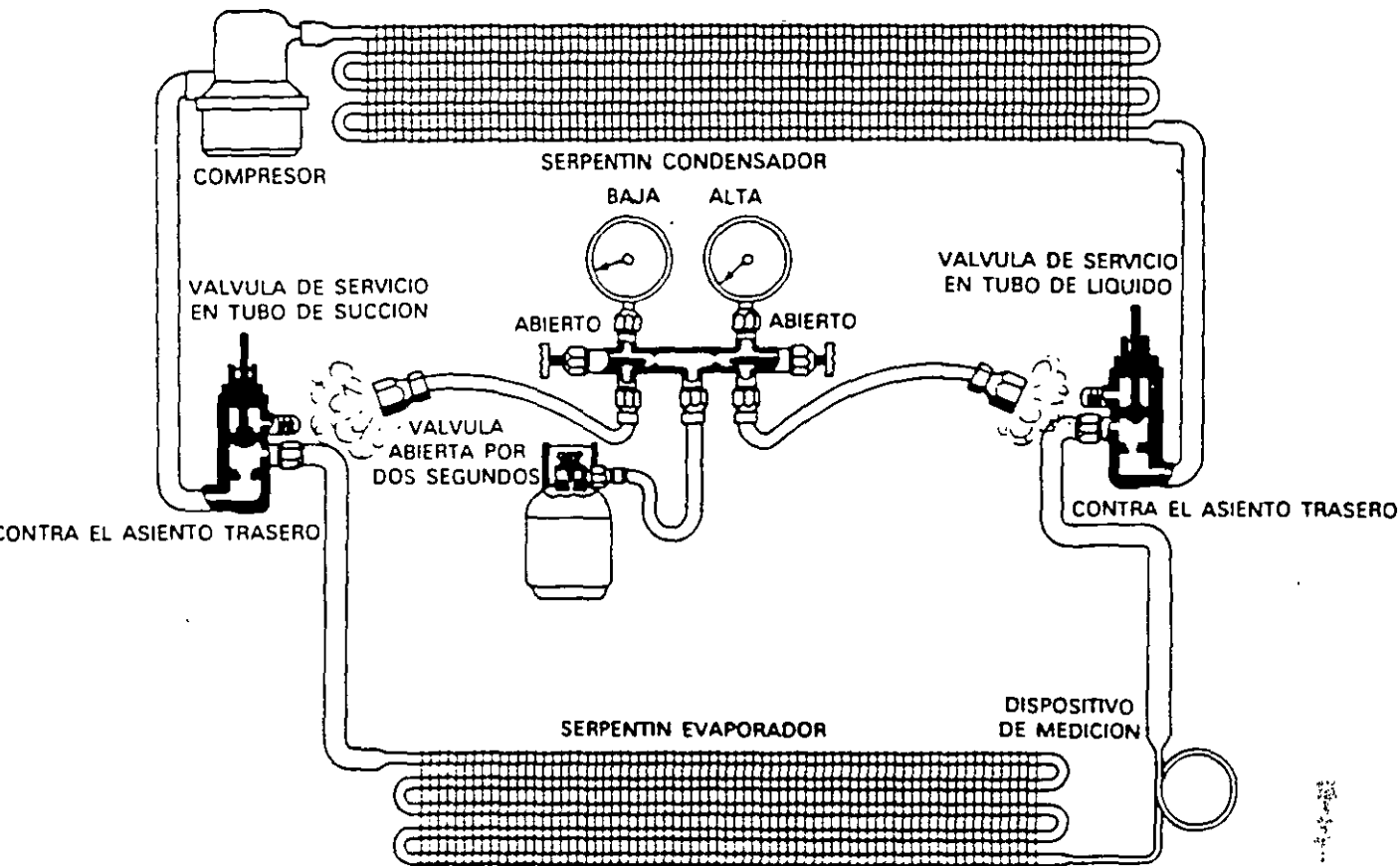


FIGURA R22-10 Purgado del cabezal de manómetros (Cortesía de BDP Company)

puesto de baja presión con la válvula de servicio en la succión y el de alta presión con la válvula de servicio del tubo de líquido, como se ve en la figura R22-11.

6. Cierre ambas válvulas, o métalas a su asiento delantero en el cabezal de manómetros. Abra ambas (de izquierda a derecha) una vuelta para sacarlas del asiento trasero. Con ello se permite que el sistema se conecte con cada manómetro. Estando purgados el múltiple y las mangueras, y conectados con el sistema, se queda en libertad de llevar a cabo la función de servicio que sea necesaria en el ciclo de refrigeración

Para desconectar el cabezal de manómetros del sistema, siga este procedimiento:

1. Abra, o llegue las válvulas de servicio de líquido y de succión, a su asiento trasero (es decir, girándolas en sentido contrario al de las manecillas del reloj).
2. Quite las mangueras de las conexiones de los manómetros y selle sus extremos con tapones de  $\frac{1}{8}$ " para evitar que se contaminen las mangueras. Algunos cabezales tienen conexiones de sello interconstruidas para mangueras.
3. Cambie todas las tapas de conexión de manómetro y de vástago de válvula. Asegúrese que todas las tapas

tengan las empaquetaduras que se proporcionan con ellas, y que queden apretadas.

El cabezal y los manómetros son herramientas necesarias para llevar a cabo muchas operaciones en el sistema. Una vez que se ha terminado de armar y purgado la mayor parte del aire, se debe probar para ver si presenta fugas. O bien, siempre que se ha reparado o cambiado un componente, es imperativo revisar todo el sistema para ver si presenta fugas

==== R22-4

### PRUEBA DE FUGAS

En la mayor parte de los casos se puede usar un refrigerante de baja presión para que el sistema acumule la presión suficiente para poderlo revisar para ver si presenta fugas, como se ve en la figura R22-12. Instale el cabezal de manómetros como se describió antes. Abra sus dos válvulas, y las de servicio del sistema. Abra la válvula del cilindro del refrigerante y haga que el sistema llegue a la presión del cilindro, con vapor de refrigerante, manteniendo aquél en posición vertical. Con cualquiera de los tres métodos que se describieron en el capítulo R7 vea si hay fugas. Cuando la aplicación o los reglamentos locales pidan una presión de prueba mayor que la presión de vapor del refrigerante, se

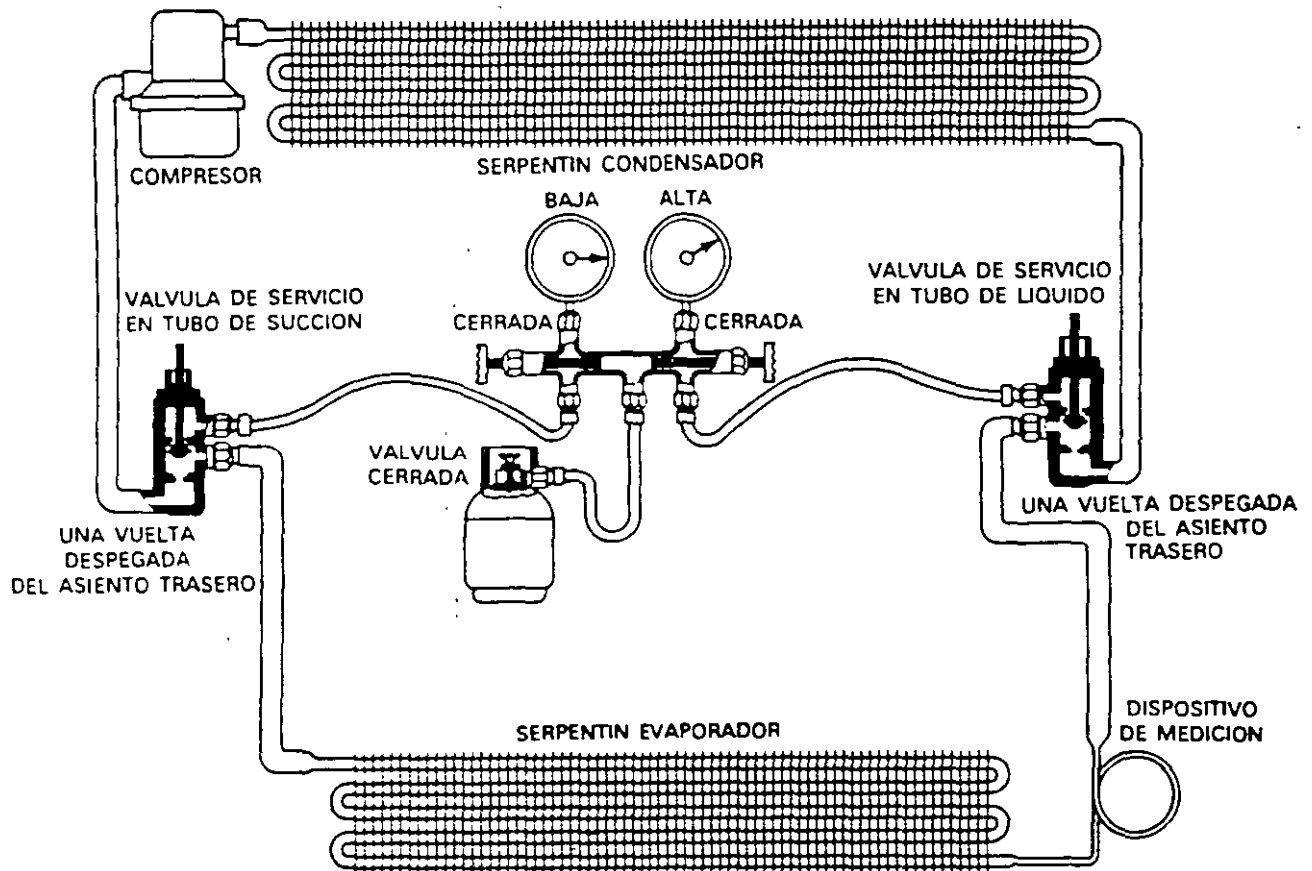


FIGURA R22-11 Conexión del cabezal (Cortesía de BDP Company.)

puede usar algún otro gas para probar, como por ejemplo, nitrógeno seco. *Por ningún motivo emplee oxígeno.*<sup>2</sup> El nitrógeno se introduce al sistema por la conexión central después de desconectar el cilindro del refrigerante.

**Precaución:** El cilindro de gas de prueba debe estar equipado con un medidor de presión y regulador, de forma que las presiones de prueba del sistema no excedan los límites máximos permisibles, de acuerdo con los códigos nacionales o locales o por el fabricante del equipo.

### R22-5 **PURGADO**

Cuando un sistema queda expuesto a las condiciones atmosféricas durante un corto tiempo (menos de 5 min, por ejemplo) al cambiar un componente, se hace necesario purgar el sistema para sacar cualquier contaminante que pudiera haberle entrado. Igualmente, durante la instalación, si los tubos del refrigerante se abren durante más de 5 minutos, se debe purgar el sistema.

La teoría del purgado es emplear una carga de refrigerante gaseoso a alta velocidad para soplar cualquier contaminante del sistema. Para purgar un sistema acabado de instalar, proceda como sigue.

<sup>2</sup> N del T.: El oxígeno a presión puede provocar explosiones violentas cuando se pone en contacto con sustancias orgánicas, incluyendo grasas o aceites lubricantes.

Instale el cabezal de manómetros como se ve en la figura R22-13, con la válvula del lado de baja cerrada y sin conectar la válvula de servicio en la succión. Conecte la manguera central al tambor de refrigerante. Conecte la manguera del lado de alta con la válvula del tubo de líquido. Abra (recargue con el asiento delantero) las dos válvulas de servicio y abra la válvula del cabezal del lado de alta. Abra por completo la válvula del cilindro del refrigerante y permita que pase una carga de alta velocidad de vapor de refrigerante (de  $\frac{1}{2}$  a 1 lb, o más, dependiendo del tamaño del equipo) a todo el sistema. El refrigerante empujará cualquier contaminante por el sistema hasta la válvula de servicio en la succión, a través de la cual se purgará.

Siempre que se tenga que quitar un componente defectuoso, como por ejemplo una válvula de expansión, se debe almacenar al refrigerante en el recipiente o en el condensador, y aislar el componente con las válvulas de servicio. A continuación, cuando se instale el componente nuevo, se deben purgar los tubos de ambos lados.

### R22-6 **EVACUACION**

La evacuación correcta de una unidad eliminará los condensables (principalmente aire, agua y gases inertes).

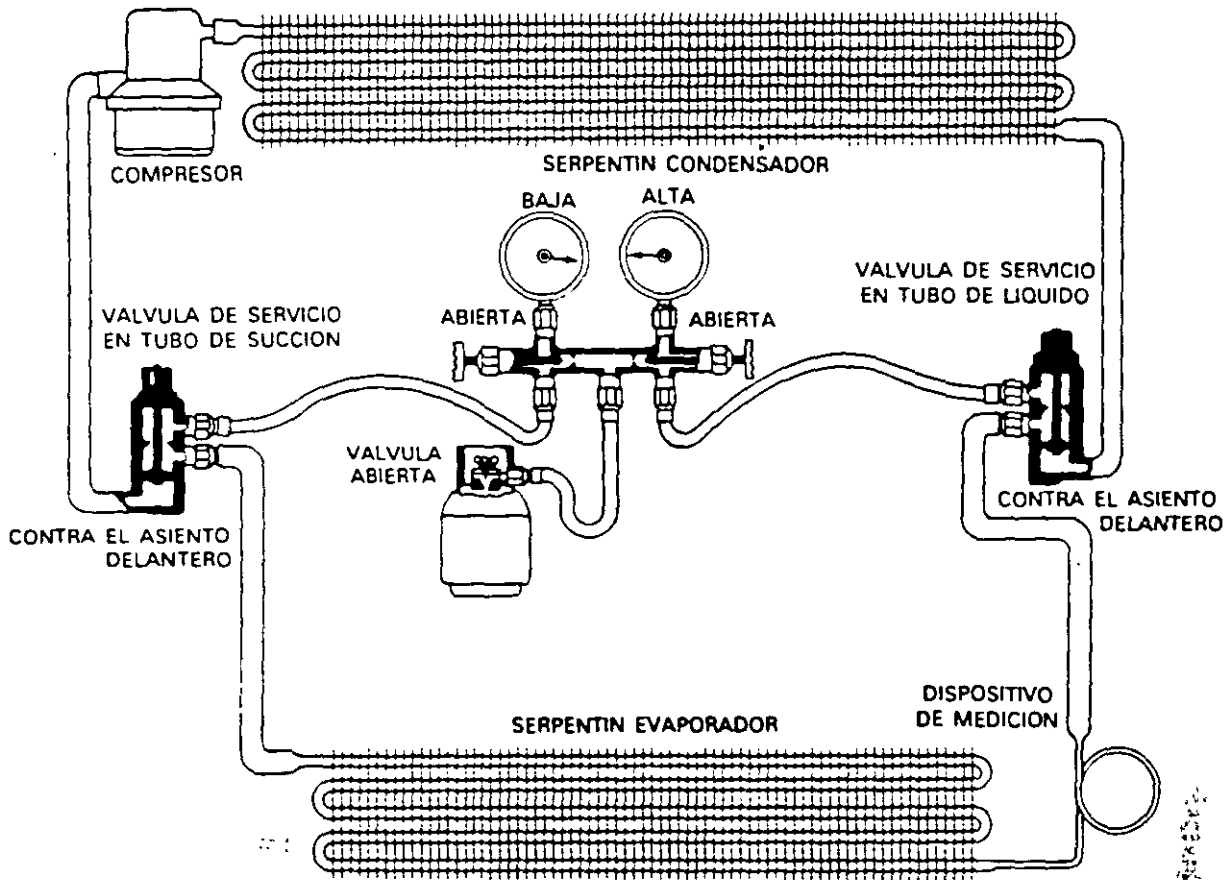


FIGURA R22-12 Empleo del cabezal de manómetros en detección de fugas (Cortesía de BDP Company.)

asegurará un sistema hermético y seco antes de la carga. Hay dos métodos para evacuar un sistema: el de *alto vacío*, y el de *evacuación triple*. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas. La selección depende de varios factores: tipo de bomba de vacío disponible, tiempo del que se dispone para hacer el trabajo, y si hay agua líquida en el sistema.

En el trabajo de refrigeración, en especial en aquellos sistemas que trabajan a presiones de succión muy bajas, se recomienda el método de alto vacío. En los sistemas de refrigeración a mayor temperatura, y en aire acondicionado, se practica la evacuación triple. Describiremos ambos métodos.

Las herramientas necesarias para evacuar un sistema dependen del método que se use. Para el método de alto vacío, se necesita una buena bomba de vacío y un vacuómetro, y para el de triple evacuación se necesitan una buena bomba de vacío y un manómetro compuesto.

La figura R22-14 muestra una herramienta que se usa para sacar y cambiar la válvula interna de las válvulas Schrader o Dill. Otro empleo es como válvula de carga de vacío. Si se quita la válvula interna, se puede hacer vacío con mucha más rapidez. La válvula interna es una gran restricción al flujo de gas, y es mejor quitarla. Esto se puede hacer sin abrir el sistema a la atmósfera, usando esta herramienta.

## R22-7 BOMBA DE VACIO

Una bomba de vacío, como la que se ve en la figura R22-15, es algo así como un compresor de aire a la inversa. La mayor parte de ellas son de impulsión directa o por bandas, con motor eléctrico, aunque también se consiguen con motor de gasolina. La bomba puede ser de una o dos etapas, dependiendo del diseño. La mayor parte de las bombas para uso normal en campo son portátiles; tienen asas de transporte o están montadas en carritos. Los tamaños de esas bombas se dan según el desplazamiento de aire libre, en pies cúbicos por minuto o litros por minuto. Las especificaciones pueden comprender también el vacío que se puede hacer con la bomba, expresado en micras de mercurio.

¿Qué es una micra de mercurio? Cuando el vacío se acerca a 29.5 ó 30 pulgadas de mercurio en el manómetro compuesto, se está trabajando en la última media pulgada de presión, y la indicación más allá de las 29.5" no es precisa para el método de alto vacío. Por lo tanto, la industria ha adoptado otra unidad, que se llama *micra*. La micra es una unidad de medida lineal, igual a  $1/25,400$ " o  $1/1000$  mm y se da en presión absoluta sobre el cero, en contraste con la presión del manómetro, que puede quedar influida por los

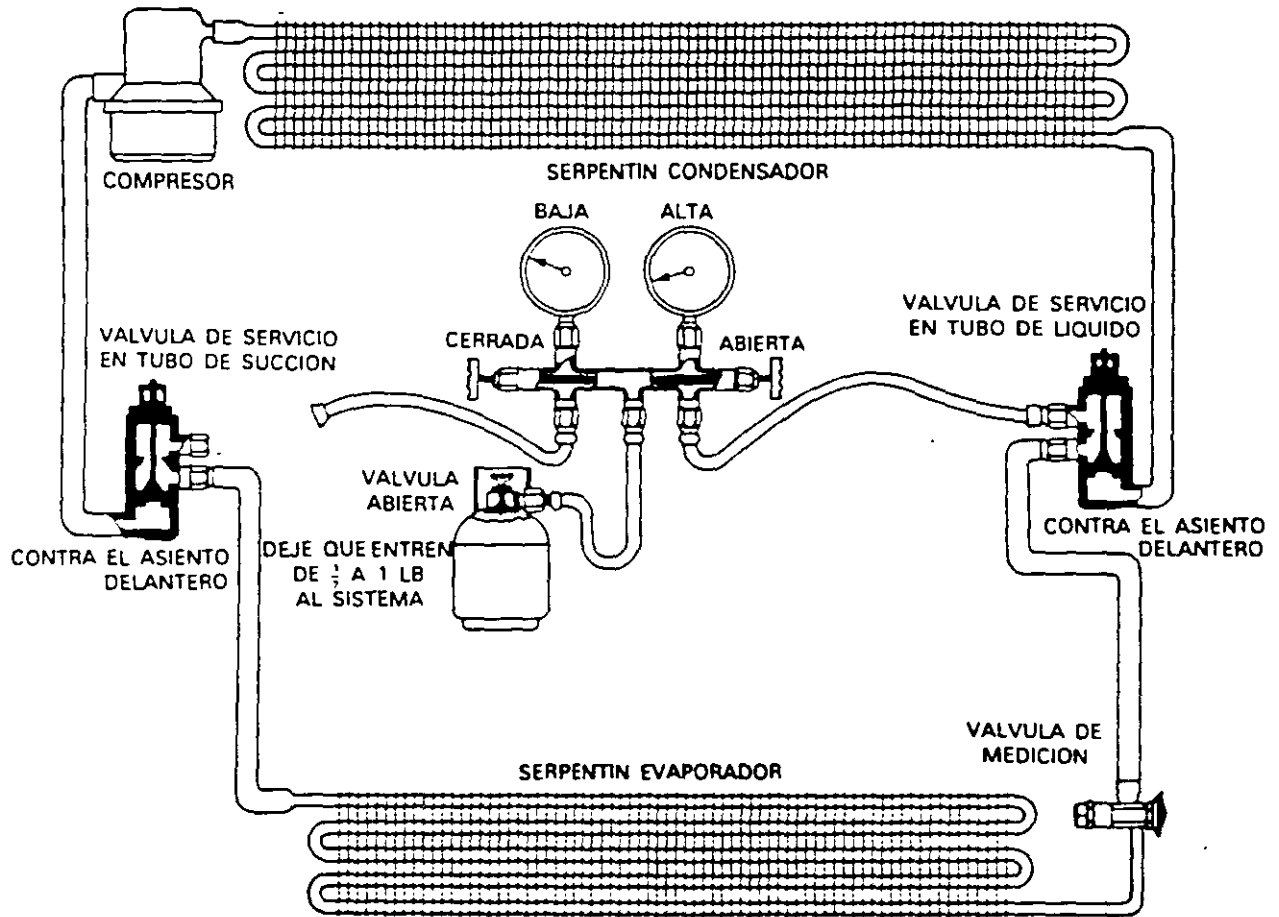


FIGURA R22-13 Purgado del sistema (Cortesía de BDP Company.)

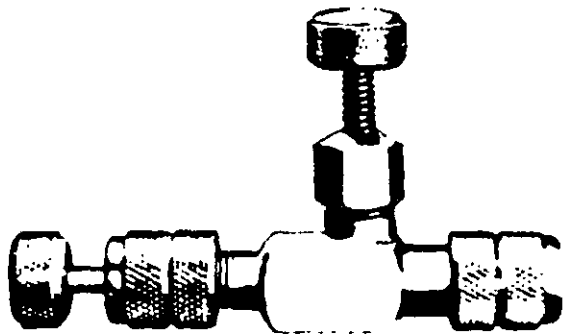


FIGURA R22-14 Extractor de valvula interna (Cortesía de Ritchie Engineering Co., Inc.)

cambios de presión atmosférica. La figura R22-16 es una comparación de medidas que se inicia a condiciones atmosféricas normales y que abarca al alto vacío.

La figura R22-16 no sólo demuestra la comparación en unidades de medida, sino que muestra muy claramente los cambios en el punto de ebullición del agua a medida que la evacuación se acerca al vacío perfecto. Es el principal fin de la evacuación: reducir la presión o vacío lo suficiente para hacer que el agua hierva o se evapore y a continuación sacarla del sistema con la bomba de vacío. Se notará que el manómetro compuesto no indicaría cambios tan diminutos en pulgadas de mercurio.

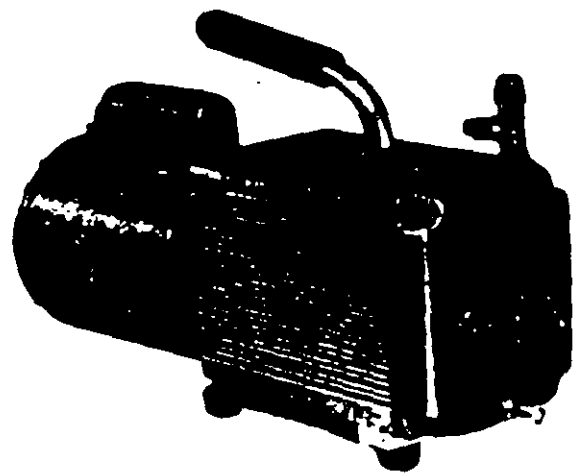


FIGURA R22-15 Bomba de vacío (Cortesía de Robtnair Manufacturing Corporation.)

≡≡≡ R22-8  
**INDICADORES DE ALTO VACIO**

Para medir esos vacíos tan altos, se han desarrollado instrumentos electrónicos, como el que se ve en la figura R22-17. En general, son dispositivos sensores de c...

## FIGURA R22-16

Relación entre presión absoluta y temperatura de ebullición del agua.

PUNTO DE EBU- LLICIÓN DEL AGUA		PRESIÓN ABSOLUTA		
°F	°C	Psia	Micras de mercurio	Vacio en pulgadas de mercurio
212	100	4.7	—	0
79	26	0.5	25.400	29.0
72	22	0.4	20.080	29.8
32	0	0.09	4.579	29.99
-25	-31	0.005	250	29.99
-40	-40	0.002	97	29.996
-60	-51	0.0005	25	29.999

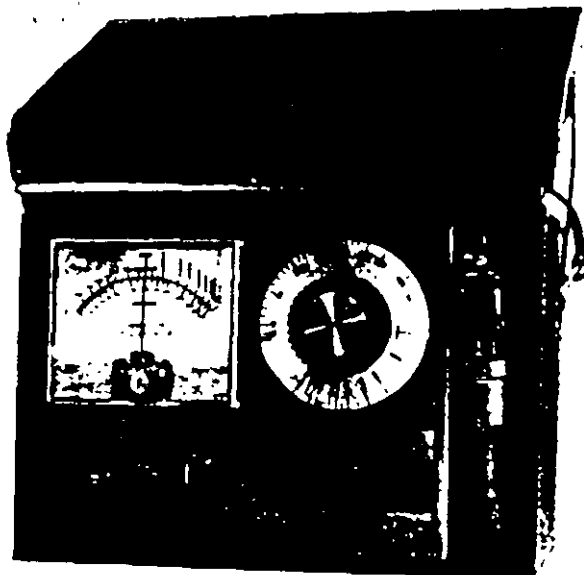


FIGURA R22-17 Manómetro electrónico para alto vacío. (Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation.)

los que el elemento sensor, conectado en forma mecánica con el sistema que se está evacuando, genera calor. La rapidez a la que se transfiere el calor cambia a medida que se extraen los gases y vapores que rodean al sensor. Así, la salida del elemento (sea termopar o termistor) cambia a medida que cambia la disipación del calor, y este cambio en la señal de salida se indica en un medidor que está calibrado en micras de mercurio.

La exactitud de esos instrumentos es de unas 10 micras, y por lo tanto se acercan al vacío perfecto, como se ve en la figura R22-16.

## R22-9

### **METODO DE EVACUACION CON ALTO VACIO**

El método más positivo que asegura que un sistema está libre de agua y aire es el de alto vacío. Tarda más, pero los resultados son mucho más positivos. Seleccione una bomba de vacío capaz de hacer cuando menos 500 micras de vacío, y un indicador electrónico de vacío. El procedimiento se muestra en la figura R22-18, y se describe a continuación:

1. Instale el cabezal de manómetros como se describió antes.
2. Conecte la manguera central con el cabezal de medición de vacío. Es tan sólo un cabezal de tres válvulas que le permite conectar la bomba de vacío y el indicador de vacío, así como un cilindro de refrigerante, cada uno con su válvula de cierre.
3. Abra las válvulas que dan a la bomba y al indicador. Cierre la del refrigerante. Siga las instrucciones del fabricante de la bomba acerca del diámetro del tubo de succión, aceite, posición de los indicadores y calibración.

4. Abra por completo ambas válvulas del cabezal de manómetros y abra parcialmente ambas válvulas de servicio en el equipo.
5. Ponga a funcionar la bomba de vacío y evacúe el sistema, hasta que se tenga un vacío cuando menos de 500 micras.
6. Cierre la válvula de la bomba y aisle el sistema. Pare la bomba durante 5 minutos y observe el indicador de vacío para ver si el sistema realmente ha alcanzado 500 micras y se mantiene. Si no se mantiene, revise todas las conexiones para ver si su ajuste es hermético y repita la evacuación hasta que el sistema mantenga el vacío.
7. Cierre la válvula que da al indicador.
8. Abra la válvula que da al cilindro del refrigerante y eleve la presión hasta cuando menos 10 psig, o cargue el sistema hasta el nivel correcto (que se describe después).
9. Desconecte la bomba y el indicador.

## R22-10

### **EVACUACION TRIPLE**

El método de triple evacuación no necesita de equipo especializado de alto vacío. Sin embargo, no debe usarse este método si se cree que hay agua en el sistema. Se necesitará una bomba de vacío de capacidad suficiente para llegar a 500 micras de mercurio. Es importante contar con buenos manómetros para servicio de refrigeración.

Este método de evacuación se basa en el principio de diluir los no condensables y humedad con vapor limpio y seco de refrigerante. Ese vapor se saca del sistema, y arrastra con él una parte de los contaminantes. Al repetir el

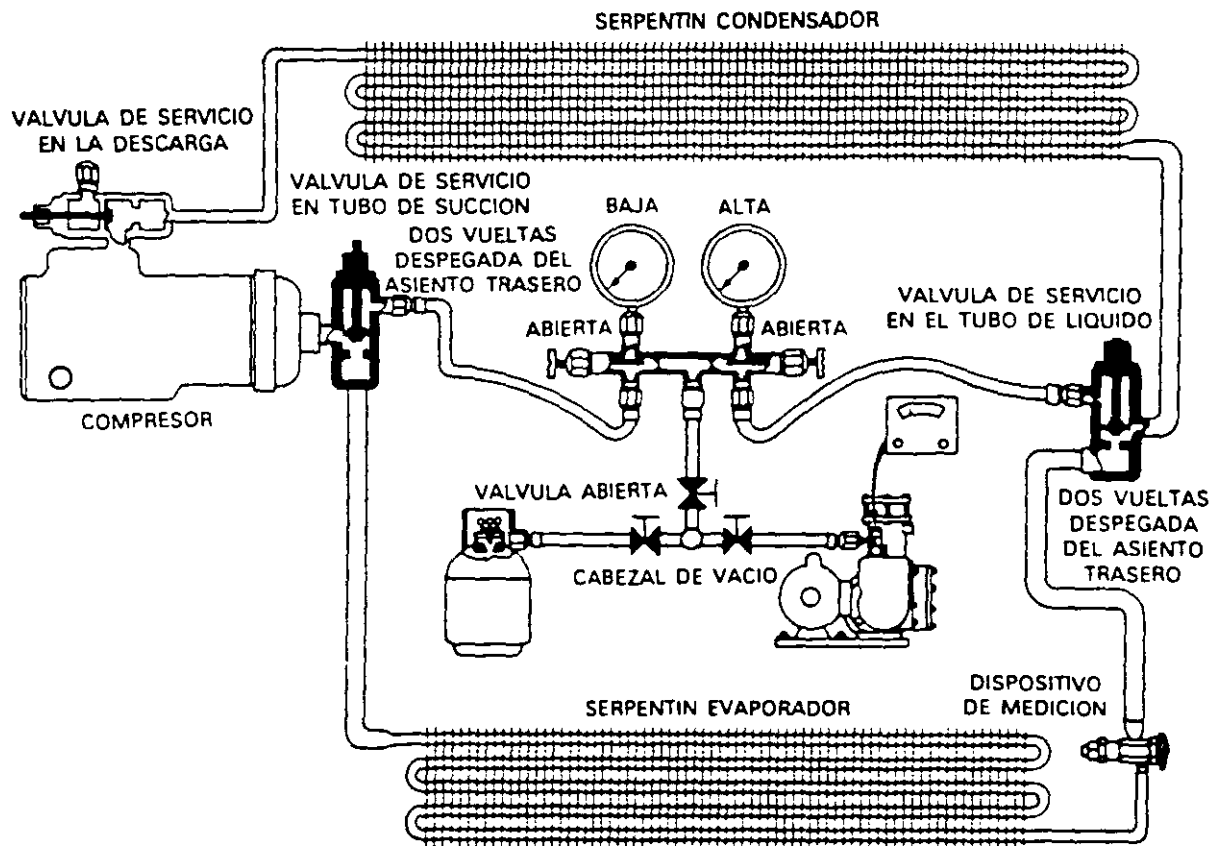


FIGURA R22-18 Dispositivo para evacuaciones con alto vacío (Cortesía de BDP Company)

procedimiento, los contaminantes restantes se reducen proporcionalmente hasta que el sistema queda libre de ellos. La figura R22-19 muestra el dispositivo y el procedimiento se describe a continuación.

1. Instale el cabezal de manómetros como se describió antes
2. Conecte la manguera central con la válvula correspondiente del cabezal de vacío.
3. Conecte la bomba y el cilindro del refrigerante con sus válvulas del cabezal. Purgue los tubos con refrigerante
4. Cierre la válvula del cilindro del refrigerante y abra la de la bomba.
5. Abra por completo ambas válvulas del cabezal de manómetros y abra parcialmente ambas válvulas de servicio.
6. Ponga a trabajar la bomba de vacío y evacúe el sistema hasta que se alcance un vacío mayor que 29.5" de mercurio en el manómetro compuesto. Deje que la bomba trabaje durante 10 minutos por caballo. Por ejemplo, 30 minutos una bomba con motor de 3 hp
7. Cierre la válvula de la bomba y pare la bomba.
8. Abra la válvula del refrigerante. Deje que la presión suba a 20 psig. A continuación cierre esa válvula

Permita que el refrigerante se difunda por el sistema y absorba la humedad durante 5 minutos antes de la siguiente evacuación.

9. Cierre la válvula de refrigerante. Abra la válvula de la bomba y repita los pasos de evacuación para alcanzar de nuevo 29.5" de mercurio o más, y continúe con la bomba durante 10 minutos por caballo.
10. Cierre la válvula de la bomba y apague ésta. Abra la válvula del refrigerante y cargue a 20 psig, esperando nuevamente 5 minutos.
11. Cierre la válvula del refrigerante. Abra la válvula de la bomba. Ponga a trabajar ésta y evacúe de nuevo hasta 29.5" de vacío, o más, y siga bombeando durante 20 minutos por caballo (por ejemplo, 60 minutos para la unidad de 3 hp).
12. Pare la bomba y rompa el vacío con refrigerante, cargando esta vez al sistema a su presión correcta.

≡ R22-11  
 ≡ **CARGA DEL SISTEMA**

La cantidad de refrigerante que se debe poner al sistema como carga inicial o como recarga depende del



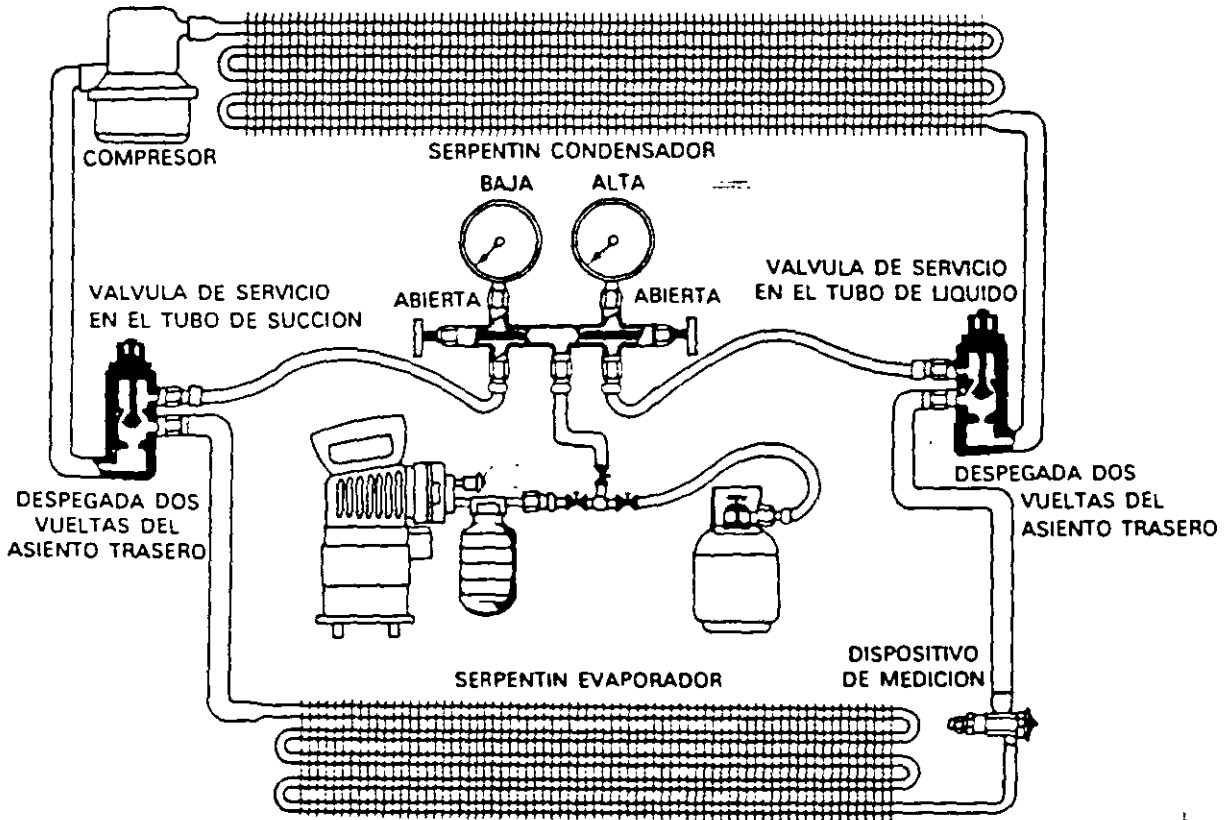


FIGURA R22-19 Dispositivo para el método de triple evacuación (Cortesía de BDP Company )

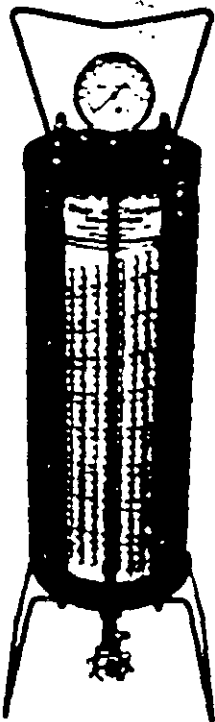
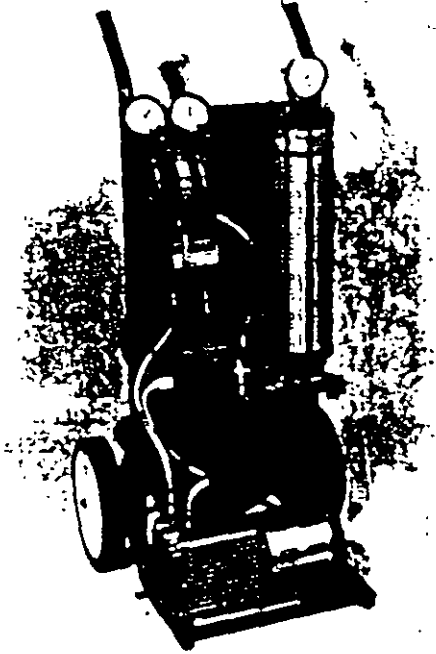


FIGURA R22-20 Cilindro de carga (Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation )

tamaño del equipo y de la cantidad de refrigerante que se debe circular. En los sistemas muy grandes se acostumbra sencillamente a pesar la carga colocando el cilindro o tambor del refrigerante en una báscula adecuada y observando la reducción de su peso. Este método es bueno para sistemas que tienen recibidores o con volumen de condensador lo suficientemente amplio para poder admitir una ligera sobrecarga.

En los sistemas más pequeños, y en especial en los que son unidades de paquete autocontenidas sin recibidores, la carga de refrigerante en el sistema, en onzas, es crítica, y no en libras. En este caso se recomienda un "cilindro cargador" como el que se ve en la figura R22-20. El refrigerante del tambor de refrigerante se pasa al cilindro de carga. El cilindro de carga tiene una báscula visible al operador, para que pueda medir con precisión la cantidad de un refrigerante determinado y compense las condiciones de temperatura y presión. Esos cilindros tienen exactitud de  $\frac{1}{2}$  de onza (7 gramos). Se pueden tener calentadores eléctricos opcionales para acelerar la operación de carga.

Cuando se tiene mucho trabajo de instalación y de servicio, muchos contratistas emplean una estación móvil de evacuación y carga, como la que muestra la figura R22-21. Tiene una bomba de vacío, un cilindro de carga, cabezal de servicio y manómetros. Los modelos más complicados también pueden tener un indicador de vacío y lugar para el cilindro de refrigerante.

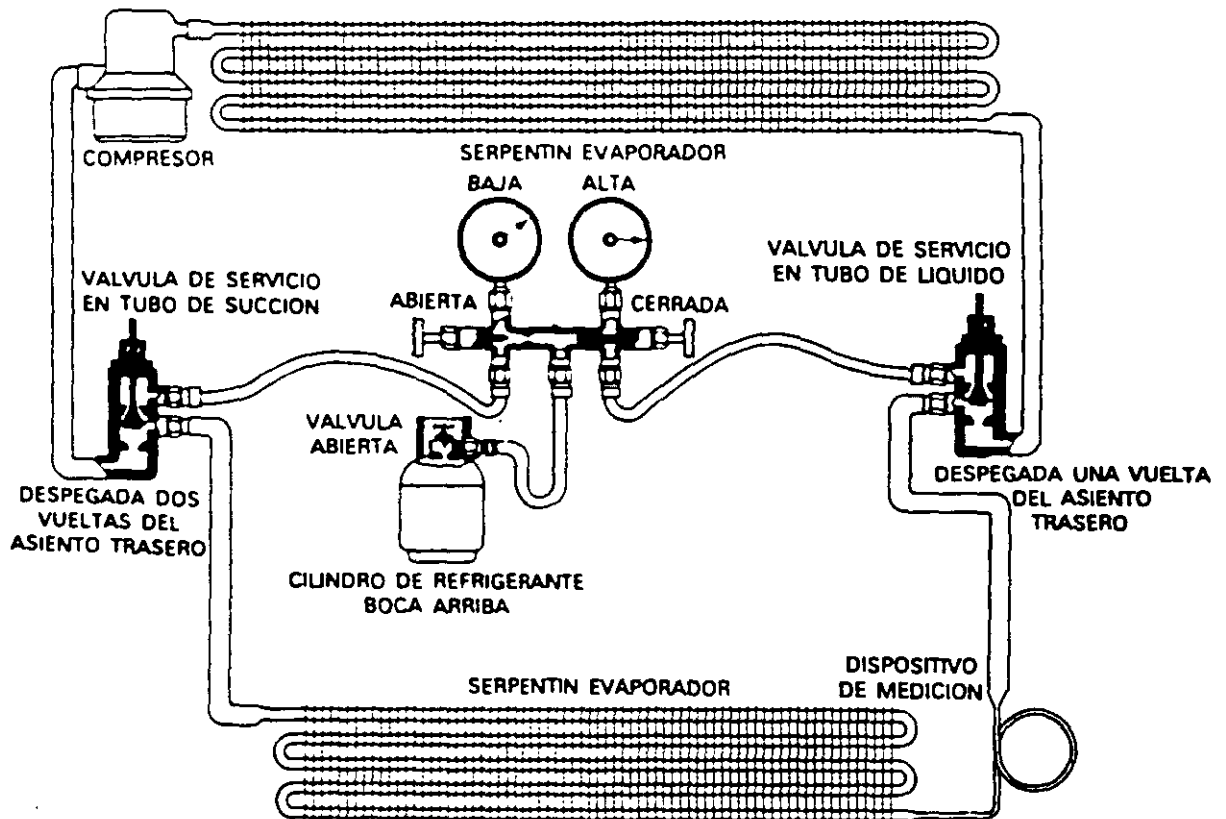


**FIGURA R22-21** Estacion movil para vacio y carga (Cortesía de Robinaur Manufacturing Corporation.)

El refrigerante se puede cargar en forma tanto líquida como de vapor. Se agrega en forma de vapor, cuando la unidad está trabajando, a través de la válvula de succión. El refrigerante puede agregarse en forma líquida, cuando la unidad está apagada y evacuada, sólo por la válvula de servicio del tubo de líquido.

La figura R22-22 muestra el procedimiento de carga para carga en forma de vapor, cuando la unidad está trabajando. Por simplicidad sólo indicamos un cilindro de refrigerante y suponemos que la carga se pesa durante la operación.

1. Instale el cabezal de manómetros.
2. Conecte el cilindro de refrigerante a la manguera de la conexión central y abra la válvula del lado de baja del múltiple.
3. Coloque el cilindro en posición vertical.
4. Abra la válvula de servicio de succión a dos vueltas del asiento trasero.
5. Abra la válvula del cilindro del refrigerante y vea que salga el peso correcto de la carga.
6. Cuando haya agregado la carga correcta, cierre la



**FIGURA R22-22** Dispositivo para carga de refrigerante en estado de vapor. (Cortesía de Imperial Eastman.)

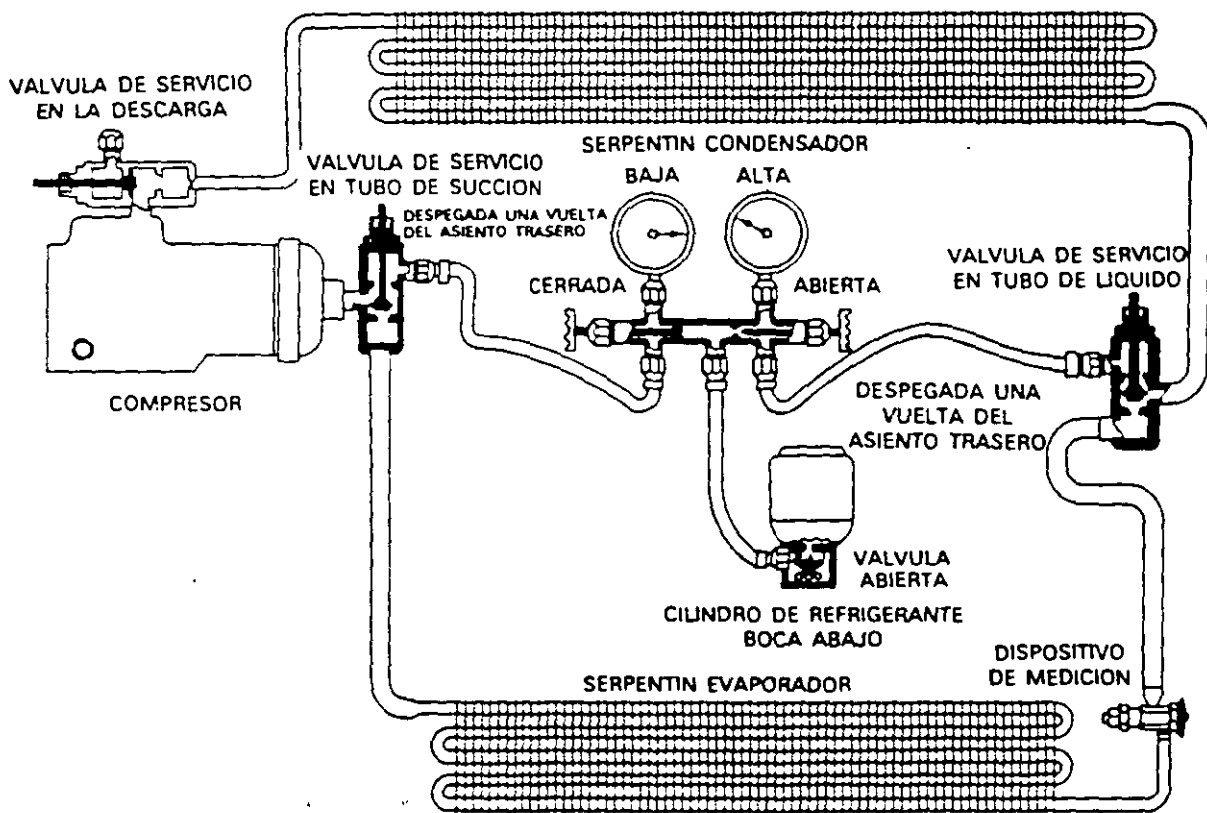


FIGURA R22-23 Dispositivo para carga de refrigerante en estado líquido. (Cortesía de Imperial Eastman)

válvula del cabezal de vacío del lado de baja y la del cilindro de refrigerante.

7. Regrese las válvulas de servicio en el tubo de succión y en el de líquido a su asiento trasero. Quite las mangueras y tape las conexiones.

El procedimiento de carga en forma líquida, cuando la unidad no trabaja y está evacuada, se detalla a continuación y se muestra en la figura R22-23.

1. Instale el múltiple de manómetros
2. Conecte el cilindro del refrigerante. Inviértalo hacia abajo, a menos que tenga una válvula de líquido, que permita sacar líquido cuando su posición es boca arriba.
3. Abra las válvulas de servicio en la succión y en el tubo de líquido hasta una vuelta de distancia del asiento trasero.
4. Abra la válvula del lado de alta del cabezal de manómetros.
5. Abra la válvula del cilindro de refrigerante y agregue refrigerante.
6. Después de haber introducido la carga correcta, cierre la válvula del lado de alta del cabezal de manómetros y cierre la del cilindro de refrigerante. Cierre las vál-

vulas de servicio de succión y de líquido contra su asiento trasero.

7. Quite el múltiple de manómetros.

En las dos descripciones anteriores se recomienda el uso de un cilindro de carga en los sistemas de menor tamaño, con carga crítica, los que requieren más exactitud.



R22-13

### COMPROBACION DE LA CARGA

Otra función de los manómetros del cabezal de servicio es la comprobación de la carga de una instalación nueva o una unidad existente. Por ejemplo, se efectúa el siguiente procedimiento para una unidad enfriada por aire.

1. Instale el múltiple de manómetros.
2. Permita que el sistema trabaje hasta que se estabilicen las indicaciones de los manómetros, lo cual tarda unos 15 minutos.
3. Cuando esté trabajando la unidad, anote la siguiente información:
  - a. Indicación del manómetro de alta presión.
  - b. Temperatura de bulbo seco del aire que entra al serpentín del condensador.

- c. Temperatura de bulbo húmedo del aire que entra al serpentín evaporador. Esto se hace con termómetro de mecha húmeda.
4. Al comparar las indicaciones anteriores con la tabla de presiones diferenciales de carga que se suministra con la unidad, se sabrá si el sistema tiene carga correcta y trabaja bien.

El equipo de medición y pruebas para refrigeración, y su empleo correcto como se describió arriba, son las herramientas más fundamentales para servicio de campo e instalaciones. Con la experiencia, o por necesidad, se puede complementar con otros aparatos para mejorar las posibilidades o ahorrar tiempo.

## PROBLEMAS

- R22-1. Dar el nombre de dos termómetros de bolsillo que emplean frecuentemente los técnicos en refrigeración
- R22-2. El sensor del termómetro electrónico emplea el elemento de \_\_\_\_\_ para registrar cambios de temperatura.
- R22-3. Un manómetro compuesto mide presiones \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ que la presión atmosférica.
- R22-4. Las escalas de los manómetros, especiales para refrigerantes, indican la \_\_\_\_\_ del refrigerante en cuestión.
- R22-5. El aparato que tiene un manómetro de presión y una válvula de servicio se llama \_\_\_\_\_.
- R22-6. La válvula extrema de un cabezal de manómetros cierra el paso entre el manómetro y su manguera de conexión. ¿Cierto o falso?
- R22-7. A la eliminación de contaminantes de los sistemas se le llama \_\_\_\_\_.
- R22-8. El acto de sacar los contaminantes de cada manguera del cabezal no debe durar más de \_\_\_\_\_ segundos.
- R22-9. El empleo de oxígeno en pruebas de presión para detección de escapes podría provocar una \_\_\_\_\_.
- R22-10. Dar el nombre de los dos métodos de evacuación.
- R22-11. Una micra es igual a \_\_\_\_\_ de pulgada.
- R22-12. Para evacuar con cualquiera de los métodos se recomienda una bomba capaz de alcanzar \_\_\_\_\_ micras.
- R22-13. La evacuación triple necesita del empleo de un medidor electrónico para alto vacío. ¿Cierto o falso?
- R22-14. Lo que se usa para cargar un sistema en forma crítica o precisa se llama \_\_\_\_\_.
- R22-15. Para cargar refrigerante al lado de succión del sistema, el refrigerante siempre debe estar en estado \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**... Mecánica e Industrial**

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **R 23 INSTALACIONES Y ARRANQUE**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# R23

## Instalación y arranque

R23-1

### GENERALIDADES

La importancia de esta fase en la aplicación exitosa de un sistema de refrigeración no puede ser sobreenfatizada. No importa qué tan bien ha sido diseñado y fabricado el equipo, o qué tan bien planearon los ingenieros el sistema, una instalación inapropiada puede fácilmente arruinar el mejor sistema.

Una buena instalación requiere algo más que habilidades técnicas o mecánicas; requiere integridad personal, para efectuar el mejor trabajo posible para el usuario y el desarrollo de una actitud llamada "orgullo en el trabajo". En otras palabras demanda profesionalidad.

La instalación de un equipo depende, por supuesto, del tipo de producto y el sistema en cuestión. Las instrucciones del fabricante prescriben los procedimientos específicos, que deben seguirse, pero hay algunos factores que son comunes a casi cualquier situación.

R23-2

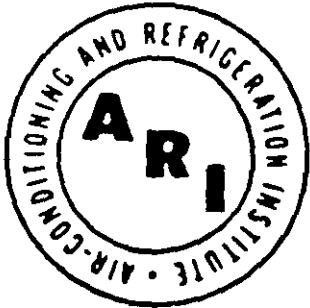
### CODIGOS, ORDENANZAS Y NORMAS

En las discusiones iniciales ocasionalmente nos hemos referido a cumplimiento de "códigos y regulaciones nacionales o locales". Esto, realmente tiene varios significados. Algunos códigos o normas se relacionan con el diseño y comportamiento del producto, con su aplicación o consideraciones de seguridad. Otros códigos se dirigen a las fases de instalación. Las normas nacionales más importantes para los productos de refrigeración son establecidas por las siguientes organizaciones (figura R23-1).

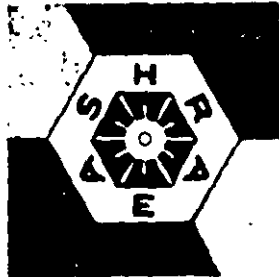
R23-3

### ARI

El ARI (Air-Conditioning and Refrigeration Institute), tiene sus oficinas en Arlington, Virginia. Como se mencionó en la introducción de este texto, el ARI es una asociación de productores de equipo de refrigeración y aire acondicionado. Aunque es un centro de relaciones públicas y de información para datos de industria, una de las funciones del instituto es la de establecer las normas de los productos o su aplicación. En algunos casos, los productos se someten a prueba y están sujetos a certificaciones y listados en directorios publicados nacionalmente. Se trata



ASME



UNDERWRITERS  
LABORATORIES

INC.  
TESTING FOR PUBLIC SAFETY

FIGURA R23-1

de proveer al usuario con equipo que se ajuste a normas reconocidas.

==== R23-4  
==== **ASHRAE**

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers), es una organización que empezó en 1904 como la American Society of Refrigeration Engineers, con unos 70 miembros. Hoy tiene miles de ingenieros y técnicos de todas las fases de la industria. ASHRAE, también crea normas de equipos para la industria, pero su contribución más importante ha sido la publicación de una serie de libros que han venido a ser las biblias de referencia de la industria. Esto incluye: *Guide and Data Books for Equipment, Fundamentals, Applications, and Systems*.

==== R23-5  
==== **ASME**

ASME (American Society of Mechanical Engineers) trata principalmente con códigos y normas relacionados con los aspectos de seguridad de los recipientes a presión.

==== R23-6  
==== **UL**

UL (Underwriters Laboratories), es una agencia de prueba y códigos la cual trata principalmente con los aspectos de seguridad de los productos eléctricos, aunque su alcance algunas veces incluya también una revisión total del producto. Es muy familiar el sello UL en las aplicaciones domésticas (planchas, tostadores, etc.), pero también aprueba equipo de refrigeración y aire acondicionado. Su actividad se ha expandido ahora a las grandes máquinas de refrigeración centrífugas.

La aprobación UL para ciertos tipos de productos de refrigeración y aire acondicionado, es casi obligatoria para que sean aceptados localmente por los inspectores eléctricos. Cumplir con UL es responsabilidad del productor y los productos aprobados son listados en un directorio enviado a todas las agencias locales. La instalación de acuerdo con las normas aprobadas es responsabilidad del instalador y la violación de estas normas puede obviamente causar un riesgo en la seguridad o anular el cubrimiento del seguro del usuario, en caso de fuego. Así que una regla primordial en los procedimientos de instalación es: *ajústese a las normas UL aprobadas*.

==== R23-7  
==== **NFPA**

Estrechamente relacionado con el trabajo de UL en términos de seguridad eléctrica está el *National Electrical*

*Code*® (figura R23-2), auspiciado por el NFPA (National Fire Protection Association). El código original fue desarrollado en 1897 como un esfuerzo unido de varios intereses: seguros, eléctricos, arquitectónicos. Aunque se llama el *National Electrical Code*, su intención es lograr la selección e instalación apropiada de los aparatos eléctricos. Con el apoyo de la mayoría de los códigos y ordenanzas estatales o locales, así que la regla número 2 en la instalación es: *obtener una copia del National Electrical Code Book y familiarizarse completamente con su alcance y dónde encontrar cualquier información que contenga*.

Hay otras agencias nacionales envueltas en la industria y sus nombres y actividades serán aprendidas a través de la exposición y experiencia.

Cumplir con los códigos locales es la segunda fase de proveer una buena instalación. La mayoría de los estados y ciudades tienen o están en el proceso de adoptar códigos locales, los cuales están basados en lo sugerido en los códigos nacionales y también suplementados por interpretación local. Se dividen usualmente en 1) eléctricos, 2) plomería y refrigeración y 3) otros códigos, tales como control de sonido. Familiarizarse con los requisitos es importante para minimizar las violaciones y los cambios. Las correcciones son usualmente caras y son responsabilidad del instalador.

Los códigos locales, ordenanzas o regulaciones no siempre son administradas por agencias civiles, sino que pueden representar situaciones especiales tales como restricciones de las compañías de potencia. Así, la regla número 3 de suministrar una buena instalación es: *familiarizarse*.

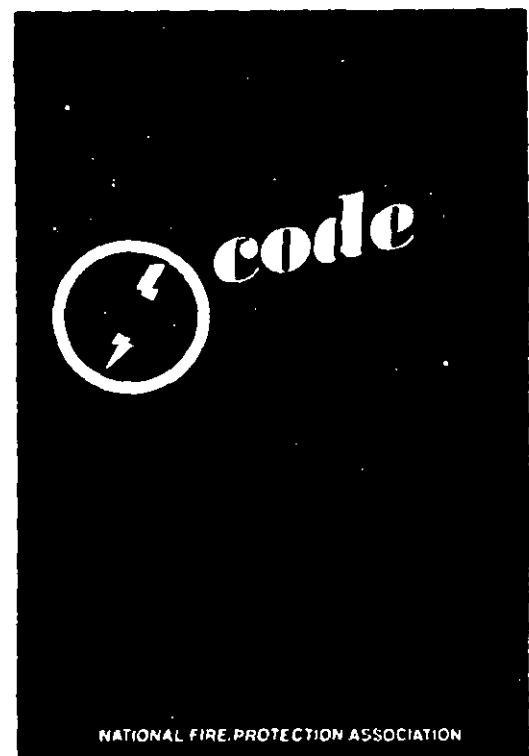


FIGURA R23-2 (Cortesía de NFPA).

con todos los códigos y regulaciones locales aplicables. Si no está seguro, consulte. No espere a que el inspector coloque tarjeta roja en la instalación.

¡Recuerde! Las normas sirven como guía para mejorar el comportamiento y confiabilidad de un sistema, pero los códigos y ordenanzas son reglas obligatorias que deben ser cumplidas.

R23-8

### COLOCACION DEL EQUIPO

A pesar de que parece haber muchas posibilidades al posicionar los mayores componentes del ciclo, durante cualquier instalación, deben considerarse tres factores en la ubicación del equipo. Primero, cuando se instala equipo con condensación por aire, debe suministrarse amplio espacio para circulación del aire. Segundo, todos los componentes mayores deben instalarse de tal modo que pueda fácilmente dárseles mantenimiento. Cuando un conjunto no es accesible fácilmente para mantenimiento, el costo de éste es excesivo. Tercero, siempre debe considerarse el aislamiento de la vibración, no sólo del equipo en sí mismo, sino también con relación a la tubería de interconexión y la ductería. Cuando se selecciona la posición de los mayores componentes de un sistema de refrigeración, estos factores deben considerarse para asegurar una instalación satisfactoria con operación apropiada. Deben seguirse todas las recomendaciones suministradas por el fabricante, en lo referente a espacio.

La figura R23-3 muestra una unidad condensadora apropiadamente colocada. Aunque la unidad ha sido instalada en un rincón interior, se ha dejado suficiente espacio para el paso del aire.

El ruido es también factor importante en la colocación del equipo condensado por aire. El ruido generado dentro de la unidad será llevado por el aire en la descarga. Es práctica inadecuada "apuntar" la descarga del aire en una dirección en donde el ruido pueda perturbar, tal como las oficinas.

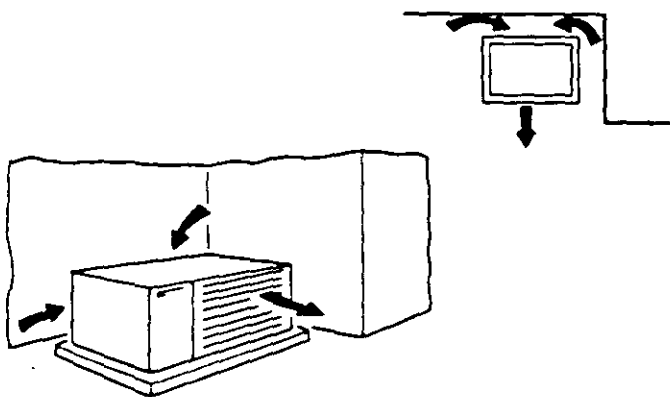


FIGURA R23-3 Movimiento de aire (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

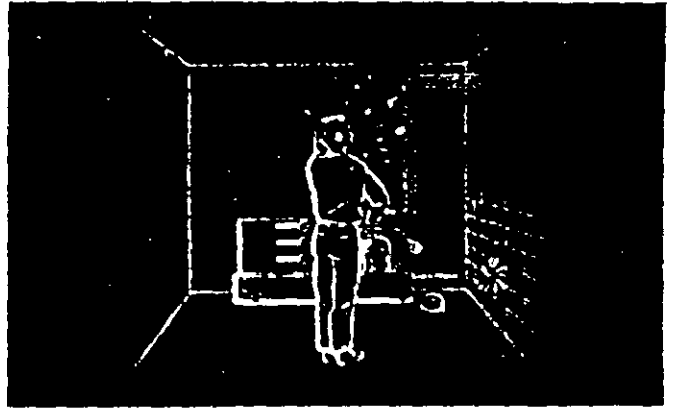


FIGURA R23-4 Accesibilidad para mantenimiento. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

Cuando se posicionan los mayores componentes del sistema, debe tenerse cuidado de asegurar accesibilidad de mantenimiento. La figura R23-4 es un ejemplo de un error común. Un condensador enfriado por agua, de carcasa y tubo, ha sido colocado en tal posición que toda la unidad condensadora debe ser movida para remplazar un solo tubo del condensador. Así, asegúrese de dejar espacio para remplazar ítems como el compresor, motores de ventilador, ventiladores y filtros. Los altos costos de mantenimiento se atribuyen a menudo a la colocación inadecuada de los componentes del sistema.

Cuando se instalan los mayores componentes del sistema es importante controlar las vibraciones provenientes de equipo de gira, tal como los compresores, ventiladores y motores. Estas vibraciones pueden romper las líneas de refrigerante, causar daño estructural al edificio y crear ruido.

Se requiere aislamiento de la vibración en todos los equipos de refrigeración y aire acondicionado en donde el ruido o la vibración pueda perturbar. Casi todos los productores usan alguna forma de aislamiento de la vibración, en su construcción. Esto es generalmente suficiente para la instalación promedio; sin embargo, circunstancias no usuales pueden requerir otras medidas correctivas.

El compresor es considerado la mayor fuente de vibración del sistema. Ya que es buena práctica aislar la vibración en su fuente, el aislamiento respecto a vibración en el compresor, es esencial durante la instalación. Un método de minimizar la vibración del compresor en la fuente es atornillar el compresor firmemente a una base sólida. Un ejemplo de esto es el uso de pernos empotrados en el concreto. Se colocan las anclas al colar el concreto y el compresor o la unidad de condensación se atornilla firmemente a la base, como se ve en la figura R23-5.

Cuando el compresor o la unidad condensadora debe instalarse en el techo o en los pisos superiores de un edificio, deben usarse aisladores de vibración como los mostrados en el extremo superior derecho de la figura R23-5. Este tipo de aislador, usualmente se consigue con el fabricante de la unidad y es en muchos casos, equipo estándar.

Una base especialmente diseñada para amortiguar vibraciones, se muestra en el extremo inferior izquierdo en la



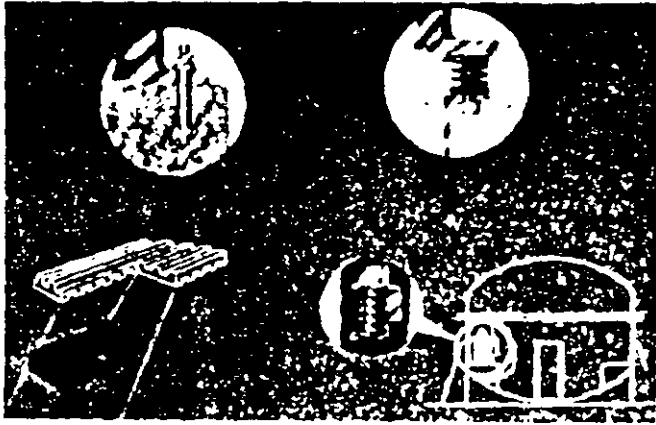


FIGURA R23-5 Aislamiento de vibración en el compresor (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

figura R23-5. Este tipo de material se diseña para amortiguar la vibración de una cantidad dada de peso por pulg<sup>2</sup> de área. Como la cantidad y tipo de este material puede seleccionarse apropiadamente sólo cuando se tienen en cuenta el peso y la frecuencia de la vibración, debe consultarse a un ingeniero competente.

Un método final de aislamiento de vibración, usado en pequeños compresores herméticos, es el mostrado en el extremo inferior derecho en la figura R23-5. En este caso el compresor es montado sobre resorte dentro de la carcasa hermética.

La figura R23-6 ilustra un aislador de vibración que se inserta en la línea de descarga. Este aislador se diseña para absorber las pulsaciones de la descarga del compresor, antes de que genere ruido o rompa las líneas de refrigerante. El aislador se compone de un material flexible recubierto y mantenido en su lugar por una malla metálica. La malla permite algún movimiento lineal del material flexible pero no expansión. Este tipo de aislador, se coloca normalmente en la línea de descarga del compresor, tan cerca a éste como sea práctico. Es particularmente efectivo en instalaciones en donde el compresor y el condensador están en bases diferentes, pero bastante cercanas entre sí.

El eliminador debe colocarse en la línea de tal manera que el movimiento que absorbe esté en un plano en ángulo recto al aparato. No lo coloque en donde pueda recibir tensión, pues su vida útil se acortará.

Algunos componentes del sistema, tales como el evaporador, pueden suspenderse del cielo raso. Como las unidades manejadoras de aire generalmente contienen un motor ventilador, son una posible fuente de vibración. La mayoría de los fabricantes aíslan el ventilador y el motor

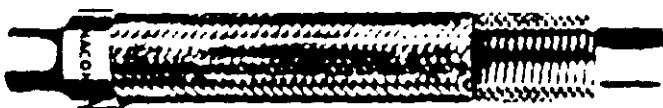


FIGURA R23-6 Aislamiento de vibración en la línea de descarga (Cortesía de Anaconda Metal Hose)

dentro de la unidad con cauchos. Si esto suministra suficiente aislamiento a la vibración, la unidad puede colocarse directamente al cielo raso, como se muestra en la figura R23-7. Cuando se requiere más aislamiento, este método usado en compresores es efectivo. Se puede soportar también la unidad manejadora de aire, sobre resortes para mayor aislamiento.

Además de la localización de los mayores componentes del sistema, la mayoría de las instalaciones de refrigeración tienen tres fases importantes. Estas son,

1. Erección de la tubería (refrigerante y agua)
2. Conexiones eléctricas.
3. Erección de la ductería.

La erección de la tubería de refrigerante es una responsabilidad primaria del instalador de refrigeración, además de la colocación de los mayores componentes del sistema.

Aunque no siempre es responsabilidad del instalador de refrigeración, el trabajo eléctrico y de ductería son parte de la mayoría de las instalaciones. El instalador debe estar familiarizado con las técnicas correctas de instalación eléctrica y de ductos, porque con mucha frecuencia, en especial en equipos pequeños, se le llama para hacer el cableado eléctrico y hacer conexiones a la ductería.

El arte de hacer conexiones acampanadas o soldadas en la tubería de cobre ya se discutió, así como los procedimientos para dimensionar líneas, instalar trampas, etc., pero varios puntos importantes deben recordarse al montar la tubería.

Cuando la tubería dura de cobre es la seleccionada para la tubería de refrigeración, se recomienda usar soldadura aleación de plata de baja temperatura. Estas aleaciones tienen puntos de fluencia de 1,100 a 1,300 °F.

Para obtener estas temperaturas, se requiere un equipo oxiacetilénico. La figura R23-8 muestra el equipo necesario para este tipo de soldadura. Se necesitan tanques de oxígeno y acetileno con manómetros y válvulas reductoras. A la derecha está la botella de nitrógeno seco también equipada con manómetros y válvulas reductoras. Se recomienda el

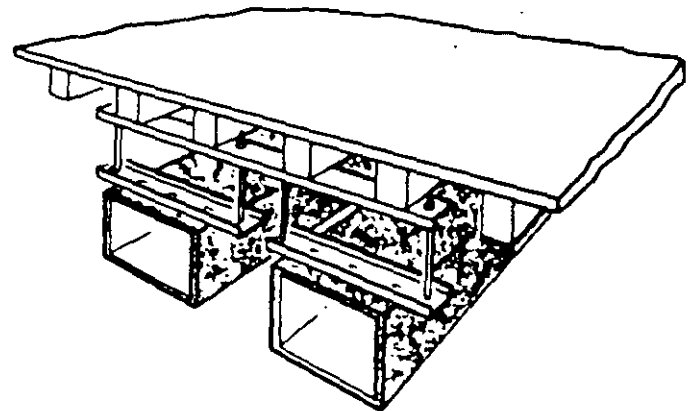
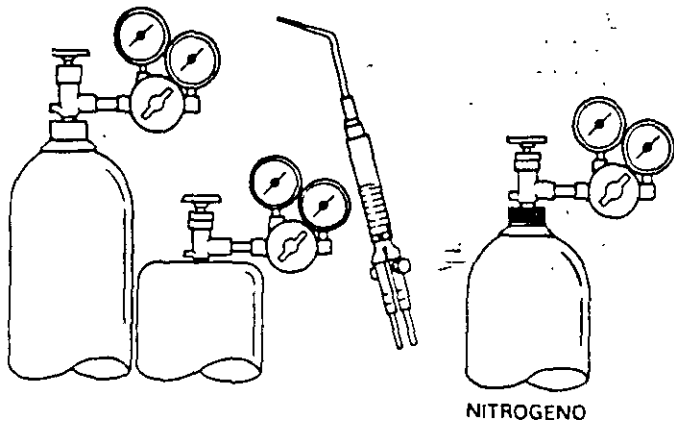


FIGURA R23-7 Aislamiento de vibración en evaporadores (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)



NITROGENO

FIGURA R23-8 Equipo de soldadura (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

uso de nitrógeno, pues sirve para mantener el interior del tubo limpio durante el proceso de soldadura. Durante la soldadura de baja temperatura, la superficie de cobre alcanzará una temperatura a la cual el metal reacciona con el oxígeno del aire para formar un óxido de cobre. Si esto se forma en la superficie interior del tubo, puede ser lavada por el refrigerante y se hace circular en el sistema. Este óxido puede taponar los filtros o tubos capilares dañando los orificios.

Este óxido puede evitarse remplazando el aire en la tubería por nitrógeno. Como el nitrógeno es un gas inerte y no reacciona con el cobre aun bajo altas temperaturas, el interior del tubo permanecerá limpio durante la soldadura y no se formará óxido, aunque puede ocurrir decoloración con el sobrecalentamiento.

La figura R23-9 muestra un método para introducir el nitrógeno a la tubería de refrigerante, durante la aplicación de la soldadura. En vez de conectar la línea de líquido a la válvula "rey" o válvula de parada en la línea de líquido, conéctela directamente a la botella de nitrógeno, como se muestra. Con el uso de una válvula reductora en la botella de nitrógeno, se admite una ligera presión a la tubería. Esta es suficiente para asegurar que el aire sea evacuado de la tubería. Como se muestra en el inserto, es suficiente si el flujo de nitrógeno puede sentirse en la palma de la mano. Esta presión de nitrógeno, es mantenida en la tubería durante la operación de soldadura, asegurando así que se mantiene libre de oxígeno.

Una tubería limpia es esencial en la instalación de refrigeración y por consiguiente, el nitrógeno es una parte extremadamente importante de la operación de soldadura, asegurando así que se mantiene libre de óxido.

Las altas temperaturas durante las operaciones de soldadura pueden deformar los metales y quemar o distorsionar los asientos plásticos de las válvulas. Es importante que el calor de la soldadura no alcance los componentes plásticos o metálicos, que puedan ser dañados. La figura R23-10 muestra los resultados de daños por el calor de soldadura y también un método de protección. La válvula en el extremo superior izquierdo no fue protegida contra el calor; el asien-

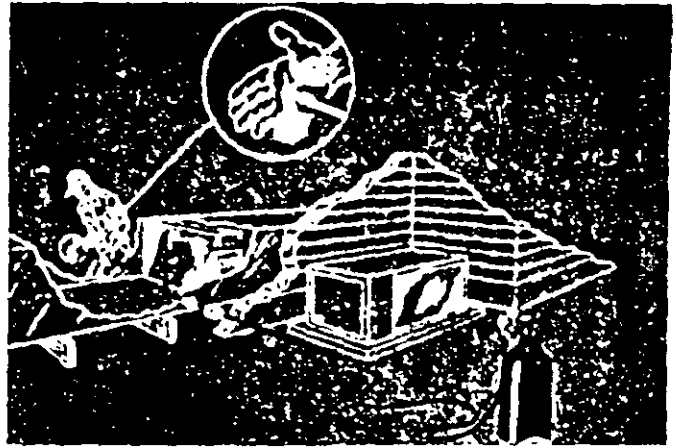


FIGURA R23-9 Soldando con nitrógeno (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

to plástico fue dañado. También el soporte del asiento se deformó, como se muestra en el inserto. Esta válvula obviamente no operará apropiadamente y requiere remplazo inmediato. Sin embargo la válvula en el extremo inferior derecho tiene un paño húmedo alrededor del cuerpo. Esto absorbe el calor que fluye al cuerpo de la válvula durante la soldadura. Manteniendo húmedo el paño, se protege la válvula y sus componentes.

En muchos casos, la línea de succión pasará a través de un espacio no refrigerado o no acondicionado. La temperatura exterior de esta tubería está frecuentemente por debajo del punto de rocío del aire de los alrededores. En este caso, la humedad en el aire se condensará sobre el exterior de la tubería. Esto no sólo creará problemas donde esta humedad gotee continuamente, como madera podrida, pisos que se separan, etc., sino también puede ser molesto. Cuando se espera o se presenta esta condensación, se debe aislar el tubo para con ello prevenir la condensación.

El aislamiento debe ser de buena calidad, de tal modo que la temperatura de su superficie exterior nunca caiga por debajo del punto de rocío del aire ambiente. También debe

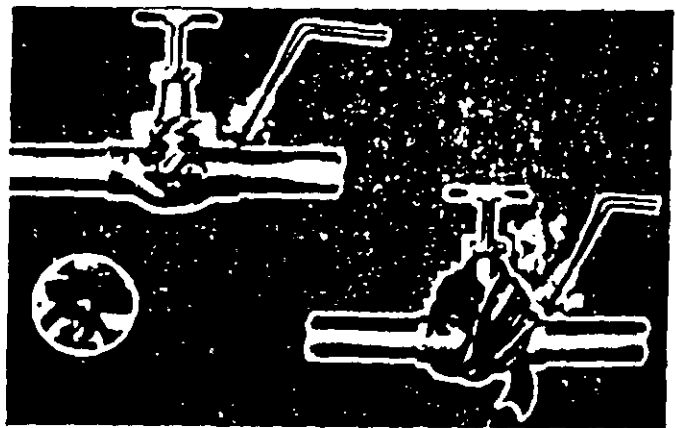


FIGURA R23-10 Protección contra el calor. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

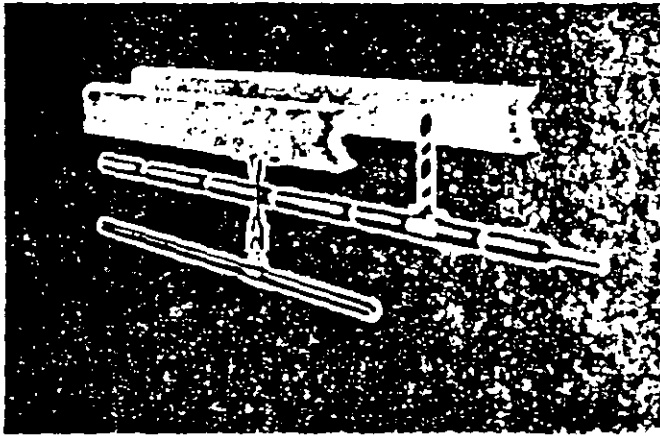


FIGURA R23-11 Soportes de tubería (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

ser bien sellado de tal modo que el aire y la humedad que contiene no pueda fluir a través del aislamiento de la tubería, produciendo así condensación bajo el aislamiento.

Hay disponibles muchos tipos de aislamientos; algunos son diseñados para usos específicos. El aislamiento para una instalación específica de refrigeración debe ser escogido por un técnico competente.

El propósito primario de los soportes de tubería, es mantenerla en su lugar pero también puede servir como aislador de vibración. Si los problemas de vibración no son graves, pueden usarse prácticas comunes de plomería, tales como las mostradas en la figura R23-11. El único propósito de este soporte es sujetar firmemente la tubería.

El soporte mostrado a la izquierda, tiene un ajuste en altura. Esto permite al instalador elevar o inclinar la tubería, según se requiera para el flujo de aceite. Este tipo de soporte puede usarse con o sin aislante.

A la derecha en la figura R23-11 se muestra un soporte típico que puede encontrarse en una instalación comercial pequeña de refrigeración. Servirá además como aislador de vibración. Este ejemplo se usa en una línea aislada. Un pedazo corto de metal de bajo calibre, a prueba de oxido, ha sido enrollado sobre la tubería aislada. Una lámina metálica ha sido adherida a este trozo de metal. El extremo libre de la lámina se asegura luego a la viga o cielo raso.

El aislamiento en tal soporte actúa como el aislador de vibración. El propósito del pedazo corto de metal es evitar que la lámina delgada corte el aislamiento.

El técnico de servicio, es a veces responsable de las conexiones eléctricas finales entre la unidad instalada y el interruptor de fusibles mostrados en la figura R23-12. Toda la potencia eléctrica debe pasar a través de este interruptor. Cuando éste es halado o abierto, toda potencia eléctrica que vaya a la unidad debe ser desconectada. Este mismo interruptor también contiene fusibles, los cuales impiden el flujo de corriente, siempre que ocurra una sobrecarga eléctrica severa. Este mecanismo es una protección contra fuegos y explosiones y contra choques eléctricos a la gente.

Los códigos eléctricos, nacionales y locales, están hechos para proteger propiedades y vidas; siempre deben ser

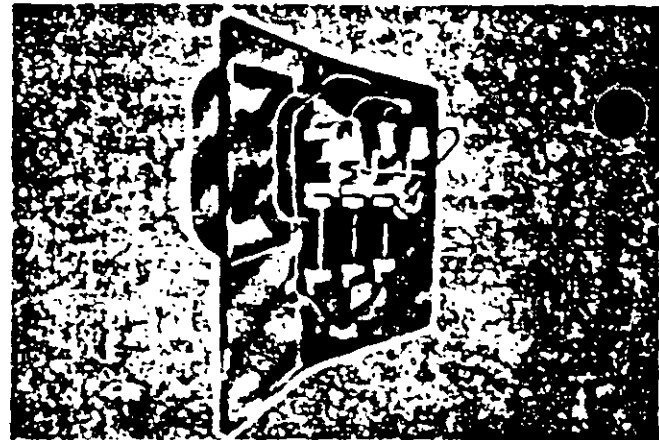


FIGURA R23-12 Interruptor de fusibles (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

seguidos. Todas las instalaciones de refrigeración que tienen conexiones eléctricas, están gobernadas por códigos eléctricos nacionales y locales. Por ejemplo, los códigos eléctricos requieren que el interruptor de fusibles, como lo muestra la figura R23-12, siempre se coloque a la vista de la unidad, que recibe la potencia a través del interruptor.

Cuando los circuitos eléctricos deben ser conectados por el instalador de refrigeración, deben seguirse técnicas apropiadas para asegurar buenos contactos eléctricos y se deben hacer todos los esfuerzos necesarios para asegurar buenos contactos eléctricos. Se recomiendan conectores de presión.

Cuando se utiliza cable eléctrico, un solo alambre puede separarse y crear un riesgo potencial. Los alambres flojos pueden hacer contacto con otros alambres o "aterrizarse", causando problemas eléctricos. El cable trenzado debe cortarse a la longitud requerida y asegurar sus extremos con soldadura suave. Esto asegura buen contacto y elimina el riesgo de separación de alambres.

El instalador del sistema de refrigeración con frecuencia debe hacer la conexión final entre el evaporador de la unidad manejadora de aire y el ducto (figura R23-13). Es

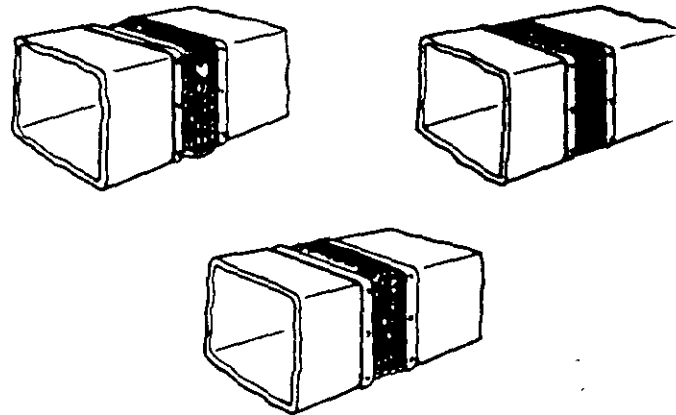


FIGURA R23-13 Conexión de ductos con lona (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

conexión final es con lona, que elimina cualquier paso de vibración de la unidad de manejo de aire a la ductería. Debe usarse lona a prueba de agua y asegurar un buen sellado. Si, como se muestra en la ilustración en el extremo superior izquierdo, es demasiado flojo, caerá en la corriente de aire y obstruirá este flujo normal. También puede ondular y causar ruido. Si está demasiado tenso, se estirará, endurecerá y desintegrará con el tiempo, produciendo fugas. Si la lona está húmeda y se instala muy tensa, el ducto puede quedar fuera de alineamiento. El centro de la figura R23-13 muestra la aplicación adecuada: la lona está suficientemente floja para absorber vibraciones pero no tanto que interfiera el flujo de aire.

Cuando el sistema de refrigeración ha sido completamente montado y completadas todas las conexiones eléctricas y de ductos, hay aún varios pasos importantes que deben tenerse en cuenta antes de arrancar el equipo.

La unidad debe ser verificada para evitar fugas y debe cargarse; todas las correas deben ser chequeadas en tensión y alineamiento. Deben probarse los motores eléctricos en cuanto a la dirección de rotación y deben ser lubricados los cojinetes. Debe tenerse certeza de que se aplicará a la unidad la potencia eléctrica correcta. Ninguno de estos pasos es demorado o difícil de cumplir, son extremadamente importantes y no pueden suprimirse. La dirección de fugas de los hidrocarburos halogenados generalmente se hace usando el soplete halógeno o los detectores electrónicos de fuga.

Después de que toda la tubería ha sido montada, algo de refrigerante se introduce al sistema como un gas. Aunque una prueba de fuga ya debería haberse hecho en este tiempo, algunos refrigerantes no ejercen suficiente presión a temperatura ambiente, para asegurar resultados confiables. Al usar nitrógeno, la presión en el sistema puede ser llevada aproximadamente a 250 psig, a la cual puede hacerse una nueva prueba de fuga (figura R23-14). La mezcla de refrigerante y nitrógeno dentro de la unidad, causará una reacción en el detector si se presenta una fuga. Ya que el nitrógeno es un gas inerte, el sistema debe ser purgado con gas refrigerante después de que esté libre de fugas.

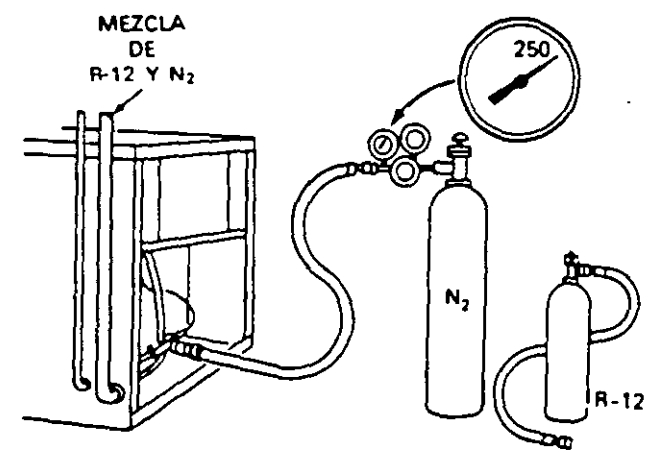


FIGURA R23-14 Prueba de fuga (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

A continuación de la prueba de fugas, el sistema está listo para carga o deshidratación. En un sistema pequeño que opera a temperaturas medias en el evaporador, no se requiere procesos complejos de deshidratación, una simple purga con gas refrigerante será suficiente. Si alguna humedad ha entrado al sistema se mostrará en el indicador de humedad descrito anteriormente. Un programa de remplazo del secador debe iniciarse y continuarse hasta que el sistema esté seco.

Si hay humedad en el sistema o si el sistema se diseña para aplicación a baja temperatura, se recomienda deshidratación por evacuación. Cuando haya duda, deshidrate. La deshidratación por evacuación se logra con el uso de una bomba de vacío, como se detalla en el Capítulo 22.

## R23-9 CARGA DEL SISTEMA

El sistema puede ser cargado con refrigerante en su estado normal, como líquido o como gas. Aunque numerosos factores pueden afectar el método de carga, el más importante es la cantidad de refrigerante envuelto.

Relativamente hablando, la mayoría de los recipientes de refrigerante, independientemente de su tamaño, tienen una salida pequeña. En unidades pequeñas debe pasar suficiente gas a través de esta salida, para completar la carga total en un tiempo razonable. En las grandes unidades, sin embargo, el tiempo requerido para que la cantidad apropiada de vapor pase a través de la pequeña salida puede ser tan grande que la carga de gas es impráctica. Cuando éste es el caso se usa una carga líquida. Por el pequeño orificio pasará un peso mucho mayor de refrigerante líquido en cualquier cantidad dada de tiempo.

El punto en el cual se introduce el refrigerante al sistema, se determina por medio de una consideración básica: si la unidad va a ser cargada con refrigerante líquido o gaseoso.

Bajo condiciones normales de carga, el cilindro de refrigerante estará a temperatura ambiente y a la presión correspondiente. Como la mayoría de cargas de refrigerante se hacen con la unidad en operación, la presión en el cilindro de refrigerante estará usualmente bajo la presión en el condensador y sobre la contrapresión en el evaporador.

El orificio del aparato de medición no es lo suficientemente grande para hacer práctica la carga de gas en el lado de alta de aparato, a causa del tiempo consumido; por consiguiente el gas normalmente se carga en el sistema después del aparato de medición. Esta carga puede hacerse en cualquier punto adecuado entre el aparato de medición y el compresor.

Si el refrigerante debe cargarse como líquido, la carga debe hacerse antes del aparato de medición para proteger el compresor de daño debido a inundación con líquido.

Con sistemas de tipo abierto y semiherméticos, que son lo suficientemente pequeños para hacer práctica la carga con gas, o donde sólo se requiere una pequeña cantidad de refrigerante, la carga usualmente se hace a través de la

válvula de servicio en la succión, sobre el compresor. Ya que los sistemas herméticos son por lo general lo suficientemente pequeños para que la carga de gas sea práctica, se tienen tomas disponibles para este propósito en el compresor. Estas tomas están conectadas en la succión del compresor y están diseñadas para permitir que el compresor tome gas directamente del tambor de refrigerante.

La carga original en unidades de este tipo se coloca en la fábrica durante la producción, pero ocasionalmente la carga debe remplazarse en el campo. Cuando esto es necesario, las tomas pueden cortarse y se coloca una conexión sobre el tubo. Ocasionalmente, se colocan válvulas sobre las tomas. Es práctico cuando el tubo de pellizco es muy corto o no se puede alcanzar.

Hay también aparatos que se diseñan para insertarse en una línea de refrigerante, para propósitos de carga. El aparato permanece en la línea y sirve como una válvula para cargas futuras o como conexión de manómetros.

Otro aparato usado para cargar los circuitos herméticos, es la válvula tipo *neumático*. Esta válvula contiene un vástago, el cual, cuando se descomprime, abre el circuito. Un adaptador especial en la manguera de carga descomprimirá el vástago cuando la manguera se fije firmemente a la válvula. El refrigerante fluirá luego a través de la válvula al sistema. Cuando se retira la manguera de carga el vástago retorna a su posición original y sella el circuito de refrigerante. Siempre vuelva a colocar la tapa de la válvula después del servicio. Hay cuatro modos de determinar si se ha introducido al sistema de calidad apropiada de refrigerante. Estos métodos son: viendo por la mirilla, cargando por presiones, pesando la carga y usando una línea helada.

Los cuatro métodos se usan extensamente en el trabajo de refrigeración comercial y la selección del método depende del tamaño y tipo del sistema en cuestión. Los métodos de "carga crítica", comunes a los sistemas pequeños de aire acondicionado residencial, *no están incluidos* son críticos hasta onzas de refrigerante.

El primer método que se va a discutir es la carga, viendo por la mirilla. En un sistema apropiadamente cargado, debe haber siempre un flujo sólido de líquido (no burbujas), al aparato de medición. Una mirilla (como se discutió previamente) indicará la presencia de gas, con las burbujas que haya en ella.

Para cargar correctamente con el método de la mirilla, el refrigerante se añade en la forma usual. Después de la adición de un porcentaje razonablemente grande de la carga estimada de gas o líquido, el cilindro de refrigerante se cierra y se permite que el sistema se "asiente". Cuando se han estabilizado las presiones de operación, se observa de nuevo la mirilla. Si todavía hay burbujas presentes, se añade lentamente carga, hasta que desaparezcan. Si, después de estabilizar las presiones, no hay burbujas presentes, cuando la unidad está operando bajo máximas condiciones de carga, la unidad está apropiadamente cargada.

Un método común para determinar si la cantidad de carga apropiada está siendo introducida al sistema es "pesarla". Este es el método más preciso de añadir la carga total cuando la carga requerida se conoce. El método es bastante simple como se muestra en la figura R23-15.

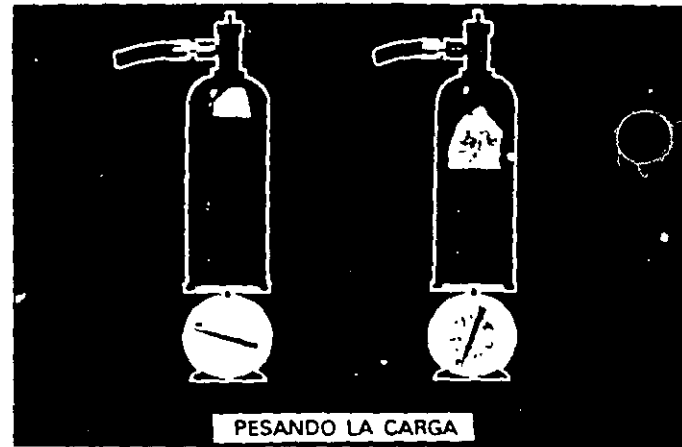


FIGURA R23-15 Pesando la carga (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

Con el sistema evacuado y listo para recibir el refrigerante, se pesa la botella de refrigerante. A la izquierda la báscula mide 190 lb. Si el sistema requiere una carga de 40 lb, como lo ha determinado el fabricante, se libera gas o líquido de la botella al sistema. Cuando han salido 40 lb, el peso total de la botella será:  $190 - 40 = 150$  lb, como se muestra a la derecha de la figura R23-15.

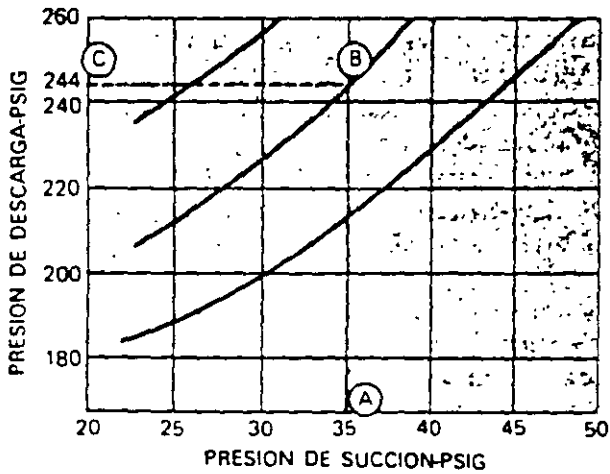
Este método se usa principalmente en equipo tipo paquete y sólo cuando requiere la carga completa; el método es de poco uso cuando se requiere carga parcial. Raramente se conoce la carga exacta bajo tales condiciones.

Un tercer método de carga, el cual puede usarse con paquetes diseñados y balanceados en fábrica, es el método de la cabeza de presión. Mediante pruebas, la fábrica determina las cabezas de presión apropiadas bajo varias cargas o temperaturas en el evaporador. Esta información se suministra al instalador, en gráficas o en forma tabulada, la cual consiste en una lista de posibles presiones en el lado de baja junto con las cabezas de presión apropiadas suplidas por los datos de prueba de la unidad.

Después de cargar con una cantidad estimada por la fábrica, la unidad se opera suficiente tiempo, para permitir que las presiones se estabilicen. Las lecturas de presión son tomadas y comparadas con las de la carta.

Si la cabeza de presión es menor que la de la carta, debe añadirse refrigerante. Si la presión es mayor que la indicada en la carta, debe retirarse refrigerante.

La figura R23-16 muestra cómo se usa el método de la cabeza de presión. Una carga sugerida por el fabricante ha sido introducida a la unidad. La unidad ha operado suficientemente para estabilizar las presiones y la contrapresión es de 35 psig. Este punto está en el eje horizontal en A. La carta se lee verticalmente hacia arriba hasta la intersección con la línea de temperatura exterior en B. Desde B, lea horizontalmente a la izquierda hasta el punto C. Esta es la cabeza de presión bajo la cual la unidad debe operar cuando la contrapresión sea de 35 psig. La carta muestra que este dato es 244. Si el manómetro de descarga está por debajo, debe añadirse refrigerante, hasta que el manómetro marque 244 psig. Si el manómetro está por encima, debe retirarse refrigerante hasta bajarlo a 244 psig.

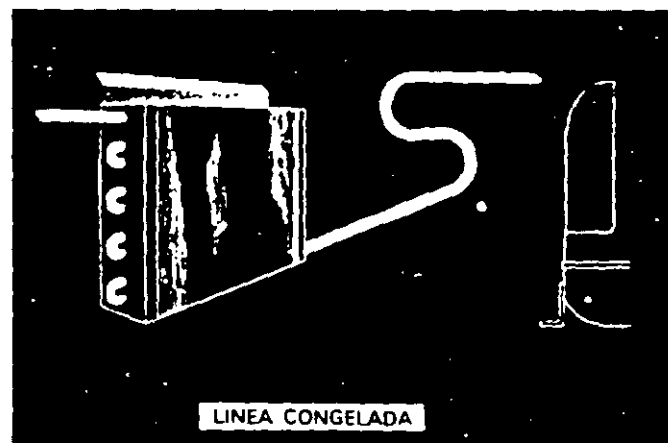


**FIGURA R23-16** Carta de carga. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

El cuarto método de carga es el de la línea congelada. Este método puede usarse solamente en sistemas herméticos pequeños que usan tubos capilares; tales sistemas no son muy comunes en el trabajo de refrigeración comercial. Cuando un sistema de este tipo se opera sin carga en el evaporador, las presiones normalmente caerán bajo la temperatura de congelamiento y se formará escarcha sobre el serpentín.

En la figura R23-17 la carga en el evaporador ha sido retirada colocando un cartón sobre su cara, cortando así el flujo de aire. Puesto que la carga ha sido retirada del evaporador, el refrigerante no evaporará tan rápidamente y algo de éste pasará y evaporará en la línea de succión. Las pruebas han demostrado que en estas condiciones una unidad apropiadamente cargada por lo general se congelará hasta pocas pulgadas antes del compresor. Mediante pruebas de fábrica puede determinarse este punto final de congelamiento y se da esta información al instalador.

Variando la línea congelada en la línea de succión el instalador puede determinar la carga apropiada. Si la línea



**FIGURA R23-17** Línea congelada (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

congelada no alcanza el punto establecido por las pruebas de fábrica, debe añadirse más refrigerante. Si el congelamiento va más allá del punto diseñado, debe retirarse refrigerante.

En la mayoría de los sistemas puede tolerarse algo de sobrecarga, pero la subcarga raramente es aceptable. La sobrecarga creará alta cabeza de presión y alta temperatura. Con todos los problemas resultantes tales como sobrecarga de motor, formación de lodos y falla de la válvula del compresor. La cabeza de presión alta puede producir también un control deficiente de la carga con inundación al compresor.

Aunque el mayor problema con la subcarga es el de capacidad, puede crear condiciones de escarchamiento sobre el evaporador en equipo de refrigeración de alta temperatura y puede también causar alto supercalentamiento en el evaporador. Como muchos motores de compresores herméticos dependen del gas de succión para su enfriamiento, pueden ser dañados por el supercalentamiento.

Tanto la sobrecarga, como la subcarga deben evitarse, puesto que una u otra condición pueden producir daño o destruir los componentes del sistema.

## R23-10 CARGA DE ACEITE

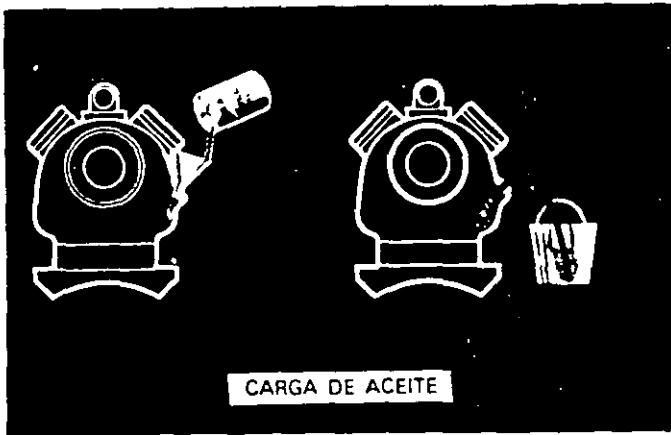
Hay varios modos por los cuales la cantidad apropiada de aceite se introduce al sistema. En un sistema nuevo puede pesarse como se hace con cualquier refrigerante. Las instrucciones de la instalación de la unidad incluyen los requisitos de aceite del compresor en medidas de peso o líquido. Este método se aplica después de una reparación total del compresor, cuando se ha retirado todo el aceite.

Un segundo método de determinar la carga apropiada de aceite es mediante la varilla de medición. Esta se usa primordialmente con compresores herméticos pequeños de eje vertical, pero algunos compresores de tipo abierto más grandes pueden tener aperturas diseñadas para el uso de una varilla. Las recomendaciones del fabricante sobre el nivel correcto, siempre deben seguirse.

El tercer método de llegar a una carga correcta de aceite es usando la mirilla de la carcasa del compresor. Cuando se determina la carga correcta de aceite por este método, el sistema debe operar por un periodo de tiempo bajo condiciones normales antes de la determinación final del nivel apropiado de aceite. Este procedimiento asegurará un retorno correcto a la carcasa. También permitirá que las líneas de aceite y los recipientes se llenen y, donde se utilicen hidrocarburos halogenados, darle al refrigerante una oportunidad de absorber el contenido de aceite normal de la operación.

Cuando se reemplaza un compresor, la nueva unidad debe cargarse con la misma cantidad de aceite que la vieja.

El aceite se introduce normalmente al sistema de refrigeración por dos métodos (figura R23-18). Puede ser vaciado como se muestra a la izquierda si la carcasa del compresor está a la presión atmosférica. Este método nor-



**FIGURA R23-18** Carga de aceite (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

malmente se usa antes de la deshidratación debido a que expondría el interior de la carcasa del compresor al aire y a su humedad.

A la derecha (figura R23-18) se muestra el método normalmente usado con una unidad en operación. En este caso la carcasa está bajo la presión atmosférica y el aceite es absorbido. Cuando se usa este método, el tubo, en el recipiente, no debe quedar cerca a la superficie del aceite porque puede absorberse aire. Como se ve, el tubo está muy abajo del nivel de aceite en el recipiente.

La carga de aceite en compresores herméticos soldados de remplazo debe hacerse de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y depende de si el compresor de remplazo ha sido despachado con o sin carga de aceite.

Hay tres precauciones que se deben tomar en la carga o remoción de aceite. El primero es usar aceite seco y limpio. Hay recipientes de aceite herméticamente sellados, los cuales deben usarse. Segundo, la presión debe controlarse cuando la carcasa se abre a la atmósfera. Demasiada presión puede forzar al aceite a que salga por las aperturas.

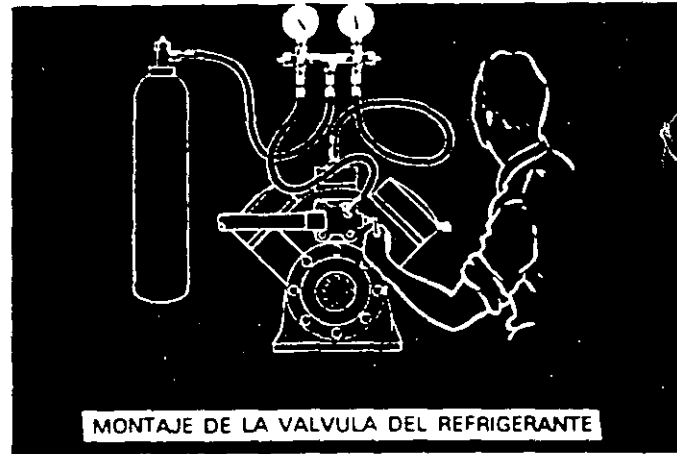
Tercero, debe evitarse la sobrecarga del sistema. No sólo creará la posibilidad de daño al compresor por paso de aceite, sino que también puede debilitar el comportamiento del refrigerante en el evaporador. La sobrecarga de aceite hará que el refrigerante líquido retorne al compresor desde el evaporador.



R23-11

### **ARRANQUE INICIAL**

Debe tenerse cuidado para evitar dañar el sistema de refrigeración, durante el arranque inicial (figura R23-19). Las posiciones de las válvulas deben verificarse para asegurar que sólo las presiones apropiadas y seguras ocurran en el compresor. Las válvulas de descarga del compresor deben abrirse siempre antes del arranque. Las válvulas del lado de baja deben ajustarse de tal modo que se aseguren presiones ni excesivamente altas ni bajas en la succión del



**FIGURA R23-19** Montaje de la válvula del refrigerante. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

compresor. Las presiones deben ser cuidadosamente observadas y reguladas hasta que la unidad opere normalmente. Cuando se arranca un nuevo sistema, trate de mantener las presiones de operación tan cerca a las normales como sea práctico.

Cuando el equipo es conducido con correas, tanto el alineamiento como la tensión de las correas debe ser verificado antes del arranque. Las correas desalineadas se gastarán rápidamente. Las correas flojas se desgastan, golpean y a menudo patinan. Las correas demasiado tensas pueden causar desgastes excesivos de los cojinetes del motor y del ventilador. La alineación de las correas es simple de verificar; una regla recta a lo largo de la polea y el volante mostrará cualquier desalineamiento inmediatamente.

La tensión de las correas debe verificarse. Estas se alargan muy poco, por tanto debe colocarse la tensión correcta durante el arranque inicial. Esta es la que permite una pulgada de deflexión en cada lado cuando se presiona con los dedos.

Muchas partes del equipo recién instalado requerirán mantenimiento simple antes del arranque inicial. Un buen ejemplo de este tipo de mantenimiento es la lubricación del motor. Todo motor que no esté permanentemente lubricado, debe recibir la cantidad apropiada de aceite. Las instrucciones incluidas en todo equipo indican qué mantenimiento de este tipo se requiere.

Es buena práctica verificar las placas eléctricas del motor, contra el voltaje disponible antes del arranque inicial. La figura R23-20 muestra el voltaje en el interruptor, al ser comparado con la placa del motor eléctrico. Es también buena práctica determinar si existe un desbalance en las fases antes de la conexión final.

Cuando el sistema ha sido completamente verificado en lo referente a: tubos, carga apropiada, posición de válvulas para arranque, alineamiento de correas, lubricación de motores y chequeos del alambrado, entonces puede arrancar la unidad.

Después del arranque debe comprobarse si la unidad está haciendo el trabajo para el cual fue destinada.

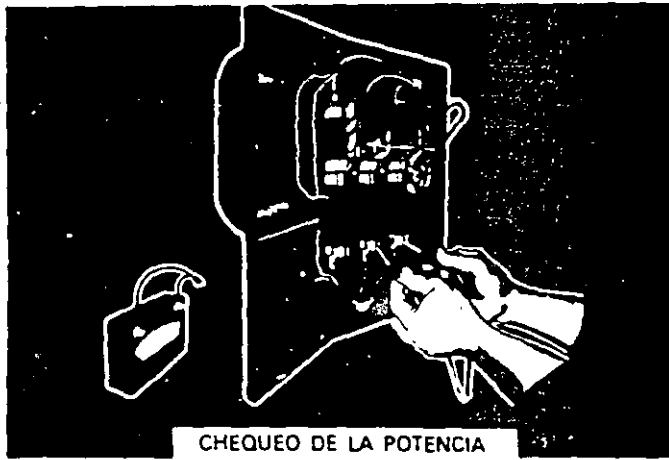


FIGURA R23-20 Chequeo de la potencia (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

incluye determinar las características de carga eléctrica. Ninguna instalación debe considerarse completa hasta que

se ha probado que puede hacer el trabajo para el cual fue diseñada.

Después de las pruebas para determinar que la unidad trabaja correctamente, debe hacerse una limpieza final, retirando el exceso de tubería, alambre, chatarra, dejando la unidad en tal condición que indique el orgullo de trabajo del instalador. El equipo debe ser una ventaja para el área en la cual se coloque.

El paso final en cualquier instalación es instruir al cliente en la operación del equipo. Hay muchas quejas de servicio a causa de la falta de entendimiento de la operación del nuevo equipo. El cliente debe ser instruido clara y concisamente de cómo el equipo opera en forma apropiada y eficiente. Los requisitos de mantenimiento deben explicarse. Incluyen cosas tales como cambios de filtro y lubricación del motor. Un cliente completamente familiarizado con la forma de operación de su equipo y con lo que debe hacer para mantenimiento, es un cliente satisfecho.

## PROBLEMAS

- R23-1. El *National Electrical Code Book* es publicado por \_\_\_\_\_
- R23-2. Las aprobaciones de UL no son generalmente requeridas en el equipo de refrigeración o aire acondicionado. ¿Cierto o falso?
- R23-3. ¿Cuál es la diferencia entre reglamentos y normas?
- R23-4. Al instalar equipo, el emplazamiento es importante para tener en cuenta \_\_\_\_\_
- R23-5. La vibración del compresor es siempre tenida en cuenta por el fabricante del equipo y no requiere atención en el campo. ¿Cierto o falso?
- R23-6. El nitrógeno seco se usa en el proceso de soldadura para reducir \_\_\_\_\_
- R23-7. Las líneas de succión que salen del área refrigerada generalmente requerirán aislamiento para eliminar \_\_\_\_\_
- R23-8. Para evitar transmisión de vibración en los ductos metálicos se usa una conexión \_\_\_\_\_
- R23-9. Una conexión de carga en los compresores herméticos soldados se llama \_\_\_\_\_
- R23-10. El método de la línea congelada para la carga de refrigerante se aplica a todos los sistemas. ¿Cierto o falso?
- R23-11. El método de la cabeza de presión para la carga de refrigerante puede usarse independientemente de la temperatura ambiente exterior. ¿Cierto o falso?
- R23-12. ¿Cuál es el método más exacto para cargar refrigerante al sistema?
- R23-13. ¿Qué es más crítico, sobrecarga o subcarga de refrigerante?
- R23-14. Verificar el nivel de aceite por el método de la mirilla no requiere que el compresor sea operado antes. ¿Cierto o falso?
- R23-15. La sobrecarga de aceite no es crítica para el sistema. ¿Cierto o falso?





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **R 24 FALLAS DE LOCALIZACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# R24

## Localización de fallas



R24-1

### GENERALIDADES

En los capítulos anteriores describimos los principales componentes del ciclo de refrigeración, su funcionamiento teórico, los materiales y herramientas necesarios para armar un sistema y los instrumentos necesarios para probar y revisar la operación. Emplearemos ahora estos elementos describiendo lo que se puede esperar, primero durante el funcionamiento normal, y después en condiciones anormales.

En primer lugar, es raro que los técnicos de servicio lleven consigo un diagrama de presión-entalpía para cada refrigerante. Sin embargo, llevarán una tabla de bolsillo de presión-temperatura, como la de la figura R24-1, que da una lista de las temperaturas y presiones de varios refrigerantes saturados. En esa tabla se presentan el R-12, R-22, R-500 y R-502; son los más comunes en refrigeración. A determinada temperatura de líquido saturado el técnico puede determinar la presión equivalente, o vacío, si se trata de una aplicación a bajas temperaturas. Veamos ahora tres sistemas y sigamos lo que sucede en realidad.

La figura R24-2 representa un ciclo de refrigeración con enfriamiento de aire en un congelador, en el que se debe mantener la temperatura del recinto a 0 °F (-18 °C). La temperatura ambiente es 95 °F (35 °C).

Primero identificamos los componentes del sistema: compresor, condensador, evaporador y dispositivo de medición de válvula de expansión. A continuación identificamos los termómetros de vidrio o de carátula que se usan para medir la temperatura del aire que entra al evaporador y al condensador. Se usa un termómetro electrónico de seis canales para medir las temperaturas en los puntos A a F. Se conectan manómetros a las válvulas respectivas de servicio en el sistema. Para este ejemplo, el refrigerante empleado es R-22.

Primero veremos las condiciones del evaporador. Como el recinto congelador se debe mantener a 0 °F, será necesario mantener una diferencia de temperatura entre el aire que pasa por el evaporador y la del refrigerante. Esa

diferencia varía con el diseño del evaporador que se tenga. Para este ejemplo supondremos una diferencia de 10 °F. La temperatura del refrigerante saturado en el punto A justo cuando entra al evaporador es -10 °F (-23 °C). En la tabla P-T de la figura R24-1 vemos que la presión correspondiente para el R-22 es 16.4 psig. Al tomar calor el evaporador y hervir el refrigerante, éste saldrá del evaporador a 0 °F, lo que quiere decir que ha ganado 10 °F de sobrecalentamiento en lo que respecta a aumento de temperatura, pero la presión de vapor quedará esencialmente igual si suponemos que no hay caída de presión en el serpentín. El sensor de la válvula termostática de expansión reacciona a los cambios de temperatura en el punto B y regula el flujo de refrigerante para tratar de mantener sobrecalentamiento constante de 10 °F.

Dependiendo del tamaño y longitud del tubo de succión, sucederán dos cosas. Al salir del congelador el tubo de succión y entrar a un lugar más caliente, ganará algo más de sobrecalentamiento. Para este ejemplo se indican 2 °F. Y debido a la caída de presión dentro del tubo, habrá algo de reducción de presión en el punto C al entrar el gas a la válvula de succión del compresor. La presión en C puede verse en el manómetro compuesto de baja presión en nuestro cabezal.

El vapor a baja temperatura y baja presión entra al compresor, y alcanza una alta presión y alta temperatura en el punto D. A causa del calor de compresión, la temperatura aproximada será 100 °F (38 °F) arriba de la temperatura de saturación en el condensador. La presión en los puntos D y E es la misma, según se ve, porque en este ejemplo se supone que la distancia entre el compresor y el condensador es pequeña. Esto puede no siempre ser cierto, y en esos casos debe tenerse en cuenta la caída de presión en el tubo de descarga.

La presión en el punto D queda determinada realmente por el diseño y la aplicación del condensador. En este ejemplo tiene enfriamiento de aire, y el aire ambiente está a 95 °F (36 °C). En general, estará unos 30 a 40 °F (17 a 22 °C) sobre la temperatura del aire que entra. En nuestro ejemplo, la temperatura promedio de condensación en el condensador al pasar el vapor caliente a líquido saturado

será 125 °F (52 °C) en el punto E. Para el R-22, la presión correspondiente, según la figura R24-1, será 277.9 psig; tomaremos 278 psig. Por lo tanto, el compresor debe ser capaz de elevar la presión hasta ese valor.

La mayor parte del sobrecalentamiento se elimina del vapor en los tubos superiores del condensador, de modo que las dos o tres filas inferiores de tubos están llenas de refrigerante líquido. Con ello se satisfacen dos funciones. La primera, se forma un sello de líquido para evitar que el vapor llegue al tubo de líquido. La segunda, se permite que el líquido se sobreenfríe a menos de la temperatura de saturación. En el ejemplo se muestra un subenfriamiento de 10 °F entre los puntos E y F, lo cual es común en diseños de condensadores. La presión (278 psig) permanece constante y se puede medir en la válvula de servicio del tubo de líquido, y leerse en el manómetro de alta presión del cabezal.

El refrigerante líquido pasa entonces del punto F a través del tubo de líquido, de regreso a la válvula de expansión, en la cual hay un diferencial de más de 250 psig. En el caso real hay caídas de presión en el tubo del líquido debidas a la fricción, y también cuando el líquido se debe elevar a un nivel mayor. Si la caída de presión es muy alta el refrigerante se evapora instantáneamente antes de entrar a la válvula de expansión. El capítulo R13 describe en detalle los procedimientos para determinar los diámetros de tubo de refrigerante para reducir al mínimo la caída de presión, para asegurar un retorno adecuado de aceite al compresor, y para eliminar los ruidos molestos.

En contraste a la aplicación del congelador a baja temperatura, veamos ahora una aplicación a alta temperatura, como la que se puede encontrar en un sistema de aire acondicionado para control

La figura R24-3 muestra un diagrama de ciclo de refrigerante para un sistema enfriado por aire con una válvula de expansión, y con R-500 como refrigerante. Las relaciones T-P (temperatura-presión) que se muestran se consideran normales para un sistema que trabaje como sigue: La temperatura de bulbo seco del aire que entra al serpentín evaporador es 80 °F (27 °C), y de bulbo húmedo 67 °F (19 °C); la temperatura de bulbo seco del aire que entra al condensador es 95 °F (35 °C). Como las presiones que se indican están influenciadas por el diseño del equipo, consulte siempre las tablas de temperatura-presión que suministra el fabricante de cada modelo específico.

Comenzando en el punto A, el refrigerante se subenfriará 16 °F (9 °C) hasta 114 °F (46 °C) y ejerce una presión de 218 psig. Suponiendo que el tubo de refrigerante líquido tenga 7.5 metros (25 pies) de longitud y esté dimensionado en forma correcta, la presión en el lado de entrada de la válvula de expansión será 218 psig aproximadamente, y la temperatura del refrigerante seguirá siendo casi la misma que en A, es decir, 114 °F.

Agua abajo de la válvula de expansión, en el punto B, las indicaciones T-P serán, aproximadamente, 44 °F (7 °C) y 50.7 psig. La válvula de expansión regula el flujo de refrigerante para tener sobrecalentamiento de 12 °F (7 °C), las relaciones T-P en el punto C serán 56 °F (13 °C) y 50.7 psig. Esta indicación de presión no tiene en cuenta la caída nominal de presión del refrigerante que se evapora en el serpentín.

A la succión del compresor (punto D), la relación de 61 °F (16 °C) y 50.7 representan el aumento de temperatura originado en el resto del tubo de succión. No se indica caída de presión, porque suponemos que el serpentín de enfriamiento y el compresor están razonablemente cercanos. En

Vacío pulgadas de mercurio en curvas

**SPORLAN** **TABLA DE TEMPERATURAS Y PRESIONES**

Presión, libras por pulgada cuadrada, en negritas

TEMPERATURA T	CLAVE DE REFRIGERANTE				
	12-F	22-V	500-D	502-R	717-A
-60	19.0	12.0	17.0	7.2	18.6
-55	17.3	9.2	15.0	3.9	16.6
-50	15.4	6.2	12.8	0.2	14.3
-45	13.3	2.7	10.4	1.9	11.7
-40	11.0	0.5	7.6	4.1	8.7
-35	8.4	2.6	4.6	6.5	5.4
-30	5.5	4.9	1.2	9.2	1.6
-25	2.3	7.4	1.2	12.1	1.3
-20	0.6	10.1	3.2	15.3	3.6
-18	1.3	11.3	4.1	16.7	4.6
-16	2.1	12.5	5.0	18.1	5.6
-14	2.8	13.8	5.9	19.5	6.7
-12	3.7	15.1	6.8	21.0	7.9
-10	4.5	16.5	7.8	22.6	9.0
-8	5.4	17.9	8.8	24.2	10.3
-6	6.3	19.3	9.9	25.8	11.6
-4	7.2	20.8	11.0	27.5	12.9
-2	8.2	22.4	12.1	29.3	14.3
0	9.2	24.0	13.3	31.1	15.7
1	9.7	24.8	13.9	32.0	16.5
2	10.2	25.6	14.5	32.9	17.2
3	10.7	26.5	15.1	33.9	18.0
4	11.2	27.3	15.7	34.9	18.8
5	11.8	28.2	16.4	35.9	19.6
6	12.3	29.1	17.0	36.9	20.4
7	12.9	30.0	17.7	37.9	21.2
8	13.5	30.9	18.4	38.9	22.1
9	14.1	31.8	19.0	39.9	22.9
10	14.6	32.8	19.7	41.0	23.8
11	15.2	33.7	20.4	42.1	24.7

TEMPERATURA T	CLAVE DE REFRIGERANTE				
	12-F	22-V	500-D	502-R	717-A
12	15.8	34.7	21.2	43.2	25.6
13	16.5	35.7	21.9	44.3	26.5
14	17.1	36.7	22.6	45.4	27.5
15	17.7	37.7	23.4	46.5	28.4
16	18.4	38.7	24.1	47.7	29.4
17	19.0	39.8	24.9	48.9	30.4
18	19.7	40.9	25.7	50.0	31.4
19	20.4	41.9	26.5	51.2	32.5
20	21.0	43.0	27.3	52.5	33.5
21	21.7	44.1	28.1	53.7	34.6
22	22.4	45.3	28.9	54.9	35.7
23	23.2	46.4	29.8	56.2	36.8
24	23.9	47.6	30.6	57.5	37.9
25	24.6	48.8	31.5	58.8	39.0
26	25.4	49.9	32.4	60.1	40.2
27	26.1	51.2	33.3	61.5	41.4
28	26.9	52.4	34.2	62.8	42.6
29	27.7	53.6	35.1	64.2	43.8
30	28.5	54.9	36.0	65.6	45.0
31	29.3	56.2	36.9	67.0	46.3
32	30.1	57.5	37.9	68.4	47.6
33	30.9	58.8	38.9	69.9	48.9
34	31.7	60.1	39.9	71.3	50.2
35	32.6	61.5	40.9	72.8	51.6
36	33.4	62.8	41.9	74.3	52.9
37	34.3	64.2	42.9	75.9	54.3
38	35.2	65.6	43.9	77.4	55.7
39	36.1	67.1	45.0	79.0	57.2
40	37.0	68.5	46.1	80.5	58.6
41	37.9	70.0	47.1	82.1	60.1

TEMPERATURA T	CLAVE DE REFRIGERANTE				
	12-F	22-V	500-D	502-R	717-A
42	38.8	71.5	48.2	83.8	61.6
43	39.8	73.0	49.4	85.4	63.1
44	40.7	74.5	50.5	87.0	64.7
45	41.7	76.0	51.6	88.7	66.3
46	42.7	77.6	52.8	90.4	67.9
47	43.6	79.2	54.0	92.1	69.5
48	44.7	80.8	55.1	93.9	71.1
49	45.7	82.4	56.3	95.6	72.8
50	46.7	84.0	57.6	97.4	74.5
55	52.0	92.6	63.9	106.6	83.4
60	57.7	101.6	70.6	116.4	92.9
65	63.8	111.2	77.8	126.7	103.1
70	70.2	121.4	85.4	137.6	114.1
75	77.0	132.2	93.5	149.1	125.8
80	84.2	143.6	102.0	161.2	138.3
85	91.8	155.7	111.0	174.0	151.7
90	99.8	168.4	120.6	187.4	165.9
95	108.3	181.8	130.6	201.4	181.1
100	117.2	195.9	141.2	216.2	197.2
105	126.6	210.8	152.4	231.7	214.2
110	136.4	226.4	164.1	247.9	232.3
115	146.8	242.7	176.5	264.9	251.5
120	157.7	259.9	189.4	282.7	271.7
125	169.1	277.8	203.0	301.4	293.1
130	181.0	296.8	217.2	320.8	—
135	193.5	316.6	232.1	341.2	—
140	206.6	337.3	247.7	362.6	—
145	220.3	358.9	264.0	385.0	—
150	234.6	381.5	281.1	408.4	—
155	249.5	405.1	298.9	432.9	—

FIGURA R24-1 Tabla P-T de bolsillo

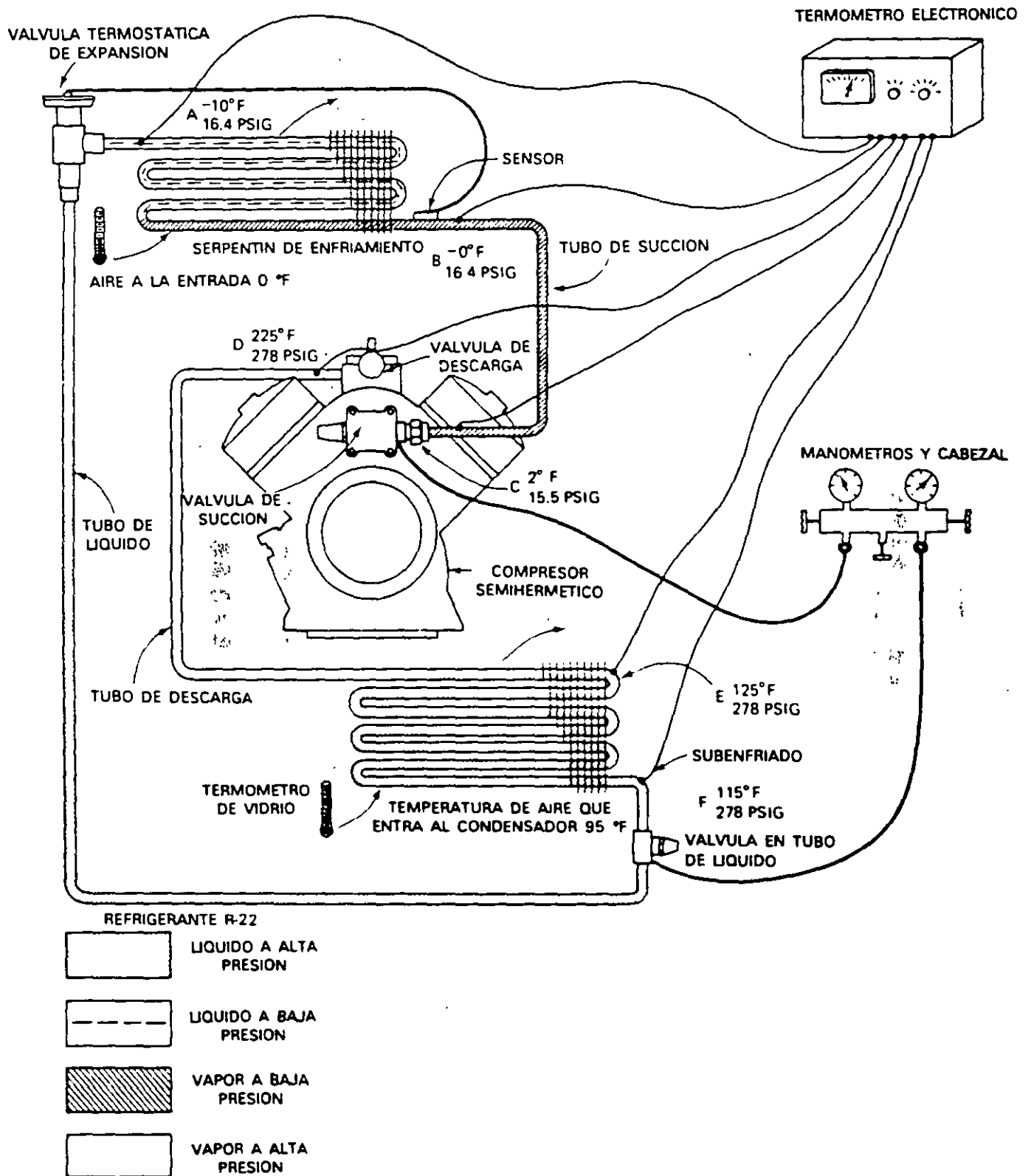


FIGURA R24-2 Aplicación de cuarto congelador. ciclo de refrigerante R22 con válvula de expansión.

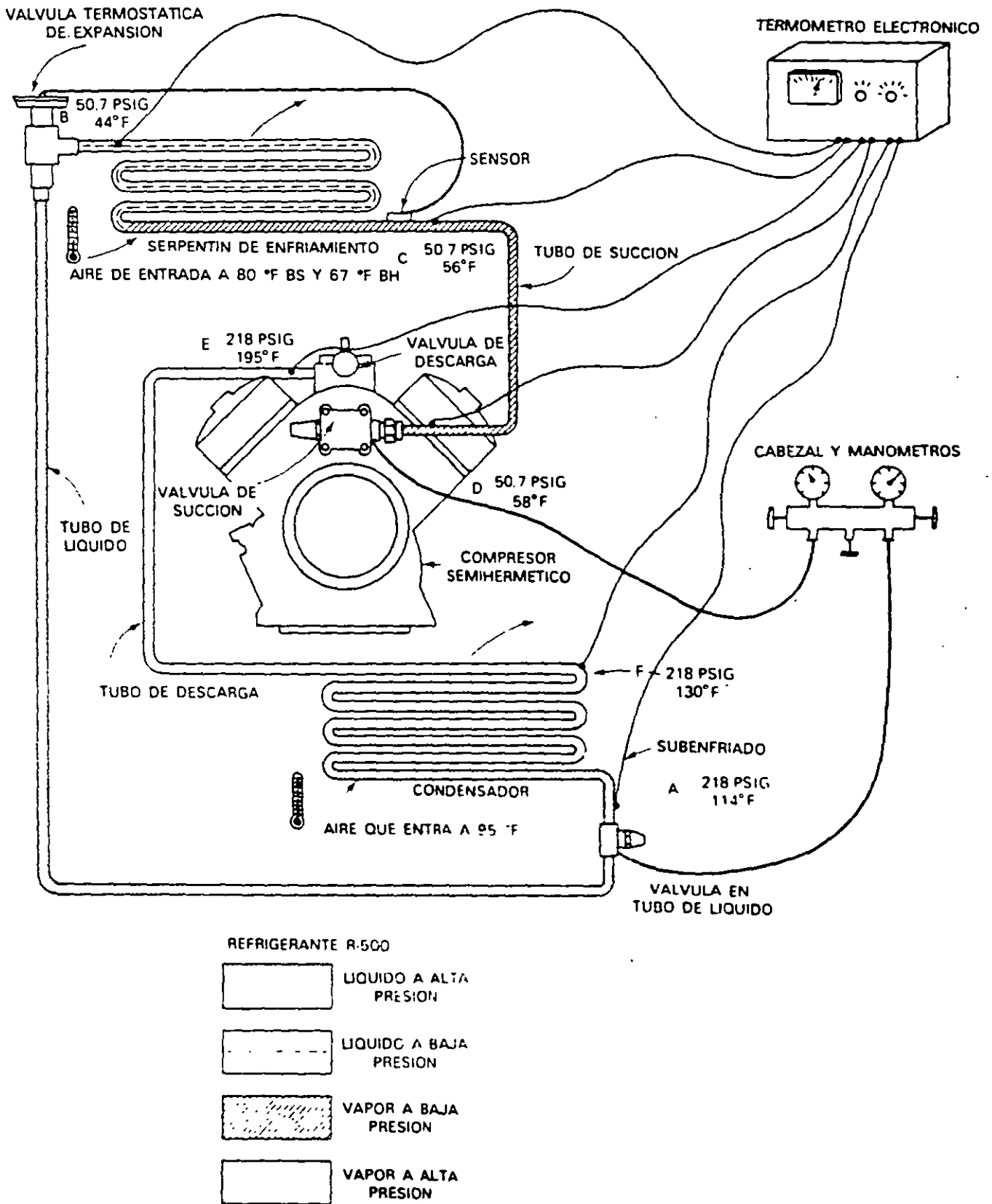


FIGURA R24-3 Aplicación de refrigeración de alta temperatura (aire acondicionado) con válvula termostática de expansión.

la descarga de gas caliente del compresor, en *E*, las indicaciones serán 195 °F (85 °C) y 218 psig. Las relaciones *T-P* promedio para el condensador son 130 °F (54 °C) y 218 psig en el punto *F*. El subenfriamiento, 16 °F, se lleva a cabo en las últimas dos o tres filas de tubos en la parte inferior del condensador, y se completa el ciclo en el punto *A*.

Los dos sistemas anteriores emplearon un dispositivo de medición consistente en válvula termostática de expansión. Comparemos ahora con un sistema con dispositivo de medición de tubo capilar.

La figura R24-4 muestra un diagrama de ciclo de refrigerante para un sistema típico de aire acondicionado con tubo capilar, y que usa refrigerante R-22. Las relaciones de presión-temperatura que se muestran se consideran normales para un sistema que trabaje en las siguientes condiciones: temperatura de bulbo seco del aire que entra al serpentín evaporador 80 °F (27 °C) y 67 °F (19 °C) de bulbo húmedo; la temperatura del aire que entra al condensador es 95 °F (35 °C) de bulbo seco. Como esas presiones están influidas por el diseño del equipo, consulte siempre las tablas presión-temperatura del fabricante para el modelo específico que tenga. El sistema que se muestra tiene un compresor hermético sellado. Las conexiones de toma de presión (válvulas Schrader) se tienen en los tubos de succión y de líquido.

Comenzamos en el punto *A*, y el refrigerante líquido está sobreenfriado 19 °F (10 °C), y su temperatura es 111 °F (44 °C), y ejerce una presión de 295 psig. Suponiendo que el tubo de refrigerante líquido tenga 7.5 m (25 pies) de longitud, y que esté dimensionado en forma correcta, la presión en el extremo de entrada del tubo capilar será 195 psig aproximadamente, y la temperatura del refrigerante seguirá siendo la misma que en *A*, o sea, 111 °F.

A la salida del tubo capilar, en *B*, las relaciones *T-P* serán aproximadamente 44 °F (7 °C) y 75 psig. Como el tubo capilar restringe el flujo de refrigerante de tal modo que se obtienen 12 °F (7 °C) de sobrecalentamiento, las relaciones *T-P* en el punto *C* serán 56 °F (13 °C) y 75 psig. Esta presión no tiene en cuenta la caída nominal de presión del refrigerante que se evapora en el serpentín.

Pasando a la succión del compresor (punto *D*), las relaciones *T-P* son 61 °F (16 °C) y 75 psig, que representan el aumento de temperatura por sobrecalentamiento adicional en el tubo de succión. En *E*, estas indicaciones son 195 °F (85 °C) y 295 psig. El promedio *T-P* en el condensador es 130 °F (54 °C) y 295 psig en *F*. El subenfriamiento, 16 °F (9 °C) se lleva a cabo en las últimas dos o tres filas de tubos de la parte inferior del condensador y se termina el ciclo en *A*.

Los ejemplos anteriores muestran lo que se debe esperar durante el funcionamiento normal del sistema. Es natural que varían según el refrigerante, el medio de condensación (aire o agua, o evaporativo), el tipo de aplicación y la marca del equipo. Aquí no podemos presentar, claro está, todas las posibilidades de variación, pero esas diferencias se describen en capítulos posteriores, y se familiariza uno con ellas con la experiencia.

Independientemente del tipo de sistema, habrá algunos problemas comunes de operación, y el técnico de servicio

tiene que, como si fuera doctor, ser capaz de reconocer los síntomas, diagnosticar la causa y tomar la acción correctiva. En la mayor parte de los casos, el médico puede prescribir las medicinas o el tratamiento inmediato para aliviar al paciente. El técnico de servicio en refrigeración puede tener que llegar a un diagnóstico satisfactorio a través del proceso de eliminar algunas causas posibles, cada una de las cuales podría ser el origen de las quejas o del problema en el sistema de refrigeración.

Los técnicos deben tener conciencia en sus intentos de poner al sistema de nuevo en condiciones adecuadas de funcionamiento, y ser honrados en sus negociaciones con el cliente. En el campo se tienen quejas contra algunos técnicos de servicio que no siempre tienen la capacidad adecuada. Por ejemplo, quizá uno puso refrigerante en el sistema cuando por los síntomas se pensaba que faltaba, y con esta acción no corrigió el problema. Después, el técnico, por negligencia, no sacó el exceso de refrigerante (lo cual, en sí, será la causa de una queja en el futuro). A algunos fabricantes de partes, como por ejemplo válvulas de expansión, se les han devuelto sus productos sin tener averías. Más bien, simplemente los filtros de alguna de las válvulas tenían mugre o estaban tapados, pero el técnico de servicio cambió la válvula, echándole la culpa de su mala operación.

≡≡≡ R24-2

## ≡≡≡ CATEGORIAS DE PROBLEMAS

Recuerde que un sistema de refrigeración es un *dispositivo de transferencia de energía calorífica*. Sólo es capaz de absorber calor de una *fuerza de calor*, y cederlo en un *radiador o sumidero de calor*. La rapidez a la cual lo hace depende de la cantidad de calor disponible y la velocidad de transferencia. Esta velocidad de transferencia depende del mantenimiento de la diferencia correcta de temperaturas entre el refrigerante y el material del cual se va a extraer el calor, o al cual se le va a ceder.

≡≡≡ R24-2.1

### ≡≡≡ Fuente de calor

¿Hay suficiente producción de calor para satisfacer la capacidad del sistema? Si es un sistema capaz de extraer 12,000 Btu de calor en una hora con  $\Delta T$  de 20 °F (11 °C), este calor debe estar disponible. Si el aire es el medio de pasar el calor del producto por enfriar al vapor para la extracción, debe pasar la cantidad correcta de aire por el serpentín. Si es insuficiente la cantidad del aire a causa de:

1. Filtros de aire sucios
2. Insuficiente volumen manejado por el ventilador o soplador
3. Aletas sucias en los serpentines
4. Producto mal acomodado

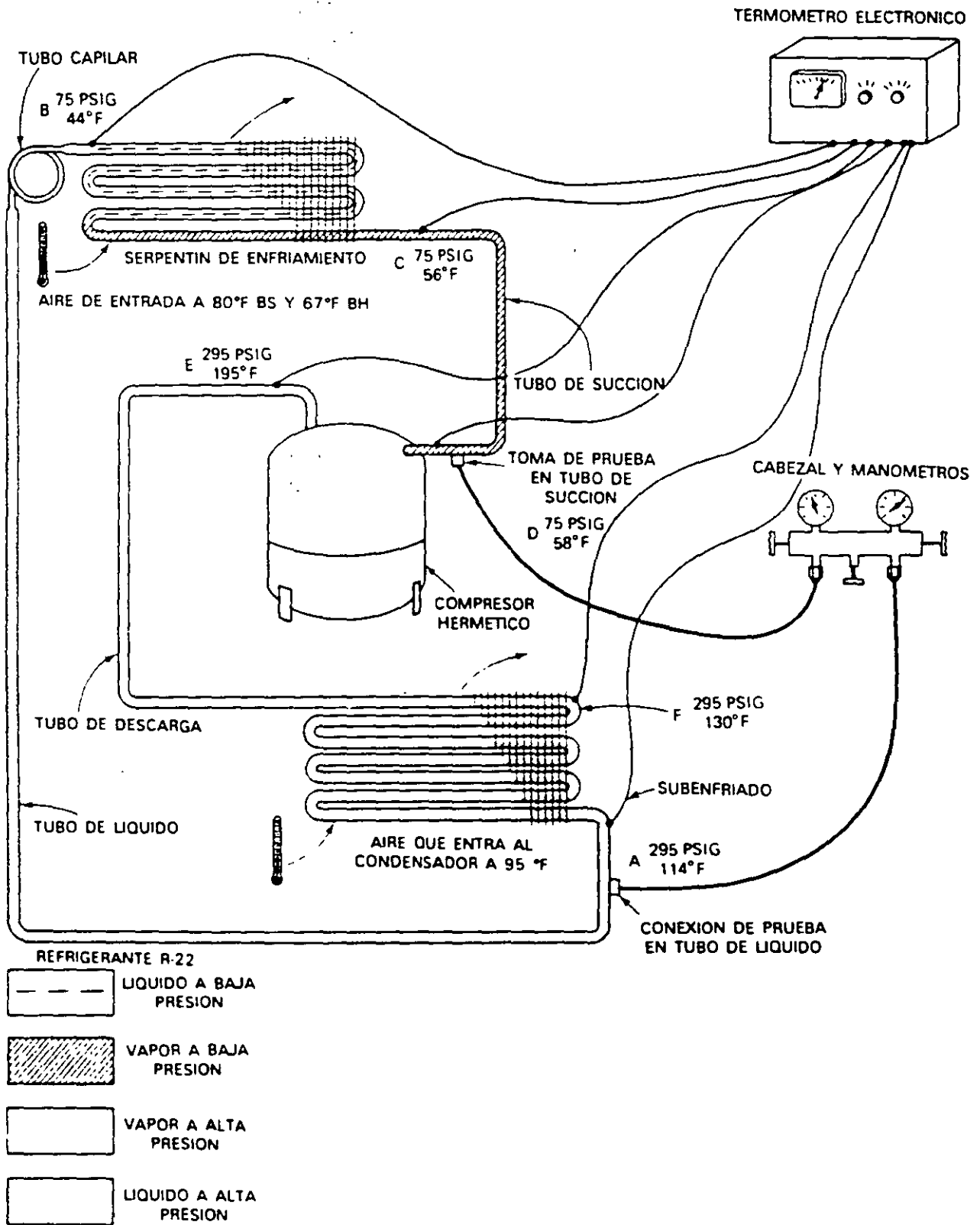


FIGURA R24-4 Ciclo de refrigerante con tubo capilar

o por cualquier otro motivo, se reduce la cantidad de calor absorbido. El serpentín trabaja a menor temperatura, el

punto de ebullición del refrigerante es menor, y se reduce la capacidad del sistema.

Esto se aplica también si el calor se transfiere mediante un líquido. Se pueden presentar los mismos problemas:

1. Filtros sucios de líquido, o drenajes tapados
2. Bomba de pequeña capacidad, o impulsor dañado
3. Tubos de intercambio de calor encostrados

Las reducciones de cantidad de líquido que pasa por el cambiador de calor causan reducciones de calor absorbido, se disminuye el punto de ebullición en el serpentín y se disminuye la presión de succión y la capacidad del sistema. Para comprobar la carga del evaporador, se debe medir la cantidad de aire o líquido que pasa por el evaporador, y se deben medir las temperaturas del aire o del líquido que entra y que sale.

Es casi impráctico medir la cantidad de aire que pasa por el serpentín de un refrigerador de lechería, por ejemplo, pero casi siempre se pueden poner termómetros en el suministro de aire que sale del serpentín, y en el aire de retorno que llega a él, para medir la temperatura. Si la temperatura del aire disminuye, el aire que pasa por él tiene un flujo mayor que las especificaciones de fábrica; la falla consiste en la cantidad de aire, porque un sistema de refrigeración no tiene posibilidad de aumentar súbitamente de capacidad. Sin embargo, si la temperatura es mayor que la normal, la falla casi siempre está en el sistema de refrigeración, porque el suministro de aire en general no aumenta con respecto al flujo del diseño. En este caso, se debe revisar el sistema de refrigeración.

#### ==== R24-2.2 ==== Radiador de calor

En general, los problemas en la zona del radiador de calor son más fáciles de diagnosticar, porque el cambio en el sistema es más radical cuando cambian las condiciones de funcionamiento del radiador de calor. Cuando se reduce el aire que pasa por el condensador, las presiones diferenciales y el amperaje al compresor suben y la capacidad del sistema baja. Cuando se trata de enfriamiento líquido, cuando se reduce el flujo de líquido de enfriamiento, las presiones diferenciales aumentan junto con el amperaje al compresor, y se tiene reducción de capacidad. Sin embargo, el efecto sobre la capacidad no es tan grande como un cambio en la carga del evaporador, y en general este problema se da y crece hasta un punto en el que es radical la diferencia con respecto a las condiciones normales.

Las causas más frecuentes de problemas en condensadores enfriados por aire son:

- Polvo, hojas, etc., en la superficie del serpentín
- Entrada o salida del aire obstruidas
- Aspas del soplador sucias
- Rodamientos del motor y/o el soplador apretados
- Sentido de rotación incorrecto del soplador o ventilador, en especial en motores trifásicos

Velocidades incorrectas del soplador o ventilador

Vientos dominantes

Unidad ubicada en zona de flujo de aire restringido

Las causas más frecuentes de problemas en condensadores enfriados por líquido son:

Tubos encostrados de condensador.

Presión insuficiente del líquido.

Suministro insuficiente del líquido.

Válvula reguladora mal ajustada o que trabaja mal.

Incapacidad de disponer del líquido que sale del condensador.

En todos los casos, son importantes la medición del flujo de aire o de líquido que pasa por el condensador, así como sus temperaturas de entrada y salida, para el diagnóstico de los problemas.

En todos los casos, la caída de presión a través del regulador será demasiado alta si la falla es en el funcionamiento del condensador.

Si la diferencia de presiones es muy pequeña, generalmente se debe al sistema de refrigeración; la única excepción es cuando hay bajas temperaturas ambientes en el caso de condensadores enfriados por aire, cuando se trata de trabajarlos en ambientes de 65 °F (18 °C) o menos, sin control de la diferencia de presiones.

#### ==== R24-3 ==== PROBLEMAS DEL SISTEMA ==== DE REFRIGERACION

En el sistema de refrigeración se pueden dividir los problemas en dos categorías: cantidad de refrigerante y flujo de refrigerante. Si el sistema tiene carga correcta hasta el punto en el que el evaporador es totalmente activo y el condensador tiene cantidad suficiente como para producir el sobrenfriamiento deseado, y el compresor está manejando la cantidad necesaria de vapor, el sistema se debe comportar como este diseñado. Cualquier desviación de las condiciones se notará en las presiones y temperaturas medidas en el sistema.

Lo primero que se debe determinar es si el problema en el sistema de refrigeración es eléctrico o mecánico. ¿Trabaja y si así es, ¿trabaja en forma correcta?

#### ==== R24 3.1 ==== Problemas eléctricos

Entre los problemas de categoría eléctrica están, generalmente, que la unidad no arranca, no sigue trabajando, o trabaja de forma errática. A continuación presentamos una



lista de síntomas o problemas comunes que se aplican a la parte eléctrica del sistema. Después de cada problema hay una lista de causas posibles. Estas causas se mencionan y se explican en los capítulos R25 y R26.

### Conjunto del motor y compresor

1. No trabaja; no hay zumbido
  - E6. Contactos de control abiertos
  - E4. Disparado el corte por sobrecarga
  - E8. Mal conectado
  - E5. Se quemó el corte por sobrecarga
  - R25-12. Falta de refrigerante
2. No trabaja; no hay zumbido; enciende y apaga por sobrecarga
  - E8. Mal conectado
  - E12. El voltaje es bajo
  - E19. Capacitor de arranque quemado, o inadecuado
  - E20. Capacitor de marcha quemado o inadecuado
  - E18. Está quemado el relevador de arranque, o es inadecuado
  - R25-4. Alta diferencia de presiones.
  - R25-22. Está quemado el motor del compresor
3. Se pone en marcha y el capacitor de arranque no se desconecta
  - E8. Cableado inadecuado
  - E12. El voltaje es bajo
  - E19. El capacitor de arranque está quemado, o es inadecuado
  - E18. El relevador de arranque está quemado, o es inadecuado
  - E20. El capacitor de marcha está quemado, o es inadecuado
  - R25-4. Alta diferencia de presiones.
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
4. Se pone en marcha y trabaja un momento y apaga por sobrecarga
  - E8. Mal conectado
  - E20. Capacitor de marcha quemado o inadecuado
  - R25-4. Alta diferencia de presiones.
  - E12. Bajo voltaje
  - E11. Alto voltaje
  - E5. Está quemada la protección por sobrecarga
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
5. Se pone en marcha y trabaja después de varios intentos
  - E12. Bajo voltaje
  - E19. El capacitor de arranque está quemado, o es inadecuado
  - E18. El relevador de arranque está quemado, o es inadecuado

- R25-4. Alta diferencia de presiones
  - R25-9. Está obstruida o taponada la tubería de líquido.
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión está averiado o mal ajustado
  - R25-21. Baja temperatura ambiente
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R25-11. Tubo de refrigerante muy estrecho
6. Se pone en marcha y sale por la protección principal de sobrecarga
    - E8. Mal conectado
    - E5. La protección por sobrecarga está quemada
    - E12. Bajo voltaje
    - E11. Alto voltaje
    - E19. El capacitor de arranque está quemado o es inadecuado
    - E18. El relevador de arranque está quemado o es inadecuado
    - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
    - R25-22. El motor del compresor está quemado
  7. Trabaja, pero con ruido
    - R25-4. Alta diferencia de presiones
    - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está quemado o mal ajustado
    - R25-13. Sobrecarga de refrigerante

### Relevador de arranque

1. Sus contactos no abren
  - E12. Bajo voltaje
  - E19. El capacitor de arranque está quemado o es inadecuado
  - E20. El capacitor de marcha está quemado o es inadecuado
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - E18. El relevador de arranque está quemado o es inadecuado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
2. Sus contactos no cierran
  - E18. El relevador de arranque está quemado o es inadecuado
3. Se queman
  - E8. Mal conectado
  - E11. Bajo voltaje
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - E19. El capacitor de arranque está quemado o es inadecuado
  - E20. El capacitor de marcha está quemado o es inadecuado
  - E11. Alto voltaje
  - R25-2. Baja presión en la succión
  - E18. El relevador de arranque está quemado o es inadecuado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado

### Capacitor de arranque

1. Se quema
    - E8. Mal conectado
    - E12. Bajo voltaje
    - E19. El capacitor de arranque está quemado o es inadecuado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
  - E20. El capacitor de marcha está quemado o es inadecuado
  - R25-2. Baja presión de succión
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
2. Las pruebas del capacitor son buenas, no tiene efecto
    - E8. Mal conectado
    - E7. Conexión floja o conductor roto

### Capacitor de marcha

1. Se quema
  - E11. Alto voltaje
2. Las pruebas son correctas y no hay efecto
  - E8. Mal conectado

### Motor del ventilador

1. No trabaja
  - E7. Conexión floja o conductor roto
  - E5. La protección por sobrecarga está quemada
2. No trabaja, se quema, desconecta por sobrecarga
  - E20. El capacitor de marcha está quemado o es de tamaño inadecuado
  - E17. El motor está quemado
3. Trabaja, pero entra y sale por sobrecarga
  - E16. El motor está sobrecargado
  - E12. Bajo voltaje
  - E5. Está quemado el corte por sobrecarga
  - E17. El motor está quemado

### Relevador o contactor

1. No entra: no hay zumbido
  - E6. Los contactos de control están abiertos
  - E8. Mal conectado
  - E7. El circuito está abierto
  - E15. La bobina está quemada
2. No entra: sí hay zumbido
  - E12. Bajo voltaje
  - E14. Bobina en cortocircuito
  - E13. La armadura se pega.



R24-3.2

### Problemas de refrigeración

vez falla del efecto refrigerante. Sin embargo, como en el caso de la categoría eléctrica, los problemas de mal funcionamiento del sistema de refrigeración son variados y pueden presentarse en el mismo sistema de refrigeración, o ser debidos a una causa eléctrica, o por una combinación de causas eléctricas y de refrigeración. A continuación se presenta una lista de los síntomas o problemas comunes que se pueden encontrar en el sistema de refrigeración. Después de cada problema sigue la lista de causas probables, las cuales se explican en los capítulos R25 y R26.

### Sistema completo

1. No trabaja; no hay zumbido
  - R26-2. Está abierto el interruptor de desconexión
  - R26-4. Hay un fusible quemado
  - R26-3. Está disparada la protección principal de sobrecarga
  - R26-6. Está quemada la protección de corte por sobrecarga
  - R26-5. Está disparado el corte por sobrecarga
  - R26-8. Hay un falso contacto o un conductor roto
  - R26-9. Mal conectado
2. Trabaja, pero en ciclos cortos
  - R26-10. Son inadecuados los ajustes de control
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - R25-2. Baja presión de succión
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R25-12. Falta de refrigerante
  - R25-10. El dispositivo de control de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-20. Serpentin con mucho aceite
  - R25-9. El tubo de líquido está obstruido o taponado
3. Trabaja en forma continua
  - R26-9. Mal conectado
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-21. Baja temperatura ambiente
  - R25-12. Falta de refrigerante
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
  - R25-11. Los contactos de control están sobrecargados
  - R25-20. Un serpentín está inundado de líquido
  - R25-23. La unidad es demasiado pequeña
4. Funciona con ruido
  - R25-24. Vibración
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R25-13. Sobrecarga de refrigerante
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-22. El motor del compresor está quemado
  - R25-11. Los tubos del refrigerante son muy estrechos

Dentro de la categoría de refrigeración, el problema más común es el de falta de refrigerante que ocasiona a su

5. La temperatura del evaporador es demasiado alta
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R25-12. Falta de refrigerante
  - R25-21. Baja temperatura ambiente
  - R25-5. Baja diferencia de presiones
  - R25-10. El dispositivo regulador de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-20. Un serpentín está inundado de aceite
  - R25-11. Los tubos del refrigerante son muy estrechos
  - R25-23. La unidad es muy pequeña
6. La temperatura del evaporador es muy baja
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R26-9. Está mal conectado
  - R26-11. Los contactos de control están sobrecargados
  - R25-12. Falta de refrigerante
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-21. Baja temperatura ambiente
  - R25-20. Un serpentín está inundado de aceite
  - R25-16. Se debe a la ubicación de la unidad
7. Suda mucho o se hiela el tubo de succión
  - R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
  - R26-9. Mal conectado
  - R26-11. Los contactos de control están pegados
  - R25-10. El dispositivo de reducción de presión del refrigerante está averiado o mal ajustado
  - R25-13. Sobrecarga de refrigerante
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
8. El tubo de líquido está demasiado caliente
  - R25-4. Alta diferencia de presiones
  - R25-12. Falta de refrigerante
9. El tubo de líquido suda o se hiela
  - R25-9. Tubo de líquido obstruido o taponado
10. A veces trabaja cuando está apagado
  - R25-19. Hay una fuga en el dispositivo de control del refrigerante
  - R25-22. El motor del compresor está quemado

==== R24-4

## ==== **HOJAS DE MEDICIONES EN SERVICIO**

Prácticamente todos los fabricantes del equipo de refrigeración publican hojas de comprobación diseñadas para dar la información necesaria para determinar la causa del problema que se ha encontrado en sus productos, independientemente del arreglo particular de la instalación. La información que se pide siempre cubre los tres pasos de

transferencia de energía, que son los que se necesitan. Esos pasos son: 1) paso de energía calorífica de la fuente de calor al refrigerante en ebullición; 2) el paso de calor del evaporador al condensador, y 3) la salida de calor del refrigerante al sumidero de calor. Tomando cada paso a la vez, información necesaria sería:

1.
  - a. Temperatura del aire o líquido que entra al evaporador
  - b. Temperatura del aire o líquido que sale del evaporador
  - c. Cantidad de aire o líquido que pasa por el evaporador. Medir esto es muy difícil en el caso de unidades con enfriamiento de aire por convección
2.
  - a. Marca y número de modelo de la unidad
  - b. Número de serie de la unidad
  - c. Capacidad de la unidad, Btu/hr
  - d. Tipo de refrigerante en el sistema
  - e. Voltaje de línea a la unidad apagada
  - f. Voltaje en las terminales común y de marcha del motor del compresor, cuando trata de arrancar
  - g. Corriente de arranque al motor del compresor
  - h. Amperaje al compresor a través de:
    - 1) La terminal común
    - 2) El devanado de marcha
    - 3) El devanado de arranque
  - i. Tipo de dispositivo de reducción de presión
    - 1) Válvula automática de expansión
    - 2) Válvula termostática de expansión
    - 3) Tubo capilar
    - 4) Otros
  - j. Presión (psig) en la succión del compresor y temperatura equivalente de ebullición (°F)
  - k. Temperatura en el tubo de succión
    - 1) A la salida del evaporador
    - 2) A la entrada del compresor
  - l. Presión de descarga del compresor (psig) y equivalente de temperatura de condensación (°F)
  - m. Temperatura del líquido que sale del condensador (°F)
3.
  - a. Temperatura del aire o líquido que entra al condensador (°F)
  - b. Temperatura del aire o líquido que sale del condensador (°F)
  - c. Cantidad de aire o líquido que pasa por el condensador, en pies cúbicos por minuto (pie<sup>3</sup>/min) o galones por minuto (gal/min), respectivamente

Con esta información, se pueden consultar las causas de problemas que se presentan en los capítulos R25 y R26.

## PROBLEMAS

- R24-1.** En el tubo de succión, ¿es normal esperar una caída de presión o de temperatura?
- R24-2.** Para que un condensador enfriado por aire ceda calor a la atmósfera, ¿debe ser la temperatura de condensación mayor o menor que la temperatura ambiente exterior?
- R24-3.** A la diferencia entre la temperatura de condensación y la del aire que entra al condensador se le llama \_\_\_\_\_
- R24-4.** El subenfriamiento en un condensador enfriado por aire, ¿se lleva a cabo en las filas superiores o inferiores del serpentín?
- R24-5.** En general, el subenfriamiento del líquido se presenta en las filas \_\_\_\_\_ últimas del condensador.
- R24-6.** Los problemas en un sistema de refrigeración se clasifican en dos grupos: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_
- R24-7.** Un condensador sucio, ¿producirá diferencia de presiones alta o baja?
- R24-8.** ¿Cuál es la temperatura ambiente mínima a la que trabaja bien una unidad normal enfriada por aire?
- R24-9.** Los problemas en el sistema del refrigerante se pueden deber a dos causas principales: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



600

...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

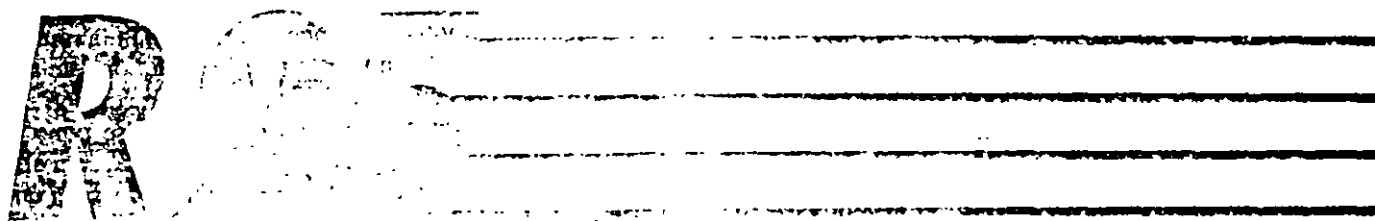
### **TEMA**

#### **R 25 LOCALIZACIÓN DE FALLAS: REFRIGERACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Localización de fallas: refrigeración

## R25-1 GENERALIDADES

Como se ha afirmado varias veces en diversos capítulos, un sistema de refrigeración es un dispositivo que transmite calor de una fuente a un sumidero por vaporización y condensación de un refrigerante. También, el sistema de refrigeración trabaja controlando el punto de ebullición del refrigerante líquido.

Con esto en mente, si la energía calorífica disponible en la fuente de calor es suficiente, el sistema de refrigeración tiene la cantidad correcta de refrigerante, y el radiador o sumidero de calor es capaz de absorber el calor cedido con la rapidez deseada, el sistema tiene que trabajar. Cualquier desviación de esas condiciones se mostrará en las determinaciones de temperatura y presión, al igual que en la corriente eléctrica necesaria para hacer trabajar a la unidad.

En el capítulo R24 se da una lista de varios problemas en los sistemas eléctrico y de refrigeración, junto con soluciones posibles. A continuación presentamos las causas que se sugieren pertenecen al sistema de refrigeración.

- R25-2. Baja presión de succión
- R25-3. Alta presión de succión
- R25-4. Alta diferencia de presiones
- R25-5. Baja diferencia de presiones
- R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
- R25-7. Mala distribución de carga
- R25-8. Distribuidor o circuitos de serpentín obstruidos
- R25-9. Tubo de líquido obstruido o taponado
- R25-10. Dispositivo reductor de presión del refrigerante averiado o mal ajustado
- R25-11. Tubos de refrigerante de poca capacidad
- R25-12. Falta de refrigerante
- R25-13. Sobrecarga de refrigerante

- R25-14. Condensador obstruido
- R25-15. Motor o transmisión del ventilador del condensador averiados
- R25-16. Ubicación de la unidad
- R25-17. Aire en el sistema
- R25-18. Tubo de gas caliente obstruido
- R25-19. Escape en el dispositivo de control del refrigerante
- R25-20. Serpentín inundado de aceite
- R25-21. Baja temperatura ambiente
- R25-22. Motor del compresor quemado
- R25-23. Unidad pequeña, de baja capacidad
- R25-24. Vibración/ruído

## R25-2 BAJA PRESION EN LA SUCCION

La presión de trabajo en la succión de un sistema de refrigeración, sea una unidad de aire acondicionado (alta temperatura), refrigerador (temperatura media), o congelador (baja temperatura), varía entre unos límites de presión que dependen de la carga de calor al evaporador. A su vez, como la carga de calor en el evaporador varía con la cantidad de aire o líquido y/o la temperatura del aire o líquido que entra al evaporador, no es posible establecer una presión de trabajo definida en la succión. Por lo tanto, la presión de trabajo en la succión en un sistema de refrigeración no tiene valor significativo a menos que sea demasiado alta o baja.

Normalmente, las presiones de succión están en lo correspondiente a los límites de punto de ebullición de 35 a 65 °F (2 a 18 °C) en los sistemas de alta temperatura, de -10 a +5 °F (-23 a -15 °C) en los de temperatura media, y -25 a -5 °F (-32 a -21 °C) en los de baja temperatura. Las presiones de succión equivalentes mucho menores a esos

límites indican que el gas no regresa al compresor con la suficiente rapidez con la que lo maneja. En el caso que las presiones en la succión sean demasiado altas, el compresor no maneja al gas tan rápidamente como regresa del evaporador.

Este caso se puede comparar al de llenar un tanque que tiene fugas con una fuente de presión. Si el aire entra al tanque con mayor rapidez con el que sale de él, la presión aumentará. Si el suministro de aire es menor que el que se escapa, la presión disminuirá. En el caso del sistema de refrigeración, el problema es determinar la razón del menor volumen de vapor que regresa al compresor, o la incapacidad del compresor de manejar el vapor del refrigerante.

La eficiencia de un compresor depende de la presión del gas que entra a él (presión de succión) y de la presión de gas que sale (descarga). Esta diferencia de presión se conoce como *diferencial de compresión*. Si la presión de succión baja y/o la de descarga sube, el diferencial de presión aumenta y la eficiencia volumétrica del compresor (capacidad del compresor de manejar el gas) disminuye. A la inversa, si la presión en la succión aumenta y/o la de descarga disminuye, con lo cual se tiene una disminución del diferencial de compresión, aumenta la eficiencia volumétrica de compresión. Esto significa que en un sistema de refrigeración que funciona con normalidad, la cantidad de vapor de refrigerante producida en el evaporador y la eficiencia volumétrica del compresor alcanzan un punto de equilibrio como cuando la cantidad de aire que entra al tanque es igual a la que se escapa, y la presión del tanque permanece constante. Por lo tanto, el punto de equilibrio de la presión en la succión sólo tiene importancia cuando ese punto de equilibrio queda arriba o abajo de los límites normales.

Las causas de baja presión de succión podrían ser las siguientes:

- R25-6 Carga inadecuada para el evaporador
- R25-7 Mala distribución de carga
- R25-8 Distribuidor o circuitos del serpentín taponados
- R25-9 Tubo de líquido obstruido o taponado
- R25-10 Dispositivo de reducción de presión del refrigerante averiado o mal ajustado
- R25-11 Tubo de refrigerante demasiado estrecho
- R25-12 Falta de refrigerante
- R25-20 Serpentin inundado de aceite
- R25-5 Baja diferencia de presiones

===== R25 3

### ===== **ALTA PRESION EN LA SUCCION**

Como se explicó en la sección R25-2, la presión de succión es un equilibrio entre la producción de vapor por el evaporador, al absorber calor y hacer hervir el refrigerante líquido, y el compresor que succiona el vapor y lo descarga a alta presión y caliente en el condensador.

Si por algún motivo el evaporador aumenta la rapidez de evaporación, o el compresor pierde capacidad de manejo de éste, la presión de succión se equilibrará en un valor más alto. Es natural que, cuando un sistema se pone en marcha por primera vez, la presión en la succión será alta por la carga térmica acumulada en el evaporador. Sin embargo, después de un tiempo razonable de funcionamiento, la presión de succión debe bajar a un nivel normal. Si continúa alta, puede ser debido a demasiada rapidez de evaporación en el evaporador, o a reducción en rapidez de bombeo del compresor, o a una combinación de ambas causas.

Una alta rapidez de evaporación en el evaporador puede deberse a:

- R25-6 Carga inadecuada para el evaporador
- R25-10 Dispositivo reductor de presión del refrigerante averiado o mal ajustado
- R25-13 Sobrecarga de refrigerante

La reducción en la rapidez de bombeo del compresor se puede deber a:

- R25-4 Alta diferencia de presiones
- R25-13 Sobrecarga de refrigerante
- R25-14 Condensador inundado
- R25-15 Motor o transmisión del ventilador del condensador averiados
- R25-16 Ubicación de la unidad
- R25-17 Aire en el sistema
- R25-18 Obstrucción en el tubo de gas caliente
- R25-22 Compresor averiado

===== R25 4

### ===== **ALTA DIFERENCIA DE PRESIONES**

La alta diferencia de presiones en la unidad de condensación se origina por la incapacidad del condensador para eliminar el calor del gas comprimido por el compresor tan rápidamente como sale de éste. Como la capacidad del condensador para transmitir calor está determinada por la velocidad de transferencia de cada pulgada cuadrada de superficie de aleta y tubo, la cantidad de aire que pasa por el condensador y la temperatura del aire (temperatura ambiente en la unidad) que entra al condensador, cualquier cambio en esos factores aumenta la capacidad general de transferencia del condensador. A continuación se presentan las causas que afectan uno o más de los factores de transferencia del condensador.

- R25-13 Sobrecarga del refrigerante
- R25-14 Condensador obstruido
- R25-15 Motor o transmisión del ventilador del condensador averiados
- R25-16 Ubicación de la unidad
- R25-17 Aire en el sistema
- R25-18 Tubo de gas caliente obstruido

R25-5

## BAJA DIFERENCIA DE PRESIONES

La baja diferencia de presiones se origina por una rapidez de salida de calor en el condensador mayor que la normal, o por una disminución en la capacidad del condensador para bombear vapor. Siempre que el condensador saque calor del vapor a la velocidad necesaria, la temperatura y presión del condensador permanecerán dentro de los límites deseados.

Si la baja diferencia de presiones se debe a baja rapidez de bombeo del compresor, el problema puede ser:

- R25-2. Baja presión en la succión
- R25-6. Carga inadecuada para el evaporador
- R25-7. Mala distribución de carga
- R25-8. Circuitos de distribuidor o serpentín obstruidos
- R25-9. Tubo de líquido obstruido o taponado
- R25-10. Dispositivo reductor de presión del refrigerante averiado o mal ajustado
- R25-11. Tubo de refrigerante muy estrecho
- R25-12. Falta de refrigerante
- R25-20. Serpentín inundado por aceite
- R25-22. Compresor averiado

Si la baja diferencia de presiones se debe a un aumento de la rapidez de remoción de calor en el condensador, el problema se podría deber a:

- R25-21. Baja temperatura ambiente

R25-6

## CARGA INADECUADA PARA EL EVAPORADOR

La causa más común de baja presión de succión es carga insuficiente en el evaporador.

R25-6 1

Aire

Este problema, cuando el aire es el medio de transferencia, se debe en general a la velocidad del soplador, a alta resistencia al paso del aire en el ducto o en otras partes (mala colocación del producto en el caso de aplicaciones de temperatura media y baja), a filtros de aire sucio, o a un serpentín taponado. La causa principal es filtros de aire sucios. Con frecuencia es una combinación de dos o más de esas causas. Debido al predominio de problemas con filtros de aire obstruidos:

1. Revise y limpie o cambie los filtros de aire antes de seguir haciendo más pruebas. Todas las pruebas de caída de temperatura a través del serpentín, al igual que mediciones de presión de succión se deben hacer con filtros limpios de aire.

2. Revise para asegurarse que los ajustes de las compuertas reguladoras o de control de aire no hayan cambiado. Asegúrese que las rutas de aire no estén obstruidas con producto. Con frecuencia, las personas cambian el sistema de distribución de aire, por falta de conocimientos adecuados, por cerrar las compuertas o controles de aire sin tener en cuenta los resultados posibles.

3. Revise el motor del soplador, y su transmisión en el caso de soplador con transmisión de bandas, para asegurarse que

- a. El motor del soplador esté bien lubricado y trabaje libremente.
- b. El impulsor del soplador esté limpio. Las aspas podrían estar cargadas de polvo y tierra u otra suciedad. Si el rodete está sucio, *lo debe quitar y limpiar por completo*. No trate de cepillarlo, porque un mal trabajo de limpieza sólo provocará desbalanceo en el rotor y tendrá como resultado mucha vibración y ruido. Hasta podría ocasionar la desintegración del rotor.
- c. En sopladores con transmisión de banda, debe lubricar los cojinetes del soplador, para que trabajen libremente.
- d. La banda de impulsión del soplador debe estar en buenas condiciones y bien ajustada (véase figura R25-1). Las bandas cuarteadas o lisas se deben cambiar. El vidriado o lo liso de las bandas se debe a que se hacen trabajar demasiado tensas. El ajuste correcto se conoce porque se puede desviar la banda. A la mitad de la distancia entre las poleas, se debe desviar aproximadamente 1 pulgada por cada 12 pulgadas entre centros de ejes.
- e. La velocidad del soplador es la correcta. Se ajusta midiendo la caída de temperatura del aire al pasar por el evaporador.

En general, las aplicaciones de alta temperatura (aire acondicionado) trabajan con una diferencia de temperaturas de 15 a 25 °F (8 a 14 °C) a través del serpentín, las de

MEDICION DE LA TENSION DE BANDA

COMPROBACION DEL  
ALINEAMIENTO DE POLEAS

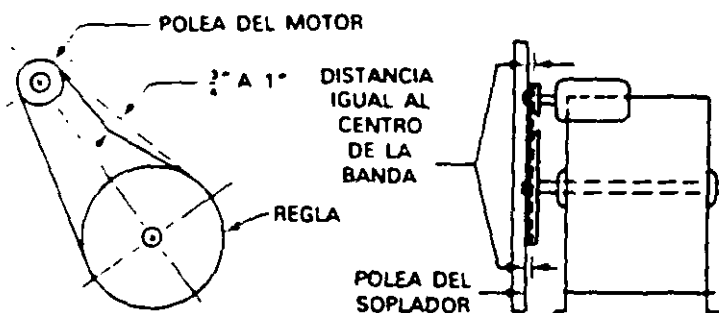


FIGURA R25-1 Ajuste de la transmisión de banda de un soplador



temperatura media de 5 a 15 °F (3 a 8 °C), y las de baja temperatura de 5 a 10 °F (3 a 6 °C).

Debido a la gran variedad de aplicaciones de refrigeración, debe ponerse en contacto con el fabricante del equipo para conocer la  $\Delta T$  adecuada para su equipo en particular. Las aplicaciones del aire acondicionado se describirán con más detalle en la sección correspondiente de este libro

===== R25-6 2  
===== Líquido

Este problema, cuando el líquido es el medio de transferencia de calor, se debe en general a depósitos en las paredes de las partes líquidas del evaporador. Los depósitos pueden ser incrustaciones, si se usa agua, o materiales sedimentados del líquido que se va a enfriar

La mejor manera de determinar si esos depósitos se han acumulado en exceso es determinar la pérdida o caída de presión del líquido que sale del serpentín, comparada con la de entrada. La diferencia es la resistencia al flujo por el serpentín, del circuito del líquido.

La figura R25-2 muestra una heladera inundada con una cabeza desmontable para hacer que los tubos del líquido se puedan alcanzar para limpiarlos con escobillón. Este arreglo se usa en general en unidades de gran tonelaje. En los sistemas más pequeños, para reducir el costo, se usan tubos en un evaporador tipo tubular. Estos cambiadores de calor se conocen como tipo coaxial. Debido a la configuración de los tubos en esta unidad, el único método del que se dispone es la limpieza química. Hay muchos tipos de sustancias limpiadoras disponibles, y se deben seguir fielmente los métodos recomendados por el fabricante del producto químico

===== R25 7  
===== **MALA DISTRIBUCION DE LA CARGA**  
===== R25-7 1  
===== Aire

Cuando el serpentín enfria al aire, es muy importante que cada vuelta del serpentín reciba cantidades iguales de carga de enfriamiento (pies cúbicos de aire por minuto) para manejar su contribución proporcional de la carga de enfriamiento. Si no se tiene un equilibrio adecuado del aire en el serpentín, se reducen la capacidad y eficiencia de este. Sin embargo, las consecuencias de este desequilibrio son distintas si el dispositivo de reducción de presión es una válvula termostática de expansión, o si son tubos capilares múltiples.

**Válvula termostática de expansión:** En serpentines de muchos circuitos con una válvula termostática de expansión, los tubos distribuidor y alimentador dividen el flujo de refrigerante que viene de la válvula de expansión por



FIGURA R25-2 Enfriador de agua inundado (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

igual a través de todos los circuitos. La figura R25-3 muestra un serpentín plano montado en posición vertical para tener un flujo horizontal de aire a través de él. El serpentín tiene cuatro circuitos alimentados por la válvula termostática de expansión y el distribuidor. Por lo tanto, cada circuito, que consiste en un cuarto de sección horizontal del serpentín, debe recibir la misma cantidad de aire (un cuarto del total) para evaporar al refrigerante que pasa por el circuito y evitar paso de líquido

El caso en el que existe el mayor potencial de desbalanceo es cuando el aire debe hacer un cambio de dirección de 90° antes de entrar al serpentín. Cuando el aire da a una esquina, la fuerza centrífuga que se produce al cambiar el aire de dirección origina que el aire se comprima en el radio exterior de la curva. Como resultado de ello, las

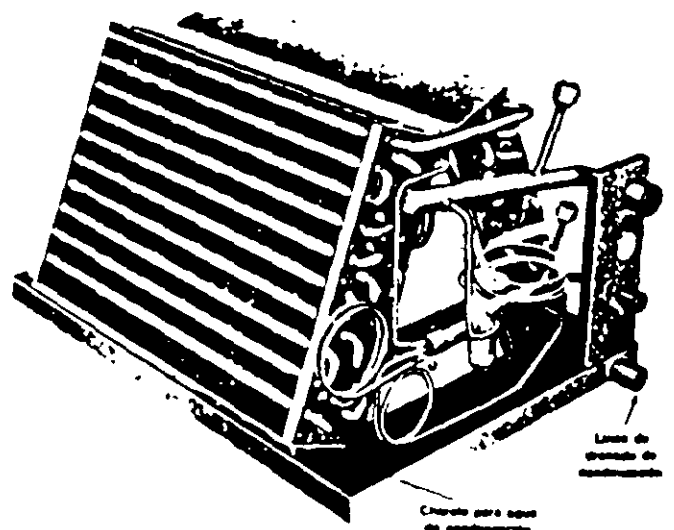


FIGURA R25-3 Serpentín con válvula termostática de expansión (Cortesía de Borg-Warner Central Environment Systems, Inc.)

partes del serpentín en la orilla exterior de la vuelta reciben más aire que las de la parte interna.

Como las secciones reciben cantidades iguales de refrigerante, el refrigerante líquido en las secciones del serpentín que quedan más cerca de la parte interna del cambio de dirección del aire no se evaporarán por completo. El refrigerante saldrá del serpentín en estado líquido y enfriará al gas que sale de todo el conjunto del serpentín a una temperatura menor que la normal. Esta menor temperatura del gas provocará que la válvula termostática de expansión cierre de acuerdo a las necesidades de las secciones que tengan la carga menor y por lo tanto robará refrigerante necesario para manejar la carga al resto de las secciones del serpentín. La capacidad y la eficiencia de todo el serpentín se reducen mucho, la presión en la succión se equilibrará a un valor inferior al normal, y la capacidad general del sistema se reducirá.

**Tubos capilares:** En serpentines que usan tubos capilares, la carga desbalanceada de los circuitos del serpentín hará que pase líquido y posiblemente regrese al compresor, con las consecuencias de manejo de líquido y falla del compresor. La figura R25-4 muestra un serpentín tipo A con seis tubos capilares, cada uno alimentando a un circuito separado. Como la resistencia al flujo de cada circuito es igual a la de los demás, cada circuito recibe una cantidad igual de refrigerante. En el caso del serpentín de la figura R25-4, a cada circuito va la sexta parte del total.

Si cualquiera de los circuitos no recibe carga suficiente para hacer que hierva el refrigerante en el serpentín, todo líquido que queda al final del circuito saldrá del serpentín, entrará al tubo de succión y correrá por él hasta haber adquirido el suficiente calor como para terminar el proceso de ebullición. Cuando los tubos de succión están aislados, en general el calor disponible no es suficiente para evitar

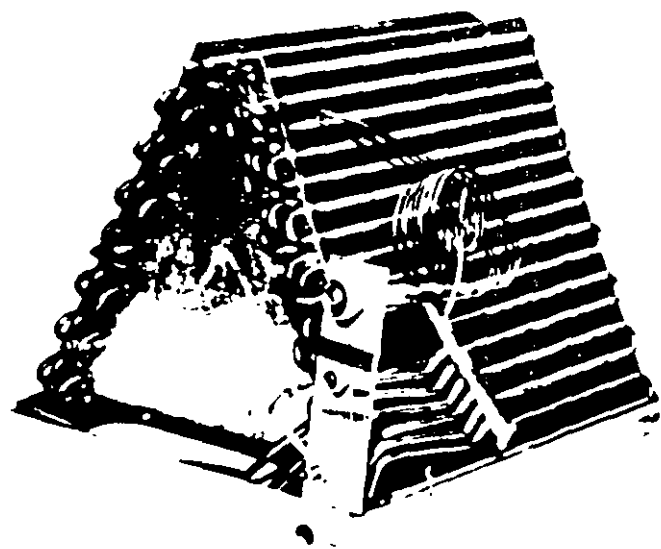


FIGURA R25-4 Serpentín con tubos capilares (Cortesía de Addison Products)

que entre refrigerante líquido al compresor, y posiblemente lo dañe.

Independientemente del dispositivo de reducción de presión que se use, se debe revisar el serpentín para estar seguro que la caída de temperatura del aire a través de cada sección transversal del circuito sea aproximadamente igual y que el aumento de temperatura del refrigerante (sobrecalentamiento) en cada circuito sea el mismo.

A veces es necesario instalar mamparas desviadoras o compuertas divisoras para asegurar la distribución necesaria de aire. Siempre se instalan en el lado de entrada del serpentín. Nunca es problema la distribución del aire que sale del mismo, desde el punto de vista de la eficiencia de éste.

==== R25-7.2  
==== Líquido  
====

La descripción anterior sobre el desbalance de aire también se aplica a los serpentines de enfriamiento con líquido. Las cargas desbalanceadas rara vez son problema, a menos que algún mecánico de mantenimiento haya cambiado las empaquetaduras de los espejos por una inadecuada, o haya instalado mal la empaquetadura provocando desviaciones en el paso del líquido entre los circuitos. Desafortunadamente, en el caso de los enfriadores de agua, esta carga desbalanceada no sólo aparece como una baja presión de succión, sino que en general origina congelación del agua en el serpentín, con los daños resultantes a los tubos, y fugas de éstos. El secar el circuito de refrigerante en una heladera de agua de 150 ton por haberse llenado de agua a causa de congelamiento por empaquetadura de cabezal mal instalada, es una tarea tardada y cara.

==== R25-8  
==== **CIRCUITOS TAPONADOS EN EL**  
==== **DISTRIBUIDOR O EL SERPENTIN**  
====

Otra causa de baja presión de succión, en especial en instalaciones nuevas, es la obstrucción de la conexión, los tubos alimentadores del serpentín, o tubos capilares. Esto produce las mismas reacciones que una mala distribución de aire por el serpentín, porque éste no puede producir vapor de refrigerante con la suficiente rapidez como para mantener la presión de succión entre los límites correctos.

Los resultados de las pruebas de la temperatura del aire que sale serán los mismos que cuando la caída de temperatura del aire a través de la sección del serpentín son incorrectos, excepto que la temperatura del gas que sale de la sección será considerablemente mayor que en el resto del serpentín, y la caída de temperatura del aire a través de la sección del serpentín será muy baja. El resultado es que el compresor tiene más capacidad de manejar vapor que la que tiene el serpentín de producir vapor, y el sistema trabaja a una capacidad total menor y a una presión de succión menor que la normal.

La reparación de serpentines con obstrucciones es un procedimiento puramente mecánico. Sin embargo, nunca se debe llevar a cabo el proceso de cortar y sacar tubos del serpentín, o sacarlos de circulación, o cortar tramos de tubos alimentadores del circuito, o de tubos capilares para circunvalar o eliminar el tapón. Es mejor cambiar el serpentín si el bloque no se puede quitar. El circunvalar tubos de serpentín o acortar tubos alimentadores provoca un desbalanceo en la capacidad de las secciones del serpentín, y ocasiona menor capacidad del serpentín y del sistema. Si se acorta la longitud de los tubos capilares tan sólo se reducirá la caída de presión a través del tubo, se elevará la presión de trabajo del serpentín, se reducirá la diferencia de temperaturas entre el refrigerante y la carga, y se reducirá la capacidad del serpentín. También se puede provocar abundante paso de líquido al compresor, y daños al sistema. Los tubos capilares taponados se deben cambiar por otros de igual diámetro y longitud para mantener la eficiencia de diseño del sistema.

===== R25-9

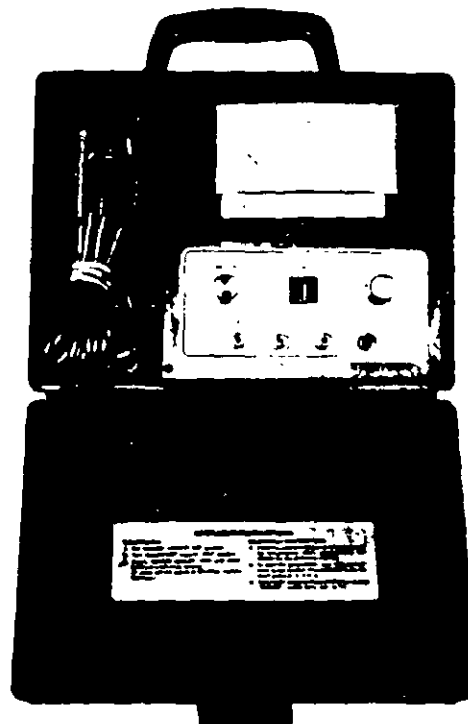
===== **TUBO DE LIQUIDO OBSTRUIDO  
O TAPONADO**

Para que el evaporador produzca suficiente vapor de refrigerante para satisfacer la capacidad del compresor a un punto de equilibrio normal de presión de succión, el serpentín debe recibir un flujo de refrigerante líquido sin estorbos. Esto quiere decir que el tubo de líquido debe estar libre de estorbos desde el punto de salida del condensador, pasando por el recibidor, en caso de que lo haya, a través de secador, mirilla, control de refrigerante (como por ejemplo válvula solenoide del tubo de líquido), y tubo de líquido, para pasar por el dispositivo reductor de presión y a la entrada del serpentín. Los estorbos o taponamientos que haya, si son lo suficientemente serios como para afectar la operación, en general producirán suficiente caída de presión como para provocar una reducción del punto de ebullición del líquido hasta un nivel en el que se efectúa la evaporación del refrigerante. Esto producirá una caída de temperatura que se puede sentir a ambos lados de la restricción, mediante termómetros de superficie.

La figura R25-5 muestra un termómetro de cuatro canales y dos rangos no terminales, que se puede usar para este fin. Se debe usar un termómetro sensible y exacto. Los dedos o la mano no son lo bastante sensibles.

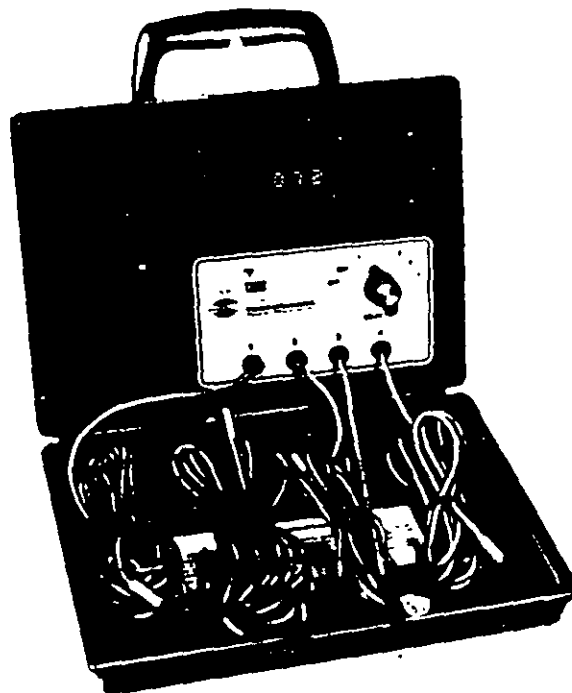
La figura R25-6 muestra la versión digital del mismo instrumento, que es más fácil de leer y es más exacta. Instrumentos como éstos son parte esencial del equipo de pruebas del técnico.

Cuando se crea que hay mucha caída de presión en el tubo del líquido, pero no se tengan resultados con los métodos normales de detección, podría necesitarse instalar un manómetro para indicar la presión real del líquido en este punto. Esta presión nunca debe ser menor que 10



**FIGURA R25-5** Termómetro Robinair modelo 14840.  
(Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation.)

psig menos que la de descarga del compresor. Si se encuentra una presión menor que lo que se dijo, se debe llevar cabo una búsqueda sistemática del tubo. Hay excepción a esta regla cuando el fabricante, en especial cuando se us



**FIGURA R25-6** Termómetro Robinair modelo 14820.  
(Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation.)

tubos capilares o restrictores del tubo de líquido, usa tubos estrechos para el líquido como parte de la función de reducción de presión. En esos casos, el diámetro del tubo de líquido y su longitud no deben cambiarse (véase sección R13-4).

R25-10

### **DISPOSITIVO DE REDUCCION DE PRESION DE REFRIGERANTE AVERIADO O MAL AJUSTADO**

R25-10.1

#### **Válvula termostática de expansión**

El funcionamiento de la válvula termostática de expansión se describe en la sección R10-4. Estas válvulas, embarcadas con las unidades, se ajustan en fábrica y nunca debe cambiarse el ajuste, excepto después de una medición exacta del sobrecalentamiento.

Como la válvula termostática de expansión trabaja para mantener un sobrecalentamiento constante del gas que pasa por el serpentín, si se cambia el ajuste de la válvula sólo se inunda el serpentín, si se abre la válvula, o bien se reduce la capacidad del serpentín si se cierra la válvula. Por lo tanto, compruebe primero las demás posibilidades de problema antes de ajustar o cambiar la válvula. Aun si se han agotado las demás posibilidades, desarme y limpie el cuerpo de la válvula y el colador de entrada antes de hacerle cualquier ajuste.

Es posible que la válvula se pegue en una posición casi cerrada, en posición completamente cerrada o en posición completamente abierta. A veces, lo que estorba el flujo de refrigerante líquido por la válvula, o lo tapona hacia el evaporador, es polvo, soldadura o cualquier otro material resultante de prácticas incorrectas de instalación, o bien humedad causada por mala evacuación. En ese caso, si la unidad tiene un control de baja presión, el compresor se encenderá y apagará con frecuencia, cuando la válvula de expansión está parcialmente taponada y no entra el líquido suficiente al evaporador.

Cuando la válvula de expansión se tapa por completo, el compresor hace que baje la presión en el evaporador, hasta llegar al punto de corte del control de baja presión, con lo cual se para el compresor. Si no hay interruptor de control de baja presión en el sistema, el compresor continuará trabajando sin hacer función útil hasta que se sobrecalientan los devanados del motor (debido a la falta de vapor para enfriamiento) y se dispara la protección por sobrecalentamiento. La única falla real que puede presentarse en una válvula termostática de expansión es la pérdida de carga en el elemento de accionamiento. Esta pérdida de presión sobre el diafragma de la válvula permitirá que el resorte interno empuje la aguja a su asiento y cierre la válvula. A continuación el sistema será el mismo que cuando se tiene una válvula taponada. Para ajustar el sobrecalentamiento de las válvulas, véase la sección R10-5.

R25-10.2

#### **Tubos capilares**

Los tubos capilares tan sólo son tubos de líquido de pequeño diámetro, con resistencia al flujo de refrigerante líquido suficiente como para producir la caída de presión y caída en el punto de ebullición necesaria para obtener los resultados deseados. Como la resistencia del tubo capilar queda determinada por su diámetro interior, el único problema que se puede encontrar sería el taponamiento. Debido al pequeño diámetro interior del capilar, es muy difícil limpiarlo y se recomienda remplazarlo por completo. Para mejores resultados, el tubo de remplazo debe tener la misma longitud y el mismo diámetro interior (véase sección R10-7.2).

R25-11

### **TUBOS DEL REFRIGERANTE DEMASIADO ESTRECHOS**

R25-11.1

#### **Tubo de succión**

Aun cuando el evaporador pueda producir el vapor de refrigerante suficiente como para satisfacer la capacidad del compresor dentro de los límites normales de presión de succión, si el tubo de succión es demasiado estrecho y tiene mucha resistencia al flujo, la presión de succión medida en la conexión de válvula de servicio en la succión será baja. Esto también quiere decir que hay bajas eficiencias de compresor, mayores temperaturas de trabajo en el evaporador, etc., con la reducción consecuente en la eficiencia del sistema. Es una obligación tener el dimensionamiento adecuado del tubo de succión. Para dimensionarlo, véase la sección R13-5.

R25-11.2

#### **Tubo de líquido**

También hay la posibilidad que el tubo de líquido no conduzca el refrigerante suficiente para satisfacer las necesidades del evaporador, no debido a estorbos, como se explicó en la sección R25-2.4, sino a que el tubo sea estrecho. En el tubo de líquido, también es muy importante dimensionarlo para tener mínima caída de presión. Véase la sección R13-7 para mayores detalles acerca del dimensionamiento correcto.

R25-12

### **FALTA DE REFRIGERANTE**

La causa más común de falla del sistema y de llamadas solicitando servicio es la pérdida del refrigerante del sistema. Los sistemas de fábrica están probados a presión, hasta 250 o 300 psig, y probados contra fugas con detectores

electrónicos de fugas capaces de indicar fugas de  $\frac{1}{2}$  onza de refrigerante por año. A su vez, la parte del sistema instalada en campo se debe revisar del mismo modo.

Si en determinado momento se encuentra que al sistema le falta refrigerante, se debe encontrar y reparar la fuga, y evacuar el sistema para recargarlo. Cuando se buscan fugas, revise todas las superficies de cada parte del sistema de refrigeración. Esto comprende todos los tubos del evaporador y condensador, todas las uniones de fábrica o de campo, todos los tramos de tubo, todas las conexiones y también las terminales eléctricas del compresor y las uniones soldadas del mismo.

Se sabe de casos en que pijas de lámina perforan tramos de tubo, cambios de dirección de serpentines, etc; hay niños que perforan los tubos de condensador con clavos, alambres, etc. *Nunca suponga que una parte del sistema sea hermética, aun cuando esté armada o instalada en fábrica.* Las instrucciones de evacuación y carga del sistema vienen en las secciones R22-6 a R22-13.

Cuando se evapora el refrigerante líquido, el espacio que ocupa aumenta muchas veces. Por ejemplo, una pulgada cúbica de R-22 líquido se expande hasta 52 pulg<sup>3</sup> de vapor, y si es R-12, a 68 pulg<sup>3</sup>. Por lo tanto, cualquier cantidad de vapor de R-22 que entre al evaporador (no que se produzca en él), reduce el efecto de refrigeración 52 multiplicado por la cantidad del vapor que entra. Si se forma 1 pulg<sup>3</sup> de vapor en el tubo del líquido, o entra al tubo de líquido proveniente del condensador debido a que la carga de refrigerante sea baja, este vapor toma el lugar del líquido necesario para producir 52 pulg<sup>3</sup> de vapor en el evaporador. Junto con la reducción que produce el vapor, la capacidad de enfriamiento del serpentín también se reduce, por la pérdida de capacidad de líquido para absorber el calor necesario. Así, es muy importante que siempre haya el refrigerante suficiente en el sistema, para dar la plena capacidad del serpentín de enfriamiento.

===== R25-12 1  
===== **Determinación de la cantidad de refrigerante**

La cantidad de refrigerante en el sistema para tener el funcionamiento correcto depende del tipo de dispositivo de reducción de presión que se use, y de si se tiene recibidor.

**Sistemas con recibidor:** En sistemas que tienen recibidores, como por ejemplo uno con válvula de expansión, y flotador del lado de baja o dispositivos de control de nivel de líquido, la cantidad de refrigerante cargado no es tan crítica mientras haya suficiente líquido en el recibidor como para mantener un sello en el tubo de salida del mismo. La medición de la carga adecuada en este sistema sería de un tercio a la mitad de la altura del recibidor, cuando el sistema trabaja a capacidad máxima. Al disminuir la carga, el refrigerante que sobra se almacena en el recibidor y hace que la altura del líquido sea de la mitad a tres cuartas partes de la del recibidor. Sólo es necesario agre-

gar el refrigerante suficiente como para obtener una altura adecuada de líquido.

**Sistemas sin recibidor:** Los sistemas sin recibidor dependen de que los tubos inferiores del condensador funcionen como almacenamiento del refrigerante que sobra cuando el sistema tiene baja carga. Por lo tanto, la cantidad de refrigerante cargado al sistema es mucho más crítica que si se usa recibidor. Cuando se carguen esos sistemas, la carga correcta producirá el subenfriamiento correcto del líquido antes de salir del condensador. Para aplicaciones de temperaturas baja y media en las que la carga es bastante constante, un subenfriamiento de 10 a 12 °F (6 a 7 °C) producirá, en general, las mejores capacidades y eficiencias. Las unidades de aire acondicionado, debido a la mayor variación de la carga, trabajan en general a entre 10 y 20 °F (6 a 13 °C) de subenfriamiento. Se deben llevar a cabo mediciones de subenfriamiento entre los límites normales de temperatura ambiente exterior de 65 °F (18 °C) como mínimo y 115 °F (46 °C) como máximo.

Estas indicaciones de subenfriamiento significan en general que los dos tubos del fondo del condensador contienen líquido y están a menor temperatura que el resto de la superficie del condensador. Tan sólo se encuentran a o cerca de la norma para las condiciones de diseño; por lo tanto, no es una medición exacta de la cantidad de líquido en el sistema. Puede ser una comprobación aproximada, porque si la variación de temperatura entre el refrigerante que se condensa y el líquido está mucho más arriba que los dos o tres tubos de la parte inferior, la unidad definitiva tiene sobrecarga. Si no se siente variación de temperatura en los tubos inferiores, a la unidad le falta refrigerante. En cualquier caso, se deben fijar manómetros y termómetros, y se deben hacer mediciones para determinar las condiciones que existen.

===== R25-12 2  
===== **Carga de refrigerante al sistema**

**Sistemas con recibidor:** ¿Se debe evacuar el sistema, y recargar, o tan sólo se debe agregar refrigerante hasta que se tenga el nivel correcto en el recibidor? La respuesta a lo anterior es: ¿Hay algo de refrigerante líquido en el sistema o tan sólo hay vapor de refrigerante?

Para comprobarlo rápidamente se emplea un psicrómetro de onda para determinar la temperatura ambiente en la unidad de condensación estando apagada la unidad durante un período lo suficientemente largo como para igualar la temperatura de la unidad y la ambiente. Cuando la temperatura de la unidad sea la ambiente, la presión en el sistema inactivo debe ser igual a la presión equivalente de saturación para el tipo de refrigerante del sistema. Si la presión es menor que este equivalente, el sistema sólo tiene vapor y se debe evacuar y cargar comenzando con alto vacío. Si la presión es mayor que la de saturación, el sistema podría tener aire u otros gases no condensables. De no ser así, el sistema se debe evacuar y cargar en este caso, como se indica en el capítulo 25.

con alto vacío. Para informes de los métodos adecuados de evacuación, consulte el capítulo R23.

**Sistemas sin receptor:** Los sistemas que no tienen receptor se deben cargar en forma precisa, con error máximo de 110 gramos (4 onzas) de refrigerante si tienen válvulas termostáticas de expansión, y 15 gramos ( $\frac{1}{2}$  onza) si tienen tubos capilares. En todo caso, debido a que el peso del refrigerante en el sistema no se conoce, lo mejor es evacuarlo y comenzar a cargar partiendo de alto vacío. Los métodos de evacuación y carga se presentan en las secciones R22-6 a R22-13.

La figura R25-7 muestra una unidad electrónica de carga con lectura digital que permite cargar una unidad con una exactitud de 15 g ( $\frac{1}{2}$  onza) respecto al valor correcto. Se recomienda mucho el empleo de un medidor como éste para alcanzar la mejor eficiencia de la unidad, con el menor costo de operación y la vida más larga del sistema

R25-13

### **SOBRECARGA DE REFRIGERANTE**

Una sobrecarga del refrigerante en el sistema provocará síntomas iguales a los de un condensador tapado, avería en el motor o transmisión del ventilador, o aire en el sistema. La razón de la mayor diferencia de presiones se debe a que el refrigerante líquido ocupa un mayor porcentaje de los tubos del condensador, reduciendo la capacidad de transmisión de calor del condensador. Como resultado de ello, la cantidad de subenfriamiento del refrigerante líquido que sale del condensador será mayor que lo normal. Lo único que puede elevar la cantidad de subenfriamiento es dema-

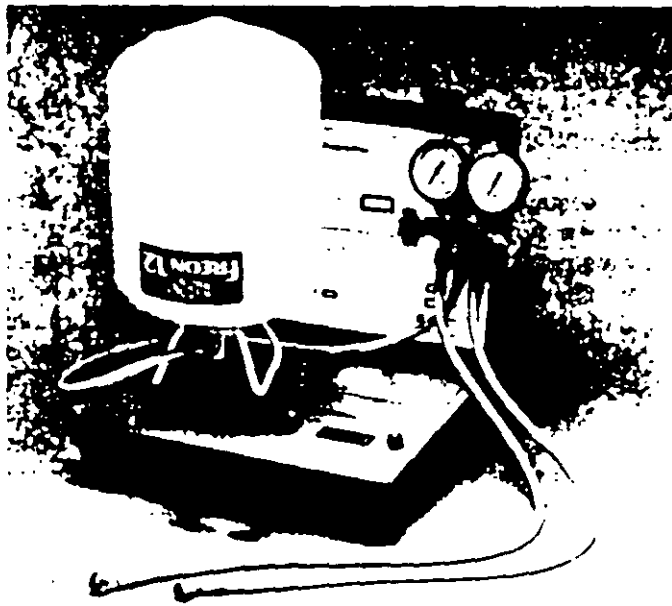


FIGURA R25-7 Medidor electrónico de carga (Cortesía de TIF Instruments, Inc.)

siado refrigerante en el sistema. *El subenfriamiento sólo se afecta por la cantidad de líquido en el condensador.* Esta puede deberse a estorbos al flujo en el tubo de líquido (véase sección R25-9), o a una sobrecarga de refrigerante en el sistema. Si la causa es sobrecarga, los demás síntomas dependerán del tipo de sistema.

R25-13.1

### **Sistemas con válvula termostática de expansión**

La válvula termostática de expansión se diseña para limitar el flujo de refrigerante al evaporador, de acuerdo con las necesidades de carga de éste. Por lo tanto, la cantidad total de refrigerante en el sistema no afectará la acción de la válvula termostática de expansión, a menos que al sistema le falte refrigerante, o esté tan sobrecargado que la diferencia de presiones sea demasiado alta.

También, como la válvula termostática de expansión cierra durante el ciclo de apagado, cualquier exceso de refrigerante en el sistema permanecerá en el condensador y en el receptor, si se usa.

R25-13.2

### **Sistemas de tubo capilar**

El tubo capilar que se usa en este tipo de sistema pasa refrigerante líquido en función de la caída de presión a través del capilar. Por lo tanto, si la presión del líquido que entra al tubo aumenta por cualquier motivo, la capacidad de flujo aumenta. Esto hará que la cantidad de refrigerante en el serpentín sea mayor que la normal. Si el sistema tiene carga correcta, sólo hay el refrigerante suficiente como para llenar el serpentín, y como resultado sólo se tendrá un aumento en la temperatura de operación de éste. Sin embargo, si el sistema se sobrecarga, el refrigerante llenará el evaporador y saldrá de él, y posiblemente llegue al compresor en estado líquido. Esto reduce la capacidad del sistema a causa del vapor formado por el calor absorbido en otro lugar que no es el evaporador. Si regresa suficiente refrigerante líquido al compresor, se le puede acabar el aceite o éste puede pasar a los cilindros y provocar golpes de líquido y daños.

En la parte apagada del ciclo, el tubo capilar continúa pasando refrigerante hasta que se equilibran las presiones en el sistema. Esto quiere decir que pasará un exceso de refrigerante a la salida del serpentín, por el tubo de succión, y llegará al compresor. En este caso el refrigerante hace que flote el aceite y se asienta en la parte inferior del compresor. Si hay suficiente refrigerante en el sistema para hacer flotar al aceite arriba de la entrada a la bomba de aceite del conjunto del compresor, la bomba succionará refrigerante líquido en lugar de aceite. Como el refrigerante líquido es un solvente excelente y no tiene propiedades lubricantes, lava todo el aceite de la bomba, los tubos del mismo, y las superficies de cojinetes. El compresor se echa a perder con rapidez debido a esta falta de lubricación.

También, al bajar la presión en el compresor sobre el nivel del aceite, el refrigerante líquido se evapora debido a la disminución del punto de ebullición, por debajo de la temperatura del aceite. El vapor de refrigerante pasa a través del aceite, provocando espuma. Esta espuma llena la caja del compresor, entra a continuación a la succión de los cilindros (los conjuntos de motor y compresor de alta eficiencia no tienen separadores de aceite sobre el eje del motor), y a los cilindros mismos. La presión hidrostática que resulta cuando los pistones del compresor tratan de comprimir el aceite provoca ruptura de válvulas, ruptura de biela o de placa de válvulas, etc. Esto se nota siempre por demasiado ruido de golpes de líquido, y vibración.

Por lo tanto, en sistemas de tubo capilar, la carga de refrigerante es muy crítica. Si hay duda acerca de la carga correcta del sistema, descárguelo y evacúelo totalmente, y vuélvalo a cargar con la cantidad que aparezca en la placa de la unidad. No es posible medir con exactitud la cantidad de carga, y agregar refrigerante hasta la cantidad correcta. Evacúe y comience de nuevo.

#### **R25-14** **CONDENSADOR OBSTRUIDO**

Si el radiador de un automóvil se tapa con insectos, hojas, pasto, tierra u otros materiales, el motor se sobrecalienta. Igualmente, si el condensador del refrigerador o la unidad de aire acondicionado se tapa con insectos, hojas, pasto u otros materiales, la capacidad de transmisión de calor del condensador se reduce, aumenta la diferencia de presiones, el consumo de corriente sube, etc., hasta que la unidad se sobrecalienta lo suficiente como para pararse por sobrecarga, o por acción del control de alta presión. Como la obstrucción del condensador es gradual, es posible que la unidad trabaje sobrecargada sin que entre el corte por alta presión durante cierto tiempo. Con ello se puede incurrir en alto costo de operación, al igual que en problemas eléctricos relacionados al sobrecalentamiento de las partes eléctricas. Las unidades de refrigeración y aire acondicionado deben limpiarse escrupulosamente al inicio de cada estación de funcionamiento al máximo, que generalmente es en la primavera, antes de comenzar la estación cálida.

En el caso de las bombas térmicas, el "serpentin exterior" (condensador) debe limpiarse al inicio de la estación de enfriamiento (la primavera), *pero se debe limpiar al inicio de la estación de calefacción* (el otoño). A causa de las menores temperaturas del aire que pasa por el serpentin exterior, cuando es el evaporador durante el ciclo de calefacción, es importante mantener la capacidad del serpentin tan alto como sea posible. En general, el condensador se puede limpiar con cepillo de cerdas rígidas, o con una escoba. Se puede usar un escobillón rígido redondo con asa de alambre, como los de limpieza de botellas con la cabeza doblada a un ángulo de 90°, con varvenes verticales entre las aletas. *Tenga cuidado de no doblar las aletas*

Las capas gruesas de tierra y polvo se pueden quitar humedeciendo el condensador con una solución concentra-

da de detergente para lavavajillas, o con limpiadores comerciales de serpentín, y lavando con una manguera de jardín. Siempre enjuague en dirección opuesta a la del flujo de aire a través del condensador. Los limpiadores de aspersión a presión también se pueden emplear. La limpieza periódica es un procedimiento sencillo. Si se deja de hacer puede llegar a dificultarse y a ser costosa, y en casos extremos se necesitará cambiar el condensador.

#### **R25-15** **MOTOR O LA TRANSMISION DEL VENTILADOR DEL CONDENSADOR AVERIADOS**

##### **R25-15.1** **Ventiladores con transmisión de banda**

Una gran resistencia, o atoramiento del motor del ventilador del condensador, o cualquier otro problema eléctrico que desacelere al motor, una banda en mal estado, una banda demasiado tensa (véase R25-6.1), o cojinetes del soplador que resistan o se atoren también provocarán una alta diferencia de presiones. Cualquier resistencia, atoramiento o amarramiento que reduzca la velocidad del soplador hará disminuir drásticamente la cantidad de aire que pasa por el condensador, reducirá la eficiencia de éste, y elevará la diferencia de presiones

##### **R25-15.2** **Ventiladores tipo hélice para condensador**

La cantidad de aire que pasa por el condensador en las unidades con ventilador tipo hélice se ajusta en fábrica y no se puede cambiar en el campo. Como un aumento de resistencia al flujo de aire por el ventilador reduce seriamente la cantidad de aire entregada por ese tipo de ventilador, no es posible agregar resistencia al circuito de aire por el condensador. No se permite ducto en el lado de entrada o salida de una unidad, a excepción de los paquetes diseñados en fábrica, en donde se tienen en cuenta las condiciones.

La entrada desbalanceada del aire al condensador puede provocar una avería seria del ventilador. En los condensadores grandes enfriados por aire, donde entra aire por extremos opuestos y se descarga por la parte superior de la unidad, el instalar la unidad junto a la construcción, o junto a cualquier superficie vertical reduce la cantidad de aire que pasa por un lado de ella. Esa reducción originará desequilibrio de presión a la entrada del ventilador, flexionando mucho las aspas de éste, y una alta frecuencia de ruptura de aspas. Las aspas salen despedidas a través de los condensadores y salen por la parte superior de las unidades, poniendo en peligro a personas y bienes.

También existe la posibilidad de reducción de cantidad de aire a través del condensador por una desaceleración del motor del ventilador de hélice. Una lubricación incorrecta del motor, o una resistencia o atoramiento mecánica

motor son las causas más comunes de esta reducción de velocidad del ventilador.

Mida el amperaje del motor del ventilador. Esta cantidad debe aparecer en la placa de la unidad. Si la corriente es mayor que la de placa se debe revisar la unidad. Si el motor del ventilador del condensador es del tipo de capacitor dividido permanente (o sea, tiene un capacitor de marcha en el circuito del devanado de arranque), revise ese capacitor antes de hacer cualquier cosa en el motor. Si el capacitor está en corto, el motor trabajará a menor velocidad y tomará demasiada corriente. En general, el flujo grande de corriente es suficiente como para hacer que el motor encienda y apague por accionar el corte por sobrecarga con restablecimiento automático. Si el capacitor está abierto, el motor podrá arrancar y trabajar en cualquier dirección. Si el viento hace que el ventilador gire en sentido contrario, continuará trabajando en esa dirección.

Una prueba rápida del capacitor es tener apagada la unidad, y hacer girar el ventilador en sentido contrario. Al estar girando así, pone en marcha la unidad. El ventilador debe detenerse, invertir su movimiento y ponerse a girar. Si continúa trabajando en dirección contraria, el capacitor está abierto o mal conectado.

La mayor parte de los motores de ventilador de hélice emplean cojinetes lubricados en forma semipermanente. No se necesita aceitarlos durante los primeros 2 años. Después de ese período, se agrega al motor  $\frac{1}{2}$  cucharadita de aceite marino N° 10, de aceite especial para motores eléctricos, o aceite mineral puro, no más de una vez al año. No use aceites con aditivos contra oxidación, como por ejemplo el Tres en Uno, el Finol, o los aceites automotrices. Todos los aceites automotrices contienen detergentes, jabones y otros aditivos.

=====  
=====  
=====  
=====  
R25-16

### **UBICACION DE LA UNIDAD**

Es muy importante la ubicación de una unidad de condensación enfriada por aire, o la sección del lado de alta de una unidad paquete desde el punto de vista de operación. Se puede comparar al condensador con el radiador de un automóvil. Ambos están diseñados para transmitir calor al aire que pase por las aletas. El hacer trabajar un automóvil con una obstrucción frente al radiador hará que se sobrecaliente el motor; esta obstrucción puede ser tan sólo hacer trabajar el motor en vacío cuando la defensa delantera topa con la pared de la cochera. Si se hace trabajar en vacío el motor con el automóvil estacionado de tal modo que tenga un viento intenso de cola hará que se sobrecaliente; el viento soplará al aire caliente que se descarga bajo la parte trasera del automóvil hacia adelante, y lo mezclará con el aire que va al radiador.

El mismo principio que gobierna el funcionamiento del radiador de un automóvil se aplica al condensador. Nunca ubique la unidad de condensación donde los vientos dominantes hagan que el aire de la descarga vaya hacia la entrada de la unidad. También, cuando entre la descarga de una

segunda unidad a la entrada de la primera, el aire de la segunda unidad, a mayor temperatura, hará que se sobrecaliente la primera unidad.

Nunca instale una unidad de condensación donde pueda quedar atrapado el aire de descarga, como por ejemplo cuando se descarga el aire hacia el rincón de una construcción, o colocando la unidad en un cajón, o entre construcciones adyacentes con menos de 3 metros de distancia entre ellas. Aleje de la unidad arbustos o plantas decorativas. Se ven muy bonitos, pero desde el punto de vista de operación y mantenimiento son muy costosos.

=====  
=====  
=====  
=====  
R25-17

### **AIRE EN EL SISTEMA**

Una causa normal de alta diferencia de presiones es que haya aire u otros gases no condensables en el sistema. Un mal trabajo de evacuación, al tratar de sacar la humedad, o tan sólo la purga del sistema para sacar la humedad, pueden ocasionar que quede aire en el sistema. También, si se usan nitrógeno o dióxido de carbono secos como auxiliares para pruebas de presión, esos gases no condensables se acumularán en el condensador. Como ocupan espacio en el condensador, es necesario que el refrigerante del sistema se comprima más para ocupar el espacio que quedó. Esto ocasiona la necesidad que el compresor aumente la diferencia de presiones para llevar a cabo la transmisión necesaria de calor. También, cuando los gases no condensables ocupan parte del espacio del condensador, dicho espacio no cuenta como superficie efectiva de transmisión de calor en el condensador. Esto hace que la parte restante del condensador desarrolle una mayor  $\Delta T$  entre el vapor del refrigerante y el radiador de calor, con lo que se tienen mayores diferencias de presión. Si existen gases no condensables en el sistema, es necesario purgarlos para reducir la diferencia de presiones de operación.

=====  
=====  
=====  
=====  
R25-17.1

### **Sistemas de válvula termostática de expansión**

Para determinar si hay no condensables en el sistema:

1. Apague la unidad de condensación.
2. Conecte un puente que salte los contactos del relevador del ventilador, o conecte el motor del ventilador del condensador con el lado vivo del contactor del compresor, y haga trabajar al motor del ventilador del condensador hasta que se haya alcanzado una presión mínima.
3. Esta presión debe quedar a menos que 5 psig de la presión de saturación equivalente del refrigerante, que es la temperatura ambiente de la unidad. Por ejemplo, suponiendo que la temperatura ambiente es 90 °F en una unidad que use R22, la presión mínima debe ser 170.1 psig; por lo tanto, si la presión es 175 psig o menos, el sistema está libre de no condensables.



Si la presión no baja lo suficiente, es necesario purgar los gases no condensables. Esto se hace abriendo la válvula del lado de descarga del cabezal de manómetros estando apagada la unidad de condensación, y trabajando el ventilador del condensador con un puente, o reconexión, hasta que la presión baje hasta el nivel adecuado. La purga se debe llevar a cabo en cantidades pequeñas con un intervalo corto entre purgas para permitir que el aire se acumule en el cabezal de entrada del condensador, para poder purgarlo con un desperdicio mínimo del refrigerante. Se debe evitar la acumulación de gases no condensables mediante una evacuación total del sistema con una buena bomba de vacío antes de cargar refrigerante (véase sección R22-7)

#### ==== R25-17 2 ==== **Sistemas de tubo capilar**

No es posible determinar la presencia de gases no condensables en sistemas de tubo capilar, debido a que las presiones en el sistema se equilibran durante el ciclo de apagado. Por eso, si se cree que la diferencia de presiones es elevada a causa de no condensables, descargue la unidad, evacúe el sistema y vuélvala a cargar con refrigerante. Por la incapacidad de detectar no condensables en este tipo de sistema, es absolutamente necesaria una completa evacuación.

#### ==== R25-18 ==== **TUBO DE GAS CALIENTE OBSTRUIDO**

En sistemas con condensadores remotos enfriados por aire, las posibilidades que hay de obstrucciones por demasiada soldadura en el tubo o en las uniones, etc., representan una fuente de problemas por alta diferencia de presiones. Esto se indica por una presión alta de descarga del compresor, con rápidas pulsaciones de presión originadas por la carga del tramo de tubo entre el compresor y la obstrucción. También, cuando se para el compresor, la presión de descarga baja con mucha rapidez a la presión normal de saturación correspondiente a la temperatura de condensación del refrigerante. En general, una obstrucción de ese tipo se puede descubrir mediante el sonido del gas de alta presión que pasa por la obstrucción, que produce un silbido como el del aire que sale por un neumático perforado. En un caso como éstos, es necesario descargar todo el sistema, abrir la unión taponada, limpiar y volver a soldar, evacuar al sistema y volverlo a cargar

#### ==== R25-19 ==== **ESCAPE EN EL DISPOSITIVO DE CONTROL DEL REFRIGERANTE**

Cuando los solenoides del tubo de líquido, las válvulas termostáticas de expansión con piloto, u otro dispositivo de control de flujo del refrigerante líquido se emplean junto

con un control de presión de succión para detener la unidad, es posible que la presión de succión suba más que el punto de ajuste del corte y haga que cierre y ponga a trabajar la unidad. El compresor reducirá con mucha rapidez la presión de succión hasta el punto de ajuste del corte del control de succión, y apagará la unidad. Esta acción continua de arranque y parada cortos es perjudicial para el sistema eléctrico, en especial al capacitor de arranque, y provoca la falla de capacitores y, posiblemente, queme al motor del compresor.

Si el dispositivo presenta fugas de refrigerante en la parte apagada del ciclo, se puede descubrir con termómetros eléctricos. Cualquier caída de temperatura entre la entrada y la salida de la válvula es buena indicación de la expansión del refrigerante líquido al pasar por el dispositivo. Este dispositivo tendrá que quitarse del sistema, limpiarse o cambiarse, y evacuar y recargar el sistema para que la operación sea correcta.

Es posible que el aumento de presión en la succión no se deba a que hay un escape en el dispositivo de control de refrigerante, sino a que regresa el refrigerante a través del compresor parado (véase sección R25-22).

#### ==== R25-20 ==== **SERPENTIN INUNDADO DE ACEITE**

El capítulo R13 describe la instalación correcta de los tubos de succión para evitar que el aceite se acumule en el serpentín; por lo tanto, este problema debería presentarse muy rara vez. Sin embargo, el problema puede existir y causar bajas presiones de succión, baja capacidad del evaporador, y una pérdida seria de capacidad del sistema, porque elimina parte de la capacidad del evaporador. Los circuitos en el serpentín del evaporador se llenan con aceite hasta el punto en que la caída de presión en el serpentín no es lo suficientemente alta como para sacar al aceite del circuito. Esto sucede en el caso de evaporadores con válvula termostática de expansión. El único remedio es descargar el sistema, o encerrar al refrigerante, instalar trampas y pendientes adecuadas en el tubo de succión, evacuación y recarga del sistema. En los sistemas de tubo capilar con carga correcta, no se presentan acumulaciones de aceite.

#### ==== R25-21 ==== **BAJA TEMPERATURA AMBIENTE**

Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado enfriados por aire se diseñan para trabajar a una temperatura ambiente mínima en el condensador de 65 °F. A temperaturas menores que ésta la diferencia de presiones será demasiado baja como para que el dispositivo reductor de presión alimente el refrigerante líquido suficiente para que el evaporador conserve la presión de succión entre los límites correctos. Como resultado de ello, la pérdida de capacidad es grande, el tiempo de trabajo aumenta,

sistema está controlado por un control de baja presión, se tendrán paros y arranques frecuentes (véase sección R12-8).

R25-22

### **MOTOR DEL COMPRESOR QUEMADO**

Véase sección R11-16.

R25-23

### **UNIDAD DE BAJA CAPACIDAD**

Con el sistema trabajando con las presiones de succión y descarga entre los límites normales, la caída de temperatura del aire a través del evaporador entre los límites deseados, el aumento de temperatura del aire a través del condensador entre los límites necesarios, y el paso de corriente al motor del compresor entre los límites correctos, la unidad debe trabajar tal como se espera de ella. Si los resultados en el recinto acondicionado todavía no son satisfactorios, es posible que la capacidad de la unidad no sea suficiente para manejar la carga. Para el cálculo de cargas de refrigeración, consulte el capítulo R27.

Para calcular las cargas de aire acondicionado, la mejor fuente de información son los manuales publicados por Air Conditioning Contractors of America. El procedimiento de cálculo de cargas de calefacción y enfriamiento se ha eliminado de este libro, debido a la naturaleza muy cambiante de dicho procedimiento. Los manuales de Air Conditioning Contractors of America se actualizan tan pronto como se desarrolla la información pertinente, y son fuente excelente de esa información.

R25-24

### **VIBRACION**

La fuente principal de vibración en la unidad de condensación, o en la unidad de paquete, es el conjunto del motor y compresor. Se tiene acción alternativa del pistón y la biela en el compresor, y esa acción se transmite a la caja del compresor, y de ella a la estructura de la unidad. En el caso normal, la vibración del conjunto interno del compresor se maneja y se amortigua lo suficiente con el montaje del compresor. Sin embargo, cuando es mucha la carga en el compresor, las pulsaciones más intensas pueden superar los medios de montaje y originar vibración de la unidad.

Es inevitable cierta vibración, y por lo tanto no monte la unidad de condensación o el paquete en lugar tal que se transmita a las paredes o techos, y de allí al recinto ocupado. Mantenga la unidad fuera de pisos ligeros de madera, fuera del piso del desván, etc. Si es necesario colocarla en esos lugares, se necesita emplear cojines amortiguadores de vibración; sin embargo, siga exactamente las instrucciones del fabricante. Si se usa demasiado material amortiguador, a veces se empeora el problema a diferencia de cuando falta el material.

No es posible que haya vibración en los ventiladores o sopladores, si tienen sus rotores, transmisiones y poleas bien balanceadas, y las bandas ajustadas y en buenas condiciones. Si hay componentes desbalanceados o dañados, se deben cambiar.

La causa principal de desbalanceo del rotor de un soplador es la mala limpieza. Cuando se necesite limpiar las aspas de un ventilador, límpielas muy bien. Si tan sólo las cepilla no quitará la acumulación de cada una de ellas. Se debe quitar por completo para evitar desbalanceos y vibraciones, ya que si no se hace posiblemente llegue a desintegrarse el rotor.

Los ventiladores de hélice también originan vibración si las aspas se doblan y no giran en la misma trayectoria. Al ver la rotación de las aspas desde un lado, se deben ver todas ellas moviéndose en el mismo plano. Si no lo hacen así, la presión de descarga de cada aspa será distinta y la diferencia resultante puede establecer vibraciones en el conjunto de motor-aspas. Esa vibración puede ser lo bastante intensa como para originar averías en las aspas. Si no se balancea la entrada del aire a la unidad, también se provocará pulsación de aspas y vibración en la unidad (véase sección R25-16).

R25-25

### **RUIDO**

El ruido en los sistemas de refrigeración o aire acondicionado se puede clasificar en tres categorías:

1. De aire
2. Mecánico
3. Del circuito del refrigerante

R25-25 1

### **Ruido de aire**

En general, los ruidos debidos al aire son el resultado de que haya demasiado aire y esté moviéndose a gran velocidad, o que la corriente está mal dirigida. Se debe esperar determinada cantidad de ruido de aire: el paso de éste desde la descarga del soplador de aire forzado hacia el cuarto enfriador, el sonido del ventilador del condensador en la sección de condensación del refrigerador, el ruido del aire de la parrilla de suministro de la unidad de aire acondicionado, etc. Sólo cuando es excesivo el sonido del movimiento del aire, se le clasifica como ruido. La velocidad máxima que se recomienda para el aire de un serpentín con ventilador es de 550 pies/min; a la salida de un registro de suministro en el sistema de aire acondicionado, de 350 a 400 pies/min, dependiendo del diseño de la parrilla. Los problemas de ruido de este tipo se resuelven mejor con la información que da el fabricante de la rejilla, parrilla o registro.

Los ruidos de aire que se encuentran en el campo se deben en general a las unidades de condensación enfriadas por aire fuera del recinto acondicionado, en general ubicadas junto a otras propiedades y situadas en donde el ruido de la unidad afecta a personas que no son los ocupantes del recinto acondicionado. Si la unidad de aire acondicionado está en una zona entre construcciones angosta, con paredes a menos de 3 metros de distancia, se puede esperar que las ondas sonoras de la unidad reboten entre las superficies verticales y ocasionen molestias. Esto sucede en especial si la unidad de condensación es del tipo de descarga horizontal, en la que el aire sale en dirección de la construcción opuesta. Este caso se da tanto, que prácticamente todos los fabricantes han pasado a las unidades de descarga vertical para hacer que la mayor parte del sonido vaya hacia arriba y tratan de reducir al mínimo el flujo horizontal.

El mejor remedio para problemas de ruido de aire es la ubicación cuidadosa del equipo para evitar oclusión del sonido. Si no es posible, se pueden usar mamparas de absorción de ruido entre la unidad y quien se queje.

==== R25-25 2  
 =====  
 =====  
 =====  
 =====  
**Ruido mecánico**

En general, el fuerte ruido mecánico en la unidad de condensación se origina por demasiada vibración (véase sección R25-24). Hay determinados ruidos mecánicos en las unidades de refrigeración y acondicionamiento de aire que son inherentes a ellas y no es posible eliminar; tan sólo se pueden guardar. Si se coloca un sistema para manejo de aire junto a una abertura en la pared más fría, es de esperar oír el ruido mecánico del conjunto del soplador a través de la abertura. Si se coloca la estufa o el manejador de aire de un sistema de aire acondicionado en un closet, de tal modo que cuando se vea por la abertura de retorno de aire se pueda ver el impulsor del soplador, es de esperarse oír el ruido mecánico del soplador.

Para amortiguar el ruido mecánico, el aire debe hacer cuando menos dos cambios de dirección de 90° desde que sale del observador hasta que entra el conjunto del soplador. En un sistema de acondicionamiento de aire debe haber dos cambios de dirección entre la parrilla de aire de retorno y el compartimiento del soplador del manejador de aire. En casos extremos, el medio de transferencia de aire (o sea el ducto de retorno de aire) debe quedar recubierto de material



FIGURA R25-8 Manguera de descarga para aislamiento de vibraciones (Cortesía de Anamet, Inc /Anaconda Metal Hose)

acústico. Este es uno de los motivos por los cuales se ha popularizado el empleo de las hojas de fibra de vidrio como material de ducto.

Los ruidos mecánicos también pueden transmitirse a través de los tubos de refrigerante desde el conjunto del motor y compresor hasta los soportes del tubo, y causar vibración y ruido. Prácticamente todas las unidades de refrigeración y/o de aire acondicionado usan liras de vibración en los tubos que conectan al compresor, si la vibración del compresor es muy grande, como cuando se trata de uno externo, montado sobre muelles. En esas aplicaciones, se puede colocar un tramo de tubo amortiguador de vibración, para eliminar la transmisión de vibración por la tubería. La figura R25-8 muestra un dispositivo de esos instalado paralelo al cigüeñal del compresor para absorber los empujes laterales de la vibración. Estos dispositivos hacen un trabajo excelente de reducción de ruidos. Sin embargo, si se instalan en posiciones tales que la vibración estire y comprima el reductor de ruido, se destruyen con mucha rapidez y se producen pérdidas de refrigerante. Se deben seguir al pie de la letra las instrucciones del fabricante para su instalación adecuada.

==== R25-25 3  
 =====  
 =====  
 =====  
 =====  
**Ruidos en circuito del refrigerante**

A veces, la pulsación del vapor caliente a alta presión que sale de los cilindros del compresor establece una vibración de alta frecuencia por el tubo de gas caliente al condensador. Es más prevalente en sistemas de refrigeración con condensador remoto enfriado por aire y en bombas térmicas, en el ciclo de calefacción, en las que el compresor está a gran distancia del serpentín interior que actúa como condensador. En este caso, se coloca un mofle o silenciador en el tubo de gas caliente del compresor (véase sección R14-3).

==== PROBLEMAS =====

R25-1. El principio básico por el que opera un sistema de refrigeración es de

R25-2. Un flujo restringido de aire por el evaporador, ¿produce presión de succión alta o baja?

R25-3. En un evaporador con válvula termostática de expansión, si se reduce el flujo de aire ¿el sobrecalentamiento del serpentín aumenta, disminuye o queda igual?

R25-4. En un evaporador con tubo capilar, si se reduce el flujo

de aire, ¿el sobrecalentamiento del serpentín aumenta, disminuye o queda igual?

- R25-5.** Si falla una válvula de expansión a causa de que se pierde la carga del bulbo sensor, ¿la presión de succión sube o baja?
- R25-6.** La ubicación del bulbo sensor de la válvula de expansión no tiene efectos sobre la operación de esa válvula ¿Cierto o falso?
- R25-7.** ¿Cuál es la causa más común de alta diferencia de presiones?
- R25-8.** ¿Cuál es la causa más común de baja presión en la succión?
- R25-9.** ¿Cuál es el modo más fácil de ver si hay un tubo capilar tapado en los serpentines con varios capilares?
- R25-10.** La carga adecuada del refrigerante en un sistema con válvula termostática de expansión con recibidor es \_\_\_\_\_ de la altura del recibidor.
- R25-11.** Estando parada la unidad y el sistema a temperatura ambiente, la presión en el sistema debe ser igual a la \_\_\_\_\_
- R25-12.** Un subenfriamiento excesivo del líquido que sale del condensador puede ocasionarse por \_\_\_\_\_ o por \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**R 26 LOCALIZACIÓN DE FALLAS:  
PARTE ELÉCTRICA**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# R26

## Localización de fallas: parte eléctrica

==== R26-1

### ==== GENERALIDADES

Como explicamos en el capítulo R18, todos los circuitos eléctricos consisten tan sólo en fuente de poder, carga y conductores para transmitir la corriente de la fuente a la carga, y contactos de control para operación encendido-apagado o algún cambio característico que logre el funcionamiento necesario.

==== R26-1.1

### ==== Fuente de poder

El voltaje disponible para la unidad de refrigeración debe estar dentro del  $\pm 10\%$  del voltaje nominal para unidades monofásicas, y de  $+10\%$  y  $-5\%$  para trifásicas. También, en las unidades trifásicas, el voltaje entre cualquier par de conductores de la fuente de poder debe ser igual al de otro cualquiera  $\pm 3\%$  si el motor conectado a la fuente de poder debe funcionar durante una vida razonable. La variación máxima de  $\pm 10\%$  se aplica a los dispositivos de 24 V al igual que a los voltajes mayores, de 120 V, 240 V, 480 V, 560 V, etc.

==== R26-1.2

### ==== Conductores

El sistema debe estar cableado en forma correcta y todas las conexiones deben ser firmes. Cuando un equipo se recibe del fabricante, se aconseja revisar todas las conexiones principales con un destornillador para asegurarse que no se hayan aflojado con el tiempo. El cobre tiende a deformarse bajo presión, y se pueden aflojar las conexiones de los conductores principales de corriente en el contactor o arrancador del motor hacia el motor. Revise todas las conexiones de forma independiente

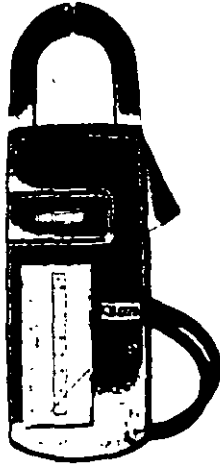
En el capítulo R24 se presentó una lista de diversos problemas en los sistemas eléctrico y de refrigeración, junto con las soluciones posibles. A continuación se presentan las posibles causas relacionadas con esos problemas.

- R26-2. Abierto el interruptor de desconexión
- R26-3. Las protecciones principales de sobrecarga están disparadas
- R26-4. Fusible quemado
- R26-5. El corte por sobrecarga está disparado
- R26-6. El corte por sobrecarga está quemado o averiado
- R26-7. Los contactos de control están abiertos
- R26-8. Conexión floja o conductor roto
- R26-9. Mal conectado
- R26-10. Ajustes inadecuados de control
- R26-11. Contactos de control sobrecargados
- R26-12. Alto voltaje
- R26-13. Bajo voltaje
- R26-14. Se pega la armadura del relevador
- R26-15. Bobina en corto
- R26-16. Bobina quemada
- R26-17. Ventilador del condensador sobrecargado
- R26-18. Motor quemado del ventilador del condensador, o del soplador
- R26-19. Relevador de arranque quemado o inadecuado
- R26-20. Capacitor de arranque quemado o inadecuado
- R26-21. Capacitor de marcha quemado o inadecuado

==== R26-2

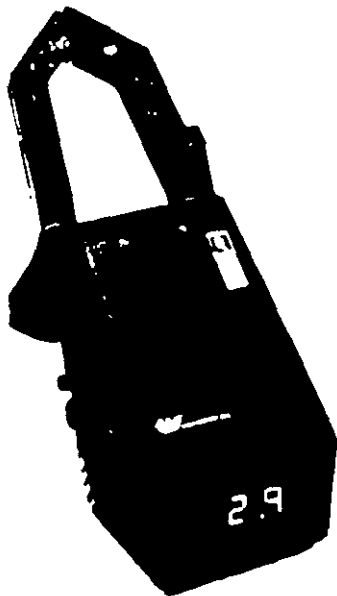
### ==== INTERRUPTOR DE DESCONEXION ABIERTO

La falta de corriente a una unidad no siempre se debe a la falla de alguna parte en especial. Antes de quitar cualquier parte o conductor, revise la fuente de poder.

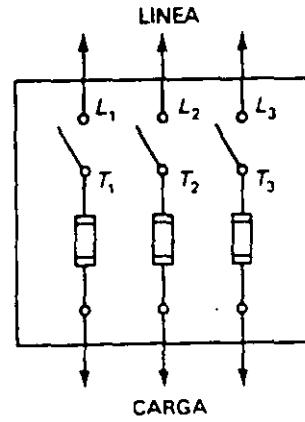


**Figura R26-1** Multímetro de gancho (Cortesía de A. W. Sperry Instruments, Inc.)

Muchas veces el problema tan sólo es el interruptor de desconexión o un interruptor de control que están abiertos debido a la falta de conocimientos del cliente acerca de qué interruptores cerrar cuando se desea que trabaje el sistema. Además, el cerrar el interruptor no siempre quiere decir que se tendrá corriente eléctrica. Revise para asegurarse que se dispone de corriente en el lado de la carga (unidad) del interruptor. Use un voltímetro con la escala correcta de voltaje para lo que se va a medir, para determinar si cierran ambos contactos del control. Si tiene duda, comience con la escala mayor de voltaje del medidor, y vaya reduciendo los límites de voltaje para tener una indicación exacta, si el medidor indica que hay voltaje. La figura R26-1 muestra un multímetro de aguja, tipo gancho. La figura R26-2 muestra un multímetro digital de gancho. El digital es más fácil de leer y medirá en menores incrementos, con lo que se tiene mayor exactitud.



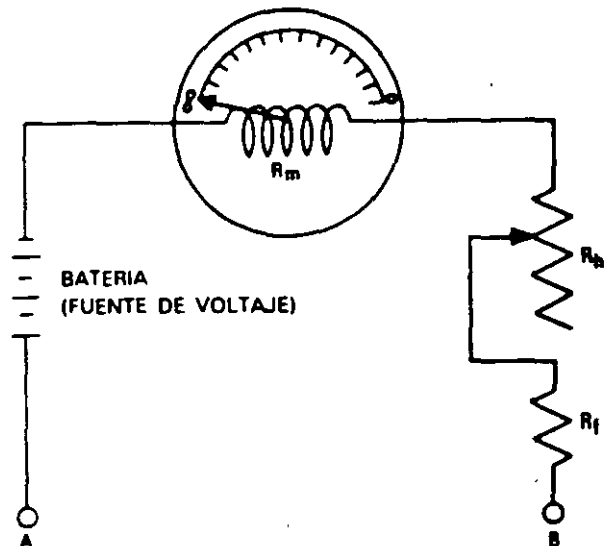
**Figura R26-2** Multímetro de gancho digital (Cortesía de A. W. Sperry Instruments, Inc.)



**FIGURA R26-3** Interruptor de desconexión.

La medición del voltaje entre la terminal y tierra no siempre indica que el interruptor esté bien. La terminal de carga de un mal contacto puede indicar que hay voltaje a tierra porque el voltaje alimenta al circuito hacia atrás de la otra terminal, en general a través del lado primario del transformador de control. Siempre mida el voltaje entre las terminales de carga para tener ambos lados del circuito de carga por el interruptor.

Si no se obtiene indicación de voltaje entre las terminales de la carga, mida entre las del lado de la línea para asegurarse que hay corriente hasta el interruptor de desconexión. Si no indica voltaje entre el lado de la línea, podrían estar quemados los fusibles del circuito de ramal en el tablero de distribución de corriente, o los interruptores termomagnéticos pueden estar disparados (véase sección R26-3). Si los fusibles del circuito de ramal están bien, o al restablecer los disyuntores se ve que están bien, consulte el problema con la compañía eléctrica local. No trate de trabajar en tableros de distribución de corriente a menos que sea un electricista con autorización. La figura R26-3 mues-



**FIGURA R26-4** Circuito sencillo de un óhmetro. (Cortesía de American Gas Association.)

tra el arreglo de contactos de un interruptor de desconexión típico.

Si hay voltaje entre las terminales de la línea y no en el lado de la carga, se puede asegurar que los contactos no cierran. Esto se puede confirmar midiendo la resistencia de los contactos cerrados con un óhmetro, *teniendo quitados los fusibles del circuito ramal, o abiertos los interruptores termomagnéticos del circuito*; no debe haber voltaje en el lado de la línea. Mida la resistencia de cada juego de contactos, de  $L_1$  a  $T_1$ ,  $L_2$  a  $T_2$  y  $L_3$  a  $T_3$ . Toda indicación de resistencia mayor que  $1 \Omega$  en las terminales de alto voltaje (50 V o más) o de  $\frac{1}{2} \Omega$  en las de bajo voltaje (menos de 50 V) quiere decir que el contacto está quemado y necesita cambiarse. La figura R26-4 muestra un óhmetro típico.

===== R26-3

===== **PROTECTORES PRINCIPALES**  
===== **DE SOBRECARGA DISPARADOS**

Además del interruptor principal de desconexión, la unidad puede tener protectores de sobrecarga de restablecimiento manual que trabajan como protectores adicionales. La unidad puede haber estado sujeta a condiciones des acostumbradas de voltaje, que hicieron que se dispararan las protecciones de sobrecarga. Al restablecer las palancas de disparo de elementos térmicos debe poner en marcha la unidad. Si no es así, mida el voltaje entre las terminales del lado de carga para asegurar que los circuitos de sobrecarga están bien y los contactos cierran. Si no hay voltaje cuando esté apagada la corriente principal de suministro, revise la calidad de los contactos de sobrecarga con el óhmetro (véase sección R26-2).

Los interruptores de sobrecarga empleados pueden ser también del tipo de contacto auxiliar, en los cuales un paso

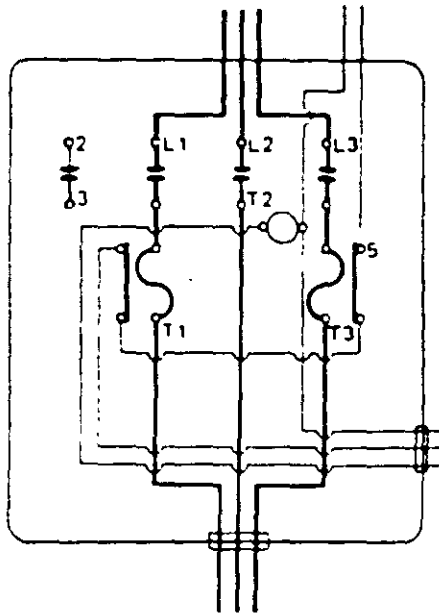


FIGURA R26-5 Circuito de un arrancador de motor

incorrecto de corriente por el circuito principal provoca la abertura del contacto del circuito de control de la unidad. La figura R26-5 muestra un circuito normal de arrancador de motor de ese tipo.

Al restablecer la protección de sobrecarga se cierra el circuito de control, con lo cual los contactos deberían accionar. El estado del contacto auxiliar se puede comprobar midiendo la resistencia por las terminales (*estando quitada la corriente*) con el óhmetro. Se aplican los límites de  $1 \Omega$  para las terminales de alto voltaje, y de  $\frac{1}{2} \Omega$  para las de bajo voltaje.

Si quita las terminales de la terminal del interruptor auxiliar, para agotar la posibilidad que haya otros circuitos en paralelo, y si se mide la resistencia entre las terminales se obtendrá la condición del contacto terminal. En este caso, de nuevo, la regla de resistencia máxima es  $1 \Omega$  para los contactos de alto voltaje y  $\frac{1}{2} \Omega$  para los de bajo voltaje.

===== R26-4

===== **FUSIBLE QUEMADO**

A veces se usan fusibles de quemado instantáneo o de eslabón como fusibles principales. Como no pueden conducir más corriente que la de su capacidad, durante ningún intervalo, deben dimensionarse para conducir la corriente máxima de arranque de la unidad. Esta corriente de arranque podría ser más del 150% de la corriente de operación del circuito. Por lo tanto, siempre se debe emplear protección de fusible de demora, o de interruptor termomagnético en los sistemas de refrigeración o aire acondicionado. Con ello se permitirá un dimensionamiento más exacto del fusible o del disyuntor con respecto a la corriente de marcha de la unidad, y se tendrá máxima protección.

La revisión de fusibles se hace mejor con un óhmetro. *Teniendo abierto el interruptor de desconexión*, mida la resistencia de cada fusible. Una indicación de cero resistencia en el óhmetro quiere decir que el fusible está bien. Una indicación de resistencia infinita indica que hay un fusible abierto o quemado. Una indicación de resistencia mayor que  $0.1 \Omega$  también indica que hay fusible quemado que se debe cambiar.

El quemado parcial del fusible o el quemado paulatino pueden ser causados por mal contacto entre el fusible y el portafusible. Los fusibles deben entrar al portafusible con fuerza, y debe escucharse un chasquido del sujetador alrededor del fusible cilíndrico, o se debe ejercer fuerza para introducir un fusible tipo bayoneta en los broches de navaja. Los broches o las hojas sujetadoras del fusible deben estar limpias y no estar quemadas. Si hay cualquier signo de deterioro de los broches o las navajas se necesita cambiar el portafusibles.

===== R26-5

===== **CORTE POR SOBRECARGA DISPARADO**

Los cortes por sobrecarga de los conjuntos de motor y compresor en general son de restablecimiento automático.



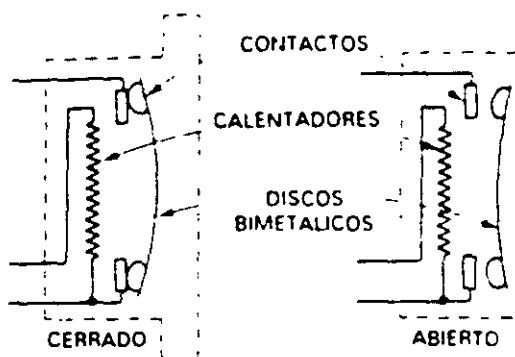
y cierran después de enfriarse. En los motores de los sopladores se tienen ambos tipos de protecciones de sobrecarga, aunque predominan los de restablecimiento automático. Esto no evita el cambio del motor con un tipo de restablecimiento automático cuando venga con tipo manual. No se recomienda esta práctica, pero existe la posibilidad.

El restablecimiento de la protección por sobrecarga debe poner en marcha el motor, siempre que la corriente llegue hasta él. Mida el voltaje en el lado de la línea del protector para asegurar que llegue corriente al motor. Mida el voltaje en el lado de la carga del protector para asegurar que el voltaje pasa por el protector de sobrecarga. No mida el voltaje a tierra. Si lo mide, no tendrá indicación del estado de los contactos de sobrecarga, porque es posible tener voltaje a tierra, que provenga de los circuitos del motor. En los circuitos con 240 V o más, siempre mida el voltaje entre las terminales vivas. Si los resultados indican que hay voltaje en el lado de salida, o de carga, del protector de sobrecarga, revise el motor (véase sección R26-6).

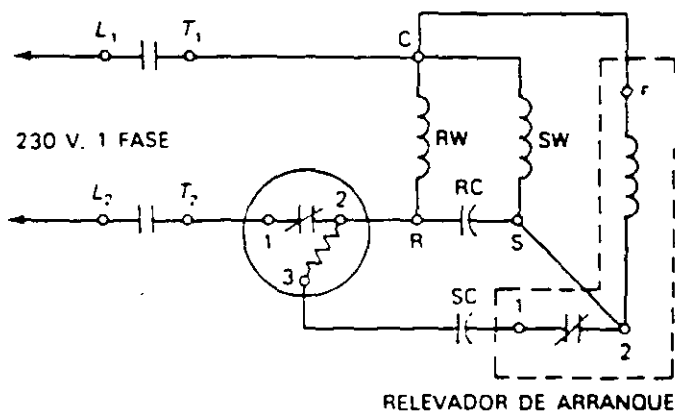
## R26-6

### **CORTE POR SOBRECARGA QUEMADO O AVERIADO**

Los cortes por sobrecarga que se usan en la mayor parte de las unidades de los conjuntos de motor y compresor, y motores de ventilador, son de tipo de restablecimiento automático. Esas protecciones se restablecen después de enfriarse. La figura R26-6 muestra una protección típica, del tipo de restablecimiento automático. Consiste en un disco bimetalico entre dos terminales, 1 y 2, que conduce la corriente completa, de arranque y de marcha, del motor del compresor. Si la corriente de marcha, o la temperatura del lugar de la protección suben demasiado, el disco bimetalico se tuerce y los contactos brincan y se abren, parando al compresor. Cuando se enfría el disco, se cierran instantáneamente los contactos y vuelve a trabajar el compresor. Como esta acción es lenta, se necesita más protección para



**FIGURA R26-6** Protector térmico (respuesta dual) para montaje en extremo de soporte. (Cortesía de Gould Inc Electric Motor Division)



**FIGURA R26-7** Protector de motor contra sobrecarga, sistema 1

sacar al compresor de la línea, en caso de falla del motor en el arranque. Por lo tanto, se introduce un calentador adicional por el cual tan sólo pasa la corriente de arranque, bajo el disco bimetalico, en las terminales 2 y 3. El calor adicional que suministra el calentador hace que la acción del elemento bimetalico sea más rápida, al calentarlo con más rapidez. Con ello se reduce el tiempo que está conectada la unidad a la línea cuando el rotor está detenido.

El funcionamiento repetido de esta protección cuando está parada la unidad y los protectores principales de sobrecarga están sobredimensionados provoca un debilitamiento gradual del calentador auxiliar y lo quema. Esto saca al circuito de arranque del motor del compresor, y provoca falla final de los devanados del motor. La revisión del corte por sobrecarga y del calentador auxiliar se lleva a cabo quitando la protección del circuito, y revisando los circuitos con el óhmetro. El circuito de 1 a 2 (los contactos principales) deben tener menos de  $1 \Omega$  cuando el voltaje es alto, o menos que  $\frac{1}{2} \Omega$  cuando el voltaje es bajo. El circuito 2 a 3 (el calentador auxiliar) sólo debe presentar una resistencia de  $\frac{1}{2} \Omega$  en las unidades mayores, hasta  $\frac{1}{4} \Omega$  en las menores. Si se mide una resistencia mayor, se debe cambiar la parte por otra con el mismo número de parte o equivalente de la competencia. Los protectores de sobrecarga no son universales, y el cambiar tipos o tamaños puede ocasionar daños cuantiosos al sistema.

El desarrollo de la protección al motor del compresor ha cambiado el tipo de protección que se emplea. La protección original es la de calentador auxiliar montado fuera de la caja del compresor. Este tipo se usa todavía en unidades pequeñas de menos de 1 HP. La figura R26-7 muestra cómo se conecta esa protección de sobrecarga al circuito.

En conjuntos grandes de motor y compresor, cuando los cambios en el diseño dieron como resultado gran producción de calor en el motor, así como cajas más pequeñas, y la protección externa no reaccionaba con la suficiente rapidez contra una alta temperatura del devanado. Para remediar este problema se montó un termostato en el devanado del motor dentro de la caja, con dos conductores que salen de ella. Al usar ese termostato junto con una protección externa por sobrecarga de alta corriente, se obtiene el



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **R 28 ALMACENAMIENTO REFRIGERADO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

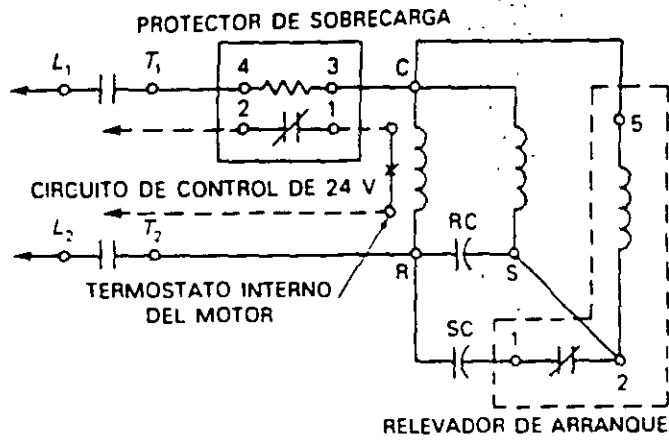


FIGURA R26-8 Protector de motor contra sobrecarga, sistema 2

diagrama de conexiones de la figura R26-8, del sistema 2 de sobrecarga.

La protección externa por sobrecarga con alta corriente tenía el elemento de calentamiento en el conductor común al motor, de modo que sentía la corriente tanto de arranque como de marcha. El circuito del contacto bimetalico estaba en el circuito de control al contactor del motor. Este en general es uno de 24 V. La figura R26-9 muestra el circuito interno de este protector de sobrecarga.

Para reducir la posibilidad de escapes de terminales a través de la caja del compresor y para dar una protección máxima contra una combinación de alta temperatura y alta corriente que no podía dar la combinación de termostato interno y alta corriente externa, se ha incorporado una combinación de protección interna de sobrecarga por interrupción de la línea, en el devanado del motor. La figura R26-10 muestra una de esas protecciones, su montadura y su colocación.

Las figuras R26-11 y R26-12 muestran el circuito cuando se usa la protección de sobrecarga por desconexión interna de línea. La figura R26-11 muestra el circuito de un conjunto de motor y compresor en un sistema de refrigera-

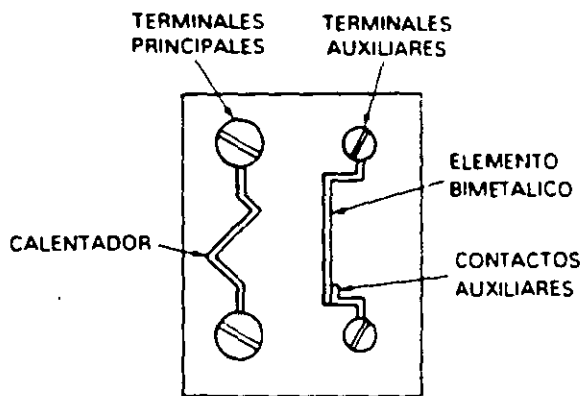


FIGURA R26-9 Circuito de intervalo para protección contra sobrecarga

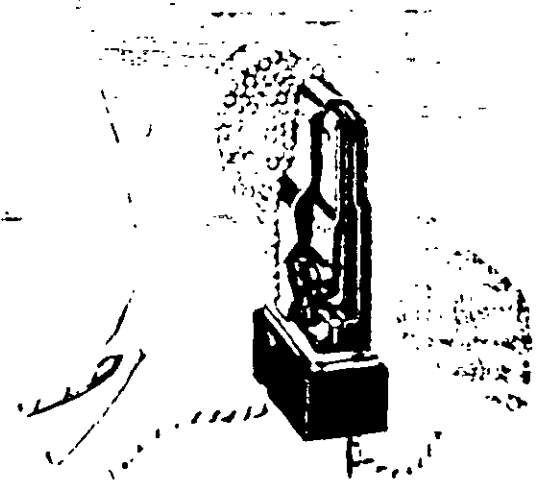


FIGURA R26-10 Protección interna contra sobrecarga para devanado de motor

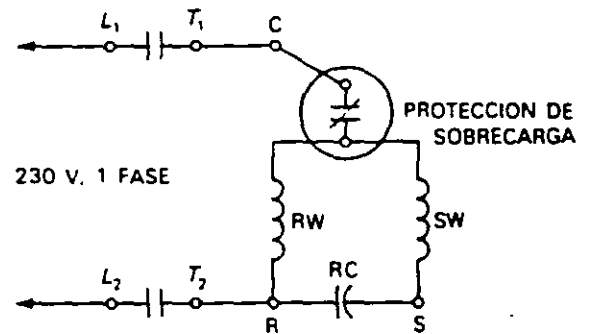


FIGURA R26-11 Circuito de protección contra sobrecarga con protector interno de línea y motor de capacitor dividido permanente

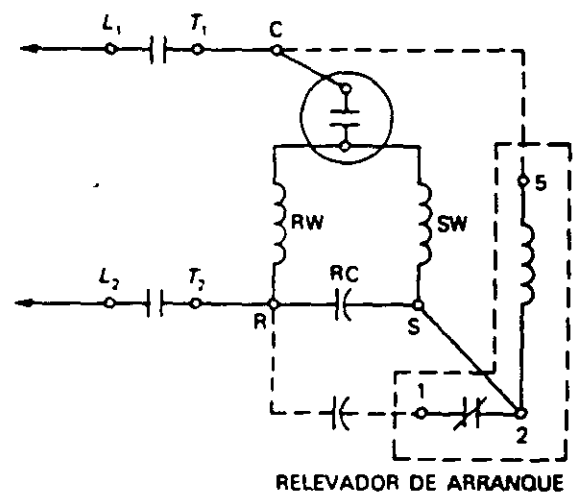


FIGURA R26-12 Circuito de protección contra sobrecarga con protector interno de línea y "lat de arranque difícil"

ción con tubo capilar. Como las presiones de succión y descarga se igualan en la parte parada del ciclo, se necesita un bajo par de arranque y se usa un motor de capacitor dividido permanente con tan sólo un capacitor de marcha, para cumplir los requisitos de par de arranque y de marcha.

En los sistemas que usan válvulas termostáticas de expansión o cualquier otro dispositivo de reducción de presión que evita la igualación de la presión cuando el compresor está parado, se necesita un mayor par de arranque. En esas aplicaciones se usa un motor con capacitor de arranque y capacitor de marcha, con capacitor y relevador de arranque. La figura R26-12 muestra, en líneas de puntos, el circuito que se tiene al añadir un capacitor de arranque y un relevador a un motor de capacitor permanente dividido de bajo par de arranque, para convertirlo en motor de capacitor de arranque y capacitor de marcha con alto par de arranque. La mayoría de los fabricantes suministran esas dos partes junto con los conductores necesarios y diagramas eléctricos en forma de kit para hacer esa conversión. El nombre acostumbrado de ese arreglo es "kit para arranque difícil".

===== R26-7

### ===== CONTACTOS DE CONTROL ABIERTOS

A causa de los muchos controles en los circuitos de refrigeración y aire acondicionado, controles de operación, de seguridad, de deshielo, etc., el circuito eléctrico puede estar abierto en más de un control. Por ejemplo, es posible tener un circuito de sobrecarga averiado, que ocasione que falle un compresor, lo cual tiene como consecuencia una pérdida de carga de refrigerante, que abre un control de baja presión. Al revisar los circuitos, se deben ver todos los controles de contacto.

El mejor instrumento para este fin es el óhmetro, para probar cada juego de contactos a ver si sus resistencias son adecuadas. Las resistencias infinitas indican los contactos abiertos. Las resistencias intermedias delatan los contactos quemados. Los contactos que indiquen 1  $\Omega$  o más en alto voltaje o  $\frac{1}{2}$   $\Omega$  en bajo voltaje, se deben desechar. Las partes con contactos abiertos deben revisarse para determinar la causa de la apertura de contactos. Los controles de baja presión abren al reducirse la presión de succión (véase sección R25-2), por falta de refrigerante (véase sección R25-12), etc. Los contactos de control de alta presión abren a causa de una diferencia de presiones extraordinariamente alta (véase sección R25-4). Compruebe el objeto de cada control y haga su juicio de acuerdo con ello.


===== R26-8

### ===== CONEXION FLOJA O CONDUCTOR ROTO

El problema más difícil de localizar es una conexión floja o un conductor roto. Después de revisar todos los

controles y contactos, si el circuito sigue sin trabajar, es necesario llevar a cabo una prueba sistemática de todo el circuito. Por ejemplo, en el circuito de control de bajo voltaje, comience en el transformador de bajo voltaje y proceda como sigue:

1. Mida la salida del transformador para asegurarse que se dispone del voltaje correcto. Esta medición se puede hacer entre las terminales R y C del transformador, o entre las terminales designadas que salen del cuerpo del transformador.
2. Apague toda la corriente a la unidad.
3. Quite el conductor de una de las terminales del transformador, por ejemplo la R. Conecte una de las puntas del óhmetro al conductor que se quitó, con un caimán para tener una conexión firme y buena.
4. Con la otra terminal del óhmetro, en la escala de resistencia media, toque la terminal al otro lado del transformador. Si el óhmetro no da indicación, proceda al otro extremo de ese conductor. Si se tiene una indicación, el conductor está abierto. Si no hay indicación, prosiga con el otro lado del dispositivo al cual está conectada la terminal. Si se tiene indicación, el dispositivo está abierto. Si no hay indicación, el otro extremo del conductor está conectado a esa terminal. Repita esta prueba de conductor y dispositivo conectado hasta que se tenga una lectura. Cuando se obtiene una indicación, el último dispositivo que se probó está abierto.

Si la interrupción parece estar en un conductor, un  común introducido por el aislamiento funcionará como sensor al que se le pueden cerrar los caimanes del óhmetro.

Como es muy tardada la comprobación de los circuitos para ver si están abiertos, este procedimiento sólo se debe seguir después de haber revisado todos los controles, bobinas, contactos, etc.

===== R26-9

### ===== MALA CONEXION

Al igual que en la sección R26-8, podrá necesitarse revisar el cableado del sistema de la unidad. En este procedimiento es necesario tener un diagrama eléctrico de la unidad que se revise, todos los fabricantes proporcionan diagramas eléctricos de su equipo. UL, AGA y ARI piden que los diagramas eléctricos se coloquen permanentemente en la unidad, en un lugar protegido de la intemperie. *Deje el diagrama eléctrico en la unidad. No lo mutile. Lo puede necesitar de nuevo en el futuro.*

Si trabaja en una marca o equipo determinados, reúna esos diagramas eléctricos en una carpeta de referencia. La mayoría de los fabricantes le proporcionarán el diagrama si les da el número de modelo, de serie y el número de lista de materiales (si se usa) (véase capítulo R20).

R26-10

**AJUSTES INADECUADOS DEL CONTROL**

Cada control de un sistema de refrigeración o aire acondicionado tiene una función definida y ajustes específicos de acuerdo a los requisitos de la unidad individual. También, se ha tomado en cuenta el tipo de refrigerante que usa la unidad.

La mayor parte de los controles de seguridad, como por ejemplo los cortes por alta presión, tienen su punto de control determinado en fábrica y no son ajustables. En general, se ajustan a una temperatura máxima de condensación de 150 °F (65 °C), lo cual da presiones de saturación de 235 psi con el R-12, 380 psi con R-22, 400 lb con R-502, etc. *No trate de elevar los ajustes de los controles de alta presión. Se pueden desarrollar presiones peligrosas.*

Cuando el sistema está controlado por un dispositivo de baja presión, los ajustes de control dependerán de las temperaturas del serpentín que se deban mantener para tener resultados adecuados. En equipo especializado, como por ejemplo las vitrinas de alimentos, de productos lácteos, etc., cada fabricante tiene sus ajustes propios deseados. Por ejemplo, la vitrina modelo BHDB8&12 de Husman Corporation, si se usa para productos lácteos, necesita punto de control de 10 a 14 psig de presión de succión para salir, y

de 25 a 27 psig para entrar. Si se usa como vitrina de salchichonería, los puntos de control son 8 a 10 psig para salir y 38 a 40 psig para entrar. La misma unidad, empleada como vitrina de diversos productos, necesita un ajuste de 14 a 16 psig para salir y 38 a 40 psig para entrar. Si tiene dudas acerca de los ajustes necesarios, *no adivine*; póngase en contacto con el fabricante, déle el número de modelo, de serie y uso para la unidad. Con gusto le suministrarán la información correcta.

Hay algunas reglas generales para ajustes de presión, que pueden emplearse en forma provisional *mientras se obtienen los puntos de control correctos*. La figura R26-13 muestra una tabla de ajustes aproximados de control, publicada por Sporlan Valve Company.

R26-11

**CONTACTOS DE CONTROL SOBRECARGADOS**

Es la causa más común de falla de contactos. En general, la sobrecarga la causa el bajo voltaje (véase sección R26-13), el alto voltaje (véase sección R26-12), o el agregar equipo auxiliar que consume más amperes que los que pueden manejar los contactos.

No se aconseja agregar cargas adicionales al contactor del compresor, porque está dimensionado para manejar sólo

**FIGURA R26-13**

Ajustes aproximados de controles de presión

Aplicacion	REFRIGERANTE*							
	12		22		502		717	
	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra
Maquina de cubitos de hielo, serpentín seco	4	17	16	37	22	45	—	—
Baño de refresco, fuente de sodas	21	29	43	56	52	66	33	45
Enfriador de cerveza o agua, tipo húmedo	19	29	40	56	48	66	—	—
Camiones de helados, cuartos de endurecimiento	2	15	13	34	18	41	5	24
Placas eutécticas, camión de helados	1	4	11	16	16	22	4	8
De recinto, ciclo de deshielo	14	34	32	64	40	75	23	55
De caja, ciclo de deshielo	19	36	40	68	48	78	30	57
Vitrina para verduras, ciclo de deshielo	13	35	30	66	38	77	—	—
Mostrador de verduras, tipo abierto	16	42	35	77	44	89	—	—
Enfriador de bebidas, tipo seco con soplador	15	34	34	64	42	75	24	55
Florería al menudeo, serpentín con soplador	28	42	55	77	65	89	44	67
Mostrador de carnes, ciclo de deshielo	17	35	37	66	45	77	—	—
Mostrador de carnes, tipo abierto	11	27	27	53	35	63	—	—
Caja de productos lácteos, tipo abierto	10	35	26	66	33	77	—	—
Alimentos congelados, tipo abierto	7	5	4	17	8	24	—	—
Alimentos congelados, tipo abierto con termostato	2°F.	10°F.	—	—	—	—	—	—
Alimentos congelados, tipo cerrado	1	8	11	22	16	29	—	—

Copyright 1982, Sporlan Valve Company, St. Louis, MO  
 \* Vacío, pulgadas de mercurio  
 Presión, libras por pulgada cuadrada manométricas (psig)

el conjunto de motor y compresor y el motor del ventilador. Si deben trabajar más motores junto con la unidad de condensación, lo mejor es trabajar esos motores con sus propios contactores y protección contra sobrecarga. Aun cuando el equipo diseñado originalmente esté conectado a los contactos, un voltaje alto o bajo provocará la falla de los contactos debido a la carga adicional de corriente por voltaje incorrecto. Las unidades monofásicas de 240 V se diseñan para trabajar con un margen de voltaje de 10% mayor o menor que el de diseño. Por lo tanto, en una unidad de 240 V, el voltaje no debe bajar a menos de 216 V ni subir a más de 264 V. Recuerde que es la tolerancia de voltaje "de operación". Esto no quiere decir que la vida de trabajo será la normal. Los motores trabajan con su mejor eficiencia, y su temperatura mínima de devanado al voltaje de diseño. Cualquier diferencia hace aumentar la temperatura del devanado y acorta la vida.

En el equipo trifásico y en el monofásico de amplio margen de voltaje de diseño, la tolerancia es de 10% de más, y 5% de menos. Esto quiere decir que en una unidad trifásica de 208-230 V, el voltaje máximo es 230 V más 10%, o sea 253 V. El voltaje mínimo es 208 V menos 5%, o sea 198 V.

Una causa muy frecuente de arqueo en los contactos y de que se suelden es el bajo voltaje. Este bajo voltaje no sólo aumenta el paso de amperes por la unidad, sino que también reduce la fuerza ejercida sobre la armadura del contactor. Como resultado, los contactos no cierran tan rápido o tan limpiamente como lo deberían hacer. La pérdida de fuerza también hace que reboten cuando cierran. El rebote produce un arco cuando se separan los contactos en forma momentánea. El arco reblandece al metal, y cuando se establece el contacto, las piezas quedan soldadas entre sí. En las unidades trifásicas, si dos de los tres contactos se sueldan cuando tratan de abrir, el motor del compresor quedará en una fase porque sólo abre un contacto. Este atoramiento mecánico y la conversión a monofásico resultante provoca que el motor se queme rápidamente. Como el problema es el atoramiento mecánico del contactor, la protección eléctrica de la unidad no puede funcionar y evitar que se queme. Por lo tanto, es muy importante que el voltaje suministrado a la unidad sea siempre el correcto, tanto cuando arranca como cuando trabaja.

==== R26-12

### ==== **ALTO VOLTAJE**

El voltaje suministrado a una unidad de condensación nunca debe ser mayor que el 10% más que el voltaje nominal de la unidad. Por lo tanto, en una unidad de 240 V el voltaje máximo aplicado no debe ser mayor que 264 V. Un voltaje mayor que el normal sujeta a la unidad a mayor paso de corriente, con el daño consiguiente a los devanados del motor, los contactos de control y las bobinas de relé, y además acorta la vida de los capacitores de marcha.

Los problemas de alto voltaje, en general, son más difíciles de detectar. Recuerde que la unidad de refrigeración, o la de aire acondicionado, tiene que trabajar 24 horas

al día, y 7 días por semana. En general, el alto voltaje se presenta durante la noche y/o en los fines de semana, cuando las cargas comerciales y/o industriales en el sistema de distribución de electricidad son mínimas. Como los problemas de alto voltaje sólo los pueden manejar la compañía eléctrica, se debe poner en contacto con ella cuando se presente ese problema.

==== R26-13

### ==== **BAJO VOLTAJE**

El bajo voltaje es el problema más frecuente de suministro. Las unidades monofásicas están diseñadas para arrancar y trabajar a un voltaje mínimo de 10% menos que el nominal. Esto quiere decir que en las unidades monofásicas de 240 V, el voltaje mínimo aplicado a la unidad es 216 V. En las unidades trifásicas el mínimo es 5% menos que el voltaje nominal. Esto significa que el voltaje mínimo aplicado a una unidad de 208/230 V al momento de tratar de ponerla en marcha es 197 V.

Si el voltaje aplicado es menor que esos mínimos, la unidad no puede arrancar, o arranca muy lentamente y se demora lo suficiente como para quemar los capacitores y relevadores de arranque, los contactos y protecciones de sobrecarga, y el motor del compresor. Debido a que se puede dañar mucho una unidad a causa de bajo voltaje aplicado, los daños de ese tipo, en general, quedan excluidos de la garantía del fabricante.

En esta sección se ha empleado el término voltaje "aplicado". Quiere decir el voltaje en las terminales del motor, cuando trata la unidad de arrancar y trabajar. La electricidad se parece al agua en cuanto a que la cantidad de volts (presión) en las terminales del motor depende del voltaje (presión) en el extremo de alimentación del circuito, y de la cantidad de corriente (galones de agua por hora) que pasan por los conductores (tubos). Como la electricidad, la cantidad de agua que pasa por un tubo (amperes) depende del tamaño del tubo (resistencia) al igual que de la presión (volts) del agua que entra al tubo. Por lo tanto, para tener la cantidad necesaria de agua a través del tubo sin demasiada caída de presión, es necesario contar con un tubo de diámetro adecuado. También, si el aparato impulsado por agua necesita de determinada presión de agua para poder trabajar, se debe medir la presión en el aparato y no donde el agua entra al tubo.

En una unidad eléctrica, el voltaje aplicado se debe medir en la unidad y no en el transformador de distribución, donde entra la electricidad al circuito. El tamaño del conductor que sale del transformador de potencia, que pasa por todos los alimentadores y circuitos de ramal, etc., debe ser de tamaño adecuado para mantener el voltaje correcto en la unidad cuando ésta trata de ponerse en marcha.

Si el bajo voltaje de arranque se debe a capacidad inadecuada del transformador de potencia, se debe arreglar este problema con la compañía eléctrica. Se puede determinar por la caída de voltaje medida en las terminales del secundario del transformador durante un intento de

que. Si la caída de voltaje se debe a un diámetro inadecuado de conductor en el sistema de distribución eléctrica, se debe pasar el problema a un electricista calificado.

Independientemente del caso, no se debe permitir que continúe el bajo voltaje, ni permitir que la unidad trabaje hasta que se resuelva la situación. Si lo permite, sólo causaría daños al equipo.

===== R26-14

===== **SE PEGA LA ARMADURA  
DEL RELEVADOR**

Al igual que las demás facetas de los trabajos de servicio, no es posible decir que cada problema tiene su causa en una falla específica. Como los contactores y relevadores tienen movimiento mecánico, es posible que una armadura o cuchilla atorada origine contactos quemados, pegados, etc., con los daños resultantes en la unidad.

Si al medir se ve que el voltaje aplicado está dentro de los límites permisibles y que la carga de amperaje de los contactos es normal, es posible que el problema sea el roce o atoramiento mecánico. En estos casos es necesario revisar todos los eslabonamientos para ver si tienen atoramientos o demasiado juego, al igual que para ver si hay partículas de hierro en las caras polares, etc. Es raro que se peguen las partes mecánicas de un relevador, pero se conocen casos en los que cayeron arandelas, tuercas, etc. En el tablero de control durante su montaje. Los tornillos o cualquier cosa de hierro se pegan a la armadura a causa del magnetismo débil en el núcleo de hierro del imán y provocan mal funcionamiento del accionamiento del contacto. Es necesario desarmar y cepillar las partes para corregir el problema.

===== R26-15

===== **CORTOCIRCUITO EN BOBINA**

Si el voltaje aplicado a una bobina de relevador o contactor es demasiado alto o bajo, provocará el paso de mucha corriente, al igual que por un motor. Este paso excesivo de corriente producirá un sobrecalentamiento de la bobina, quemado del aislamiento entre devanados, y cortos entre las vueltas de conductor de la misma. Los cortos entre las vueltas reducen la fuerza magnética de la bobina así como un aumento del consumo de corriente.

Si la bobina es ruidosa a causa de espiras en corto, se quemará rápidamente debido a que la fuga de corriente y el calentamiento se van acumulando hasta llegar al quemado. Por lo tanto, las bobinas que zumban mucho se deben revisar y cambiar antes que se quemen.

===== R26-16

===== **BOBINA QUEMADA**

Las bobinas quemadas en los relevadores o contactores son el resultado de condiciones adversas de funcionamiento.

to. Es probable que la quemadura se deba a un defecto de la bobina misma, pero es remoto este caso. La razón principal de fallas de bobina es un voltaje inadecuado (véanse secciones R26-12 y R26-13). Las bobinas, al igual que otros aparatos eléctricos, se diseñan para trabajar a un voltaje aplicado nominal más o menos 10%. Las bobinas de 24 V trabajan con voltaje máximo de 26.4 V y voltaje mínimo de 21.6 V. Las de alto voltaje de un arrancador de motor o válvula solenoide con voltaje nominal de 120 V, resistirán un máximo de 132 V y un mínimo de 108 V. Los aparatos de 240 V resistirán 264 V como máximo y 216 V como mínimo.

En las unidades con sistema de control de 24 V, la fuente principal de bajo voltaje de control es la sobrecarga del transformador de bajo voltaje, por haber agregado motores de compuerta, válvulas solenoide, etc.. Cuando se energiza la bobina del contactor del compresor, se sobrecarga el motor del transformador, y su voltaje de salida baja a menos del límite mínimo. Con ello la armadura del contactor del compresor entra a una velocidad menor que la normal, se reduce la fuerza de sujeción de dicha armadura, y comienzan a rebotar y arquear los contactos, los cuales se pegan y hacen que pase algo más de corriente por la bobina, y finalmente se quema.

En todos los sistemas de control, asegúrese que el voltaje del circuito de control permanezca dentro de los límites de diseño cuando la carga conectada está trabajando. Si los voltajes de control no permanecen dentro de los límites, se debe dividir al sistema de control con relevadores, incluir más transformadores, o bien el transformador inicial de bajo voltaje se debe cambiar por una capacidad de AV mayor. Vea el diseño de circuitos eléctricos de la unidad en especial.

===== R26-17

===== **MOTOR SOBRECARGADO DEL  
VENTILADOR DEL CONDENSADOR**

El corte de corriente a la unidad de condensación por accionamiento de la protección de alta presión siempre se debe a demasiada diferencia de presiones. Si las demás causas de alta diferencia de presiones (véase sección R25-4) se han revisado y todo está bien, se debe medir el paso de corriente al motor del ventilador del condensador.

En las unidades de condensación con ventilador tipo hélice, la adición de resistencia al flujo de aire, además de la que ya tiene la unidad, hará que el motor del ventilador tome bastante más corriente y accione la protección de sobrecarga con restablecimiento automático del motor. Si el condensador tiene poco aire se provocará un aumento rápido de diferencia de presiones en la unidad, y accionará el corte por alta presión con restablecimiento manual. Al enfriar el motor del ventilador se pondrá en marcha, pero la unidad de condensación permanecerá apagada. Los ajustes inadecuados de velocidad del aire en unidades de condensación con soplador, u otros problemas inherentes con sopladores con transmisión de bandas (bandas demasiado

ensas, lubricante incorrecto que hace que los rodamientos se amarren, etc.) producen los mismos efectos. En las unidades que parecen salir por alta diferencia de presiones sin razón aparente, revise el paso de corriente al motor del soplador o ventilador para asegurarse que es menor que el amperaje máximo de placa.

## R26-18

### **MOTOR QUEMADO DEL VENTILADOR O SOPLADOR DEL CONDENSADOR**

Cuando se quema un motor de ventilador o soplador del condensador pueden existir cualquiera de las causas siguientes:

1. Alto voltaje (vease sección R26-12)
2. Bajo voltaje (vease sección R26-13)
3. Sobrecarga
4. Lubricación inadecuada<sup>1</sup>

## R26-18 1

### **Alto o bajo voltaje**

Como todos los aparatos eléctricos, los motores de soplador o ventilador de condensador están diseñados para trabajar con una tolerancia de voltaje de 10% de más o de menos, con respecto al voltaje nominal. Los motores de 240 V trabajan con voltajes aplicados de 264 V cuando mucho, y 216 V cuando menos. A voltajes mayores o menores que estos, el exceso de corriente ocasionará que el motor se queme.

Prácticamente todos los motores de ventilador o soplador de condensador están protegidos por corte contra sobrecarga con restablecimiento automático. Sin embargo, esas protecciones se deben dimensionar con tolerancias de funcionamiento para evitar cortes molestos cuando varía el voltaje por un momento, por lo tanto, hay unos límites de carga del motor, entre la normal y la máxima, que sobrecalienta el motor si dura cierto tiempo. Para tener mayor eficiencia en la unidad, asegúrese que el voltaje aplicado al motor esté entre los límites correctos.

<sup>1</sup> N. del T. En las unidades trifásicas, como se explicó antes, podría deberse a haber estado trabajando en una o dos fases por mal accionamiento del contactor. Además, en todo tipo de motores podría suceder que se hubiera acumulado tanta tierra y mugre en ese motor que se taparan las costillas de paso de aire de enfriamiento. También sucede con más frecuencia la que se cree, que se ponen a trabajar esos motores sin su propio ventilador de enfriamiento, por haberse roto o perdido. Si el ventilador o soplador tienen acoplamiento directo al motor, pueden estar desalineados, con lo cual los rodamientos del motor se someten a demasiado trabajo y se deterioran. En estos casos puede suceder que el despiece sea tal que el rotor del motor "arrastre" en el estator, se amarre y se queme.

## R26-18 2

### **Sobrecarga**

La sobrecarga del motor del ventilador del condensador es la causa más común de que se queme. En las unidades de condensación con ventilador<sup>2</sup> tipo hélice, cualquier incremento en la resistencia al paso del aire ocasionará un aumento en el paso de la corriente al motor. Por lo tanto, es necesario que no se agregue más resistencia a la unidad en forma de ductos de aire, persianas, parrillas, etc. Si se agregan para controlar la presión, se debe cambiar el motor del ventilador para que pueda manejar la mayor resistencia. También, es muy importante limpiar con regularidad las superficies del condensador para tener el paso completo del aire. Por diseño hay márgenes al seleccionar tamaños de motor, para tener en cuenta una acumulación normal de polvo en el condensador. Sin embargo, no se prevé la acumulación de hojas, papeles, pasto y otros desechos, y se deben quitar con regularidad, a intervalos que dependen de la rapidez con que se acumulen.

Las unidades de condensación con soplador usan del tipo centrífugo, y se comportan en forma distinta frente a aumentos de resistencia al paso del aire. Cuando sube la resistencia, disminuye la cantidad de aire manejado. Como disminuye la carga al motor a medida que disminuye la cantidad de aire manejado, disminuye la corriente que pasa por el motor. Por lo tanto, no existe el peligro de que se queme el motor en unidades con sopladores centrífugos, a causa de taponamiento del condensador.

Esto no elimina la posibilidad de sobrecargar al motor porque todas esas unidades tienen impulsor ajustable para dar la cantidad necesaria de aire a través del condensador, con distintas resistencias estáticas. Como es posible agregar ductos a la unidad para manejar el aire del condensador, debe ser posible ajustar la velocidad del soplador para compensar. Cuando aumenta la resistencia de los ductos, se debe aumentar la velocidad del soplador para tener el paso adecuado de aire.

Si cambia la resistencia del sistema de manejo de aire del condensador, como por ejemplo quitando ductos, persianas, parrillas, registros de acceso, etc., es de esperarse que el motor se sobrecargue. Por lo tanto, cuando la unidad este trabajando, todas las partes y tableros de la caja, al igual que las puertas de acceso a ductos, etc., deben estar en su lugar cuando trabaje la unidad.

## R26-18 3

### **Lubricación**

Se deben revisar y aceitar o engrasar los motores eléctricos que necesiten de lubricación periódica, con cuidado.

<sup>2</sup> N. del T. Quizá se usen más los motores con lubricación de grasa, a los que se aplican las indicaciones de arriba. Sin embargo, en ellos es mejor el riesgo de sobrelubricar, porque la grasa se agrega hasta que comienza a salir por un conducto especial. A veces se usan rodamientos "lubricados" o "lubricados de por vida", en estos casos, se deben seguir las instrucciones del fabricante de rodamientos.



y sentido común. El que baste  $\frac{1}{2}$  cucharadita de aceite una vez al año para lubricar la mayor parte de los motores normales no quiere decir que sea mejor más de  $\frac{1}{2}$  cucharadita de aceite una vez al año, o más de una vez al año. *Se dañan más motores por exceso de lubricación que por cualquier otra razón.*

Cuando un motor está sobrelubricado, el aceite o la grasa tan sólo se sale del cojinete y pasa al interior del armazón; se esparce por el interior del motor, cubriendo devanados, terminales e interruptor de arranque. En las partes móviles se forman gomas, se carbonizan las terminales, y fallan los contactos y el motor. Es mejor que el motor sólo se aceite cada 2 años que con mayor frecuencia que la especificada.

El tipo de aceite también es muy importante. El aceite debe ser lo suficientemente viscoso como para dar buena lubricación, pero no debe contener aceites, detergentes o cualquier otro aditivo. El Tres en Uno, el Finol, o cualquier otro aceite preventivo de oxidación no se deben usar en los motores de soplador o ventilador. También, nunca se debe usar aceite ordinario de motor, independientemente de su marca o grado. Use aceite para motores eléctricos, o aceite mineral refinado de la viscosidad especificada en el motor. En general, se pide aceite No. 10.

===== R26-19  
 ===== **RELEVADOR DE ARRANQUE**  
 ===== **QUEMADO O INADECUADO**

Los relevadores de arranque que se usan en refrigeración y aire acondicionado son de dos tipos, de corriente y de potencial.

===== R26-19 1  
 ===== **Relevadores de corriente**

El funcionamiento de los relevadores de corriente es el mismo que el de cualquier otro relevador. Se componen de una bobina magnética y un juego de contactos para controlar el circuito del devanado de arranque del motor. La figura R26-14 muestra un corte típico de un relevador de arranque de corriente. El campo magnético producido por la bobina jala una armadura con tensión de resorte, a la cual están fijos los contactos. Estos son del tipo normalmente abiertos, o sea, están abiertos cuando la bobina está desenergizada. La bobina magnética es de tipo de carga parásita conectada de tal modo que usa una pequeña parte de la energía suministrada al motor, para hacer trabajar el relevador. Para comprender esta función es necesario repasar la función de arranque del motor.

Cuando se conecta un motor eléctrico con una fuente de poder, lo que limita la cantidad de corriente que pasa por el motor es tan sólo la pura resistencia del devanado. Al ponerse en marcha el motor, esta resistencia aumenta con rapidez debido a la fuerza contraelectromotriz, o contravoltaje, que se genera en los devanados. Por lo tanto, la corrien-

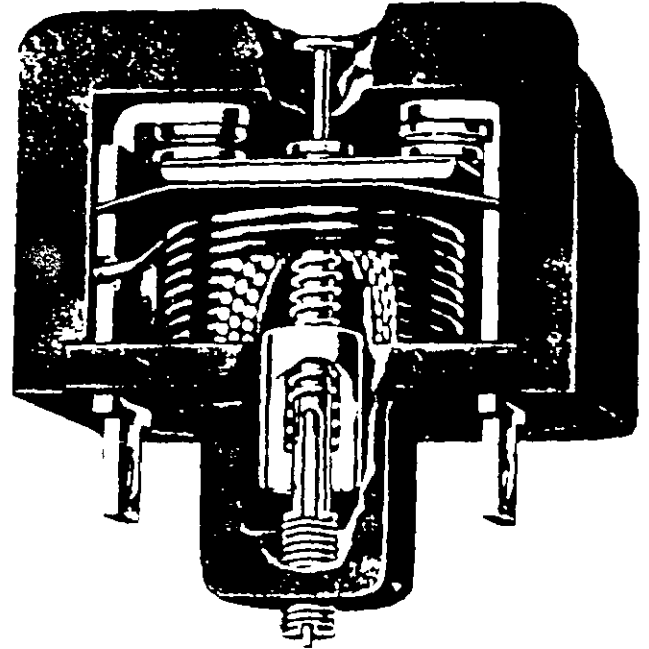


FIGURA R26-14 Relevador de corriente.

te inicial, que se llama *corriente de arranque*, o *corriente de rotor bloqueado*, puede ser de dos a cuatro veces más grande que la corriente normal de trabajo. La figura R26-15 muestra este paso de corriente por el motor eléctrico desde el instante en que se conecta el voltaje, hasta que el motor alcanza la velocidad a plena carga 1.5 segundos después. Como notará, la corriente de arranque es 21.6 A y la corriente normal de trabajo es 7.2 A. Entonces la corriente a rotor bloqueado es tres veces más que la normal.

Si por la bobina del relevador pasa toda la corriente que usa el motor, el relevador desarrollará mucho más fuerza magnética con la corriente de arranque que con la corriente normal de operación. Si la armadura en el relevador tiene tensión de resorte, ésta se puede ajustar de tal modo que abra el corte cuando la corriente alcanza el 80% de los

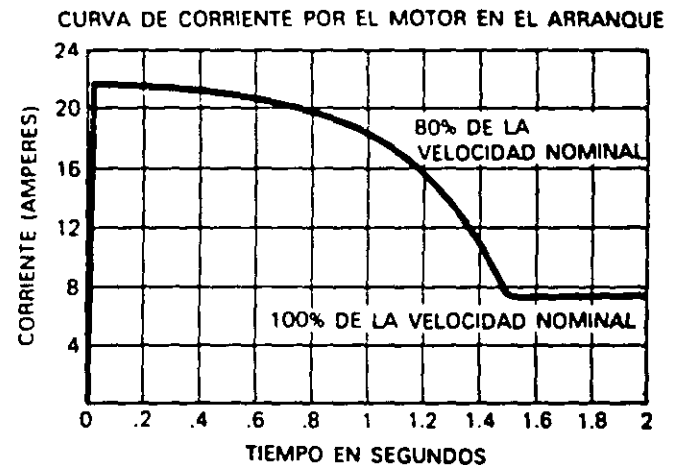


FIGURA R26-15 Paso de corriente por un motor al arranque.

límites a plena carga. Así, sale el devanado de arranque a la velocidad deseada y el motor trabaja con normalidad.

Como los contactos están normalmente abiertos y el relevador, en general, es de tipo sellado, no es posible comprobar el estado de los contactos con un óhmetro. Por lo tanto, la única prueba es cambiarlo por uno nuevo. Sin embargo, el relevador nuevo debe tener equivalencia exacta a la parte que quitó. Como la relación de corrientes de arranque a corrientes normales es distinta para los diversos tipos de motor, se debe usar un repuesto exacto para asegurar un arranque adecuado del motor.

==== R26-19 2  
 ==== Relevador de potencial

En las unidades de motor monofásico de gran potencia, el relevador de arranque se debe formar con una bobina con conductor tan grande que si usaran relevadores de corriente, el tamaño general de la bobina no sería práctico. También, el hecho de que los motores de arranque y marcha por capacitor que se usan en las unidades generan mayores voltajes en el devanado en serie con el capacitor de marcha, permite el empleo de un relevador con bobina de alto voltaje, que se llama "de potencial". Este relevador, que se muestra en la figura R26-16, usa una bobina de muchas vueltas capaz de manejar voltajes hasta 600 V, dependiendo del motor que vaya a controlar. También tiene un juego de contactos de un polo, un tiro, normalmente cerrados, conectados en el circuito del capacitor de arranque. Así, cuando el motor está parado, los contactos están cerrados y los capacitores de arranque están en el circuito, listos para poner en marcha el motor cuando se aplique el voltaje

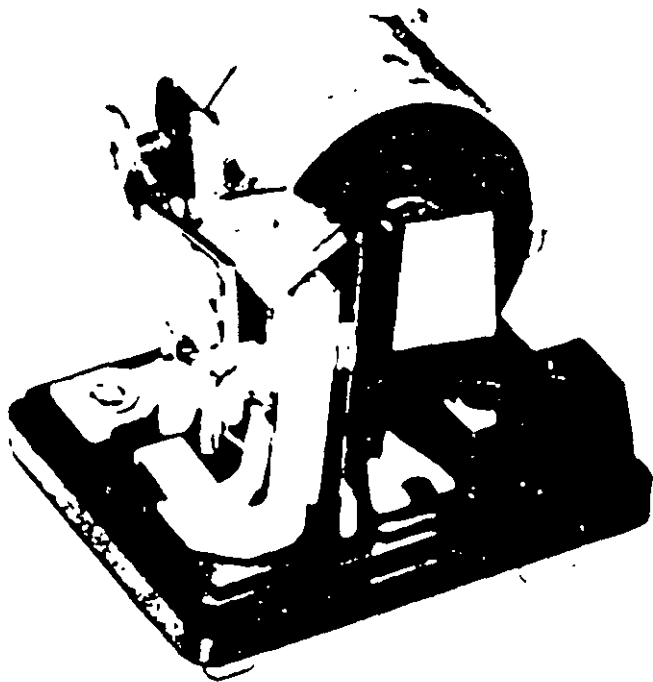


FIGURA R26-16 Relevador de potencial

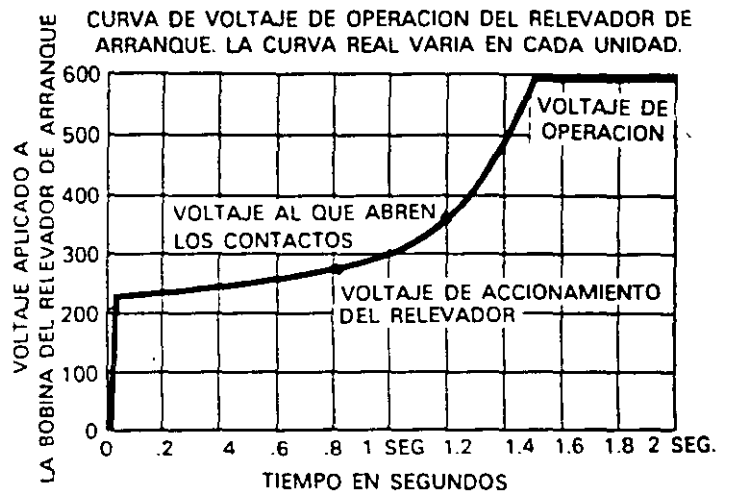


FIGURA R26-17 Voltaje en un relevador de potencial al arranque del motor.

Cuando el motor va tomando velocidad, el voltaje del devanado auxiliar o de arranque en el motor crece y se hace más grande que el voltaje aplicado. Cuando el motor alcanza un 80% de la velocidad normal de funcionamiento, esta acumulación de voltaje alcanza el valor requerido para accionar el relevador y éste jala los contactos de arranque, los cuales se abren. El capacitor de arranque sale del circuito y entonces el motor trabaja como motor con capacitor de marcha.

La figura R26-17 muestra una curva de voltaje contra tiempo, del voltaje que se desarrolla en el devanado auxiliar hasta cuando el motor alcance su velocidad a plena carga. Recuerde que el voltaje en la bobina siempre es bastante mayor que el voltaje aplicado. *Nunca coloque sus manos, o una herramienta, en las terminales de la bobina o el relevador cuando la unidad esté trabajando.* Debido a la demora mecánica desde cuando se activa la bobina para abrir los contactos, y la abertura real de ellos, se dimensionan las bobinas para jalar y abrir los contactos antes de alcanzar la velocidad deseada. La demora mecánica da entonces el tiempo adicional que permite que el motor alcance el 80% de la velocidad normal de funcionamiento para que se abran los contactos.

Si cambia el relevador por uno que tenga mayor voltaje de operación, o más tiempo de abertura, el motor se acelerará demasiado antes que abran los contactos. Con ello se tendrá un motor ruidoso, que posiblemente falle, y también se romperá el capacitor de arranque y se quemará el devanado auxiliar.

Si cambia el relevador por uno de menor voltaje de operación, sus contactos abrirán antes que el motor alcance la velocidad adecuada, y se amarrará y bajará su velocidad; con ello se tendrá un crecimiento y disminución muy rápidos de la velocidad del motor, los contactos del relevador abrirán y cerrarán rápidamente, se quemarán y quemarán también los capacitores de arranque. Por lo tanto, nunca cambie un relevador por otro de distintas características. Use partes de repuesto de fábrica, o diseñadas específicamente para remplazar la parte averiada.

Como el voltaje de accionamiento se compone del voltaje aplicado a la unidad, 240 V por ejemplo, más el voltaje generado (de 100 a 300 V dependiendo del motor de la unidad), el voltaje de accionamiento de la bobina puede ser entre 330 y 530 V. La prueba de la bobina se hace con un óhmetro después de haber sacado el relevador. Puede ser que la bobina esté bien, esté abierta, o esté en corto. Si la bobina está abierta, la aguja del óhmetro indicará resistencia infinita (o sea, la aguja no se mueve). Si la bobina se pone en corto, la aguja indicará resistencia de cero. Una bobina en buen estado indicará una resistencia de 50 a 10,000  $\Omega$ , dependiendo del caballaje del conjunto motor compresor de la unidad. Asegúrese que se usen las terminales correctas al medir las resistencias de las bobinas. En general son las terminales 2 y 5. El relevador puede no estar numerado con alguna norma de industria, y por lo tanto puede ser que no se apliquen los números 2 y 5.

Cuando mida la resistencia de la bobina se aconseja medir la de sus contactos. Lo deseable es que la resistencia sea de 1  $\Omega$  o menos. Cualquier resistencia mayor indica que los contactos están quemados y que se debe cambiar el relevador. Una indicación de resistencia infinita (no se mueve la aguja del óhmetro) quiere decir que un contacto está abierto, está quemado abierto, o que la armadura está atorada; se debe cambiar el relevador. *Por ningún motivo se debe reparar o ajustar el relevador, porque los voltajes de accionamiento son críticos.* Si se cambian los ajustes del relevador, o se usa otro distinto del original, o que no sea parte certificada para reemplazo, tan sólo se tendrán fallas en otras partes eléctricas, y se quemará el motor del compresor.

===== R26-20

===== **EL CAPACITOR DE ARRANQUE ESTA QUEMADO O ES INADECUADO** =====

La pérdida de función de un capacitor de arranque en el circuito de arranque del motor del compresor, tipo arranque por capacitor y marcha por capacitor, ocasiona la pérdida de la diferencia eléctrica entre los devanados de arranque y marcha del motor. Como consecuencia, el motor no producirá la rotación deseada ni arrancará. El consumo de corriente permanece alto por falta de la fuerza contraelectromotriz que produce la rotación del motor.

El paso continuado de esta alta corriente hace que se sobrecargue el compresor y se abran los cortes principales por sobrecarga. Sin estos dispositivos, el motor del compresor se sobrecalentaría con rapidez y se quemaría. Debido a la construcción del capacitor de arranque, y a que está diseñado para permanecer en el circuito durante un tiempo muy corto, la unidad enciende y apaga en ciclos cortos, o se amarra, o bien, si no abren los cortes del relevador de arranque, el capacitor de arranque se calienta con rapidez y se rompe. Teóricamente, la ventilación para alivio de presión en la parte superior del capacitor está allí para romperse y aliviar la presión de vapor que se desarrolla. Pero a veces explota la envolvente del capacitor y, si se aterrizan sus terminales, se quema el devanado de arranque del motor.

Rara vez se rompen los capacitores por estar defectuosos. Invariablemente, la ruptura es el resultado de función incorrecta de alguna otra parte eléctrica. Por lo tanto, si se tienen problemas con el capacitor de arranque, busque el problema en otras partes del sistema eléctrico, como por ejemplo alto voltaje (sección R26-12), bajo voltaje (sección R26-13), capacitor de marcha (sección R26-21), relevador de arranque (sección R26-19), o el conjunto del motor y compresor (sección R25-22). También existe la posibilidad de haber empleado una parte incorrecta que no tenga la capacidad en microfaradios adecuada, o que esté diseñada para trabajar con voltaje distinto al que se tiene.

Todos los capacitores se especifican en base al voltaje máximo de trabajo, y a su capacidad en microfaradios. Los capacitores de reposición deben tener los mismos microfaradios, más o menos 10%, y también un voltaje nominal máximo de 10% más que el de trabajo, para que trabajen bien.

Los capacitores, tanto de arranque como de marcha, se pueden probar fácilmente empleando un óhmetro. Los capacitores en realidad son tanques de almacenamiento eléctrico y tan sólo se necesita medir la capacidad que tienen para recibir y almacenar energía eléctrica. Por tanto, se puede emplear la fuente de poder del óhmetro como fuente de electricidad, y al óhmetro como medidor de flujo.

Un buen capacitor recibirá energía eléctrica tan rápidamente como la ceda la fuente de poder, hasta que se llene y ya no le quepa más. Por lo tanto, cuando se conecta un óhmetro con las terminales del capacitor, la corriente eléctrica será lo suficientemente alta como para que el óhmetro indique baja resistencia; sin embargo, a medida que el capacitor se llena, disminuyen su posibilidad de tomar energía eléctrica y el flujo de corriente. Esto hace que el óhmetro indique aumento de resistencia, porque el flujo de corriente disminuye. El decremento del flujo seguirá hasta que el capacitor se llene, y en ese punto se detiene el flujo y la aguja del óhmetro indica resistencia infinita. Cuando use el óhmetro para comprobar capacitores, asegúrese de dejarlo conectado durante un tiempo suficiente para llenar al capacitor. En los capacitores pequeños, esta acción es muy rápida. Pero en los grandes puede tardar 10 segundos o más. Si en la prueba no se mueve la aguja del óhmetro del punto cero después de conectar las terminales, independientemente del tiempo, el capacitor está en corto. Si la aguja no deja la indicación de resistencia infinita del óhmetro, el capacitor tiene abierto su circuito interno.

Un capacitor de arranque debe tener una resistencia de drenado entre sus terminales. Este resistor se usa para purgar toda carga del capacitor después que abran los contactos de arranque en el relevador correspondiente, al poner en marcha el motor del compresor. Este drenado de la carga del capacitor evita que se quemen los contactos del relevador de arranque cuando la unidad se para, y cierran los contactos y el capacitor entra de nuevo al circuito. En general, el resistor de puente es de  $\frac{1}{2}$ W, de 15,000 a 50,000  $\Omega$ . Si el capacitor de arranque no tiene resistencia, se debe instalar una para reducir la posibilidad de falla en el futuro.

Recuerde que para probar con precisión el capacitor, se debe desconectar una punta de la resistencia del capacitor,



FIGURA R26-18 Probador de capacitores  
(Cortesía de Robinair Manufacturing Corporation)

$$\mu F = \frac{\text{amperes} \times 2650}{\text{voltaje a través del capacitor}}$$

Por ejemplo, si se aplican 120 V al capacitor, y pasan 5 amperes por él, la capacidad en microfaradios es

$$\frac{5 \times 2650}{120} = 110.41666 \mu F$$

El capacitor "indica" ser de 110  $\mu F$ . Si la capacidad nominal es de 100 a 120  $\mu F$ , se puede usar. Si es mayor que 120  $\mu F$  o menor que 100  $\mu F$ , se debe desechar.

### ===== R26-21 CAPACITOR DE MARCHA QUEMADO O INADECUADO

Los capacitores de marcha tienen dos propósitos: dar la diferencia eléctrica entre los devanados de marcha y arranque para poner en marcha el motor, y emplear el devanado de arranque o auxiliar como segundo devanado cuando la unidad está trabajando. El empleo del capacitor de marcha y un devanado auxiliar para contribuir a la potencia del motor cuando está trabajando, produce más potencia y reduce el amperaje del motor.

Si el motor es del tipo de arranque y marcha por capacitor, el capacitor de marcha no da la diferencia eléctrica suficiente entre los devanados como para arrancar la unidad, y por lo tanto se necesitan un capacitor y un relevador de arranque. Si el capacitor de marcha se abre o se saca del circuito, la capacidad total disponible para poner en marcha el compresor, y el motor se amarra si trata de arrancar contra una gran diferencia entre la presión de succión y la de descarga. Si las presiones están igualadas, el motor puede arrancar, pero la gran corriente que pasa hará que corte la protección contra sobrecarga.

En los motores con compresor de capacitor de arranque, en los que sólo se usa el capacitor de marcha para arrancar y hacer trabajar al motor, el capacitor se ha dimensionado haciendo un balance entre las necesidades de arranque y de marcha, y por lo tanto no se necesitan capacitor ni relevador de arranque para poner en marcha al motor.

Si sale el capacitor del circuito hará que no pueda arrancar el motor, si el capacitor está abierto, o que arranque y funcione con demasiada corriente, si el capacitor está en corto. Prácticamente todos los capacitores de marcha tienen fusibles internos para que si se presenta un corto en el capacitor, se quema el fusible para proteger los devanados del motor del compresor.

Lo principal que se debe comprender en esta ocasión es que son tan necesarios los capacitores de marcha para arrancar el motor del compresor, como lo son los capacitores de arranque. Si no se tiene la capacidad correcta en el circuito, se tendrán malos arranques y mal funcionamiento.

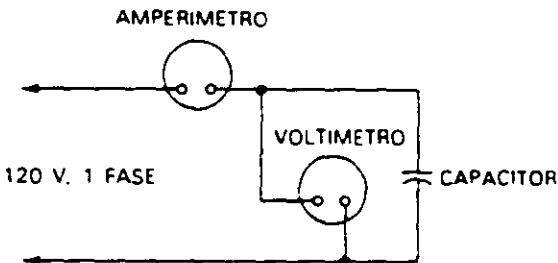


FIGURA R26-19 Conexiones para determinar capacitancia

Es absolutamente necesario emplear capacitores de la capacidad y voltaje de trabajo correctos en la unidad. Nunca remplace un capacitor de marcha por otro de distinta capacidad en microfaradios, menor voltaje de trabajo, o de diferente tipo.

Los capacitores de marcha se revisan del mismo modo que los de arranque (véase sección R26-20). La diferencia entre esos capacitores es que el de marcha tiene un fusible

interno. Si se hace lo de costumbre, de poner en corto el capacitor con un destornillador o un puente, se podría quemar el fusible interno debido al gran golpe de corriente y se quemaría el capacitor. Para descargarlo con seguridad, emplee un resistor de sangría, como el que tienen los capacitores de arranque, de  $\frac{1}{2}$ W, 15,000  $\Omega$ , con dos terminales aisladas.

## PROBLEMAS

- R26-1. La tolerancia de voltaje para sistemas monofásicos de refrigeración es + \_\_\_\_\_ % y - \_\_\_\_\_ %
- R26-2. La tolerancia de voltaje para sistemas trifásicos de refrigeración es + \_\_\_\_\_ % y - \_\_\_\_\_ %
- R26-3. En las unidades trifásicas el voltaje de los tres pares de terminales de la fuente de poder debe ser igual con una variación menor que \_\_\_\_\_ % entre ellas.
- R26-4. El límite de resistencia para los contactos cerrados es \_\_\_\_\_  $\Omega$  para los de alto voltaje y \_\_\_\_\_  $\Omega$  para los de bajo voltaje.
- R26-5. El fusible o interruptor termomagnético para motores ¿de qué tipo debe ser?
- R26-6. ¿Cuál sería una causa probable de fusible quemado, si la carga conectada nunca es mayor que la capacidad del fusible?
- R26-7. Se han empleado tres distintos arreglos de protección de sobrecarga con restablecimiento automático en los conjuntos de motor y compresor. ¿Cuáles son?
- R26-8. ¿Qué cosas tiene un "kit de arranque difícil"?
- R26-9. ¿Cuál es la tolerancia de valores, alto y bajo, de voltaje de entrada para una unidad monofásica de 240 V?
- R26-10. ¿Cuál es la tolerancia de valores, alto y bajo, de voltaje de entrada para una unidad trifásica de 208/230 V?
- R26-11. ¿Dónde se debe medir el voltaje cuando se pone en marcha y se hace trabajar una unidad?
- R26-12. ¿Cuál es la causa más frecuente de ruido y quemado de bobina de relevador?
- R26-13. ¿Aumentará o disminuirá la corriente por el motor del ventilador de hélice cuando aumenta la resistencia al movimiento del aire?
- R26-14. ¿Aumentará o disminuirá la corriente por el motor del ventilador del soplador cuando aumenta la resistencia al movimiento del aire?
- R26-15. Se puede emplear un sistema de ductos con una unidad que tenga ventilador de hélice. ¿Cierto o falso?
- R26-16. Se puede emplear aceite automotriz con buenos resultados para lubricar motores eléctricos. ¿Cierto o falso?
- R26-17. Los relevadores de arranque que se usan en unidades de refrigeración o de aire acondicionado son de dos tipos. ¿Cuáles son?
- R26-18. El voltaje de funcionamiento de un relevador de corriente está entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ V.
- R26-19. Los relevadores de arranque se ajustan con facilidad. ¿Cierto o falso?
- R26-20. La tolerancia de valores nominales de capacidad en microfaradios, para cambiar un capacitor, es de + \_\_\_\_\_ % a - \_\_\_\_\_ %.
- R26-21. La tolerancia de valores nominales de voltaje, para cambiar un capacitor, es de + \_\_\_\_\_ % a - \_\_\_\_\_ %.
- R26-22. Cuando se emplea un amperímetro y un voltímetro para determinar la capacidad de un capacitor, ¿qué fórmula se usaría?
- R26-23. Todos los capacitores de marcha tienen fusibles internos. ¿Cierto o falso?



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **R 27 LA CARGA DE REFRIGERACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# La carga de refrigeración

≡≡≡ R27-1  
**GENERALIDADES**

La carga de refrigeración total del sistema expresada en Btu/hr, viene de muchas fuentes de calor. La figura R27-1 representa una vista de corte de un cuarto de almacenamiento refrigerado, en un supermercado. Note las fuentes de calor causadas por:

1. Transmisión de calor.
  - a. La diferencia de temperatura de 60 °F, entre el aire exterior a 95 °F y la temperatura del cuarto a 35 °F, lo cual puede causar mucha conducción de calor.
  - b. El efecto del sol sobre el techo y paredes es calor radiante.
2. Infiltración de aire.
  - a. El aire que entra al cuarto como un resultado de abrir y cerrar las puertas durante el trabajo normal.
  - b. El aire que entra al cuarto a través de las grietas en la construcción o por los sellos de las puertas.
  - c. El aire que puede ser introducido a propósito por razones de ventilación.
3. Cargas de los productos, las cuales vienen de calor(es), contenido(s) dentro del producto que se almacena. En algunos casos es calor sensible o seco, tal como al enfriar enlatados desde la temperatura ambiente hasta 35 °F, o puede ser una combinación de calor seco (sensible) y húmedo (calor latente); si el producto debe congelarse, hay requisitos adicionales respecto al calor latente de congelamiento. Algún calor es también el resultado de cambios químicos tales como la maduración de las frutas.
4. Cargas suplementarias causadas por cosas tales como las luces eléctricas, motores, herramientas y también las que proceden de personas.

Aunque los ingenieros de diseño de refrigeración son básicamente responsables de la estimación de las cargas y

de la planificación y aplicación del equipo, el técnico de refrigeración debe entender cómo afectan estas cargas la operación del sistema, de tal manera que pueda ajustar el equipo para que opere en una forma consistente con las recomendaciones del ingeniero de diseño

≡≡≡ R27-2  
**TRANSMISION DE CALOR**

La ganancia de calor a través de las paredes, pisos y cielos rasos variará con el tipo de construcción, el área expuesta a diferentes temperaturas, el tipo y espesor del aislamiento y la diferencia de temperatura entre el espacio y el aire ambiente.

La conductividad térmica varía directamente con el tiempo, área y diferencia de temperatura y se expresa en Btu/hr. por pie cuadrado de área, por grados Fahrenheit de diferencia de temperatura, por pulgada de espesor.

Se ve fácilmente que para reducir la transferencia de calor, el factor de conductividad térmica (basado en la composición del material) debe ser tan bajo como sea posible y el material tan grueso como sea económicamente factible.

La transferencia de calor a través de cualquier material está también sujeta a, y afectada por la resistencia de la superficie al flujo de calor, lo cual está determinado por el tipo de superficie (rugoso o suave); su posición (vertical u horizontal); sus propiedades reflectivas; y la velocidad del flujo de aire sobre la superficie.

Extensivas pruebas han sido realizadas por muchos laboratorios para determinar valores precisos para la transferencia de calor a través de todos los materiales comunes para la construcción. Ciertos materiales (como aislamientos) tienen una alta resistencia al flujo de calor, otros no son tan buenos.

Para simplificar la tarea de calcular las pérdidas de calor, la industria ha desarrollado un término llamado *Resistencia (R)*, el cual es la oposición al flujo de calor, bien sea en una pulgada de material o para un espesor específico.

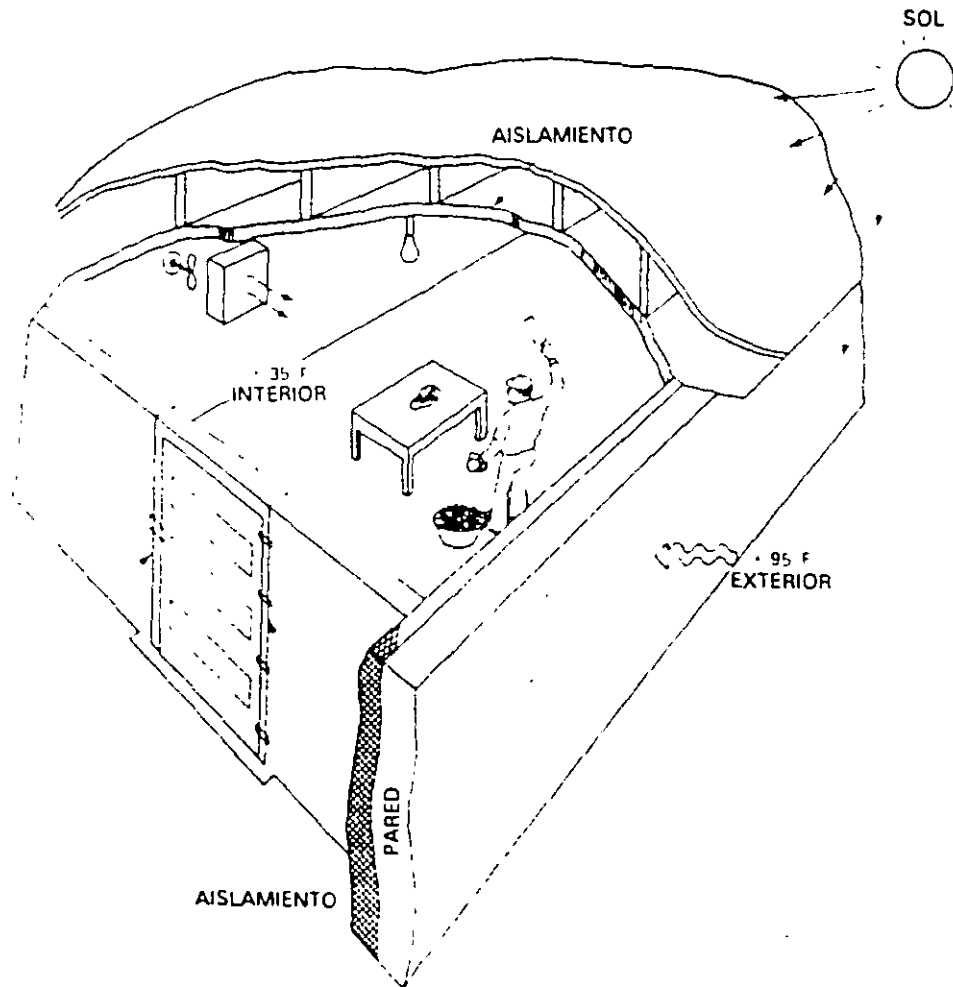


FIGURA R27-1 Cuarto de almacenamiento refrigerado

cado, o de un espacio de aire, una película de aire o un conjunto completo. Su valor se expresa como grados Fahrenheit de diferencia de temperatura por Btu por hora por pie cuadrado. Un valor alto de  $R$ , indica bajos flujos de calor. La resistencia de varios componentes de una pared pueden sumarse para obtener la resistencia total

$$RT = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

La figura R27-2 lista algunos valores de  $R$  para materiales de construcción comunes, con el fin de ilustrar la diferencia en las características del flujo de calor. Para listas más extensas de valores de  $R$  refiérase al manual J de la ACCA.

La cantidad real de transmisión de calor ( $Q$ ) a través de una sustancia o material se calcula luego por la fórmula:

$$Q = U \times A \times TD$$

donde

$$Q = \text{transferencia de calor, Btu/hr}$$

$U$  = coeficiente global de transferencia de calor Btu/hr (pie<sup>2</sup>)(°F ΔT).

$U = 1/R$ , (para varios componentes,  $R_t = R_1 + R_2 + R_3$ )

$A$  = área en pie<sup>2</sup>

$DT$  = Diferencia de temperatura entre las temperaturas de diseño interior y exterior.

Por ejemplo calcule el flujo de calor a través de un bloque de concreto de 8 pulg (figura R27-3), con un área de 100 pies<sup>2</sup>, que tiene una diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de 60 °F.

El valor de  $R$  para una pared de concreto de 8 pulg (vea la figura R27-2) es 1.72.

$U$  es por consiguiente igual a  $1/R = 1/1.72 = 0.58$  Btu/(hr × pie<sup>2</sup> × °F).

$Q = 0.58 \times 100 \text{ pies}^2 \times 60 \text{ °F} = 3.480$  Btu/hr flujo de calor al interior del espacio.



## FIGURA R27-2

Coefficientes típicos de transmisión de calor

Material	Densidad (lb/pie <sup>3</sup> )	Temp Media (°F)	Conduc- tibilidad k	Conduc- tancia C	Resistencia R	
					Por pulg	Total
<b>Materiales aislantes</b>						
Manta de lana mineral	0.5	75	0.32		3.12	
Manta de fibra de vidrio	0.5	75	0.32		3.12	
Lamina de corcho	6.5-8.0	0	0.25		4.0	
Lamina de fibra de vidrio	9.5-11.0	-16	0.21		4.76	
Uretano expandido, R11		0	0.17		5.88	
Poliuretano expandido	1.0	0	0.24		4.17	
Lamina de lana mineral	15.0	0	0.25		4.0	
Aislamiento para techo, 2 pulg		75		0.18		5.56
Lana mineral empacada floja	2.0-5.0	0	0.23		4.35	
Perlita, expandida	5.0-8.0	0	0.32		3.12	
<b>Materiales de mampostería</b>						
Concreto, arena y grava	140		12.0		0.08	
Ladrillo común	120	75	5.0		0.20	
Ladrillo a la vista	130	75	9.0		0.11	
Bloque hueco, dos celdas 6 pulg		75		0.66		1.52
Bloque de concreto arena y grava 8 pulg		75		0.90		1.11
Bloque de concreto de cenizas 8 pulg		75		0.58		1.72
Estuco	105	75	5.6		0.18	

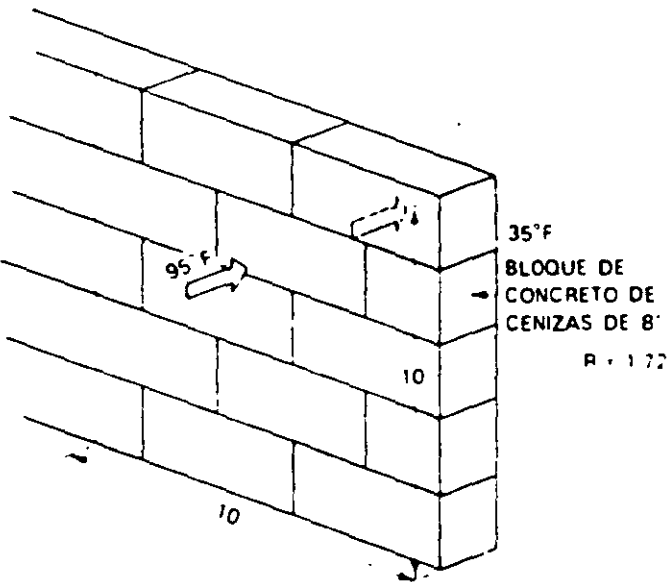


FIGURA R27-3 Muro de bloques de escoria

$$R_i = R_1 (\text{bloque de concreto}) + R_2 (6 \text{ pulg de aislamiento})$$

$$R_i = 1.72 + 18.72 (\text{valor de } R \text{ para 1 pulg de aislamiento} = 3.12) \\ (R_2 \text{ entonces es igual } 6 \times 3.12 = 18.72)$$

$$R_i = 20.44$$

Por consiguiente

$$U = 1/20.44 = 0.049$$

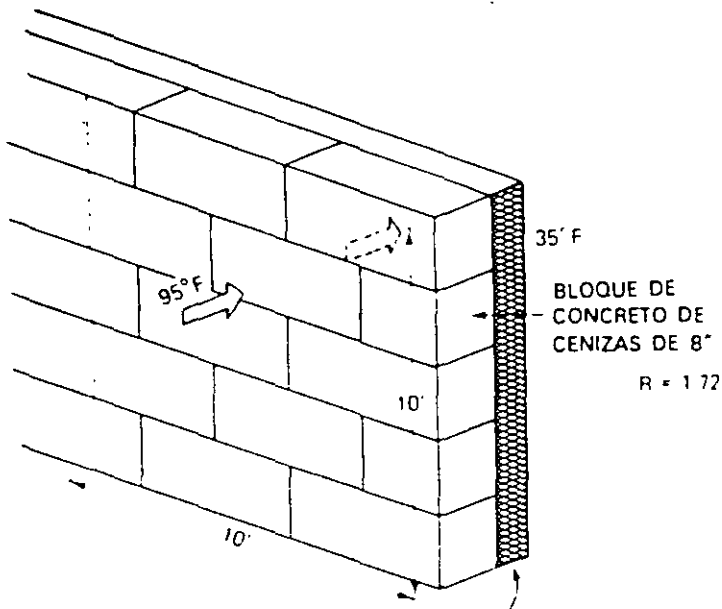
$$Q = 0.049 \times 100 \text{ pies}^2 \times 60^\circ\text{F} = 294 \text{ Btu/hr}$$

El ejemplo anterior demuestra el efecto acumulativo de los valores de  $R$  al determinar la resistencia total de la pared, pero también muestra dramáticamente la reducción de calor que puede alcanzarse mediante el aislamiento apropiado, en este caso, desde 3.480 Btu/hr hasta 294 Btu/hr, lo cual reducirá drásticamente el tamaño del equipo necesario y los costos de operación resultantes.

El aislamiento es el método más eficaz de reducir la transmisión de calor. Hay varios productos que se acomodan a los requerimientos de cada aplicación aunque unos son mejores que otros. Las clasificaciones generales de las

Añada ahora un aislamiento de 6 pulg de fibra de vidrio a la pared (figura R27-4) y recalcula la carga de transmisión.

$$\text{Factor } U = 1/R,$$



(AÑADA 6" DE AISLAMIENTO R = 3 12 POR PULG)

FIGURA R27-4 Muro de bloques de escoria con aislamiento

formas disponibles de aislamiento son 1) material flojo, 2) flexible, 3) rígido o semirrígido, 4) reflectivo y 5) en forma de espuma.

El aislamiento con material flojo (figura R27-5) se usa principalmente en estructuras residenciales. Los aislamientos flexibles tales como fibra de vidrio en mantas o en rollos (figura R27-6), son también comunes en las construcciones nuevas y vienen con un material, tal como el papel Kraft, que actúa como barrera de vapor. Algunos están disponibles con material reflectivo, para reducir los efectos del calor radiante.

Los aislamientos rígido y semirrígido (figura R27-7) son hechos de materiales tales como lamina de corcho,



FIGURA R27-5 Aislamiento de relleno suelto.

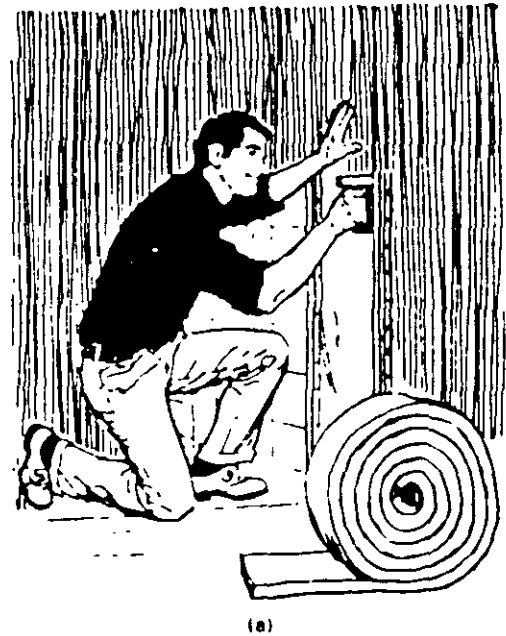


FIGURA R27-6 Aislamiento en colchoneta o en rollo

poliestireno, espuma de vidrio, poliuretano, los cuales son fabricados en varias dimensiones y formas, tales como placas, laminas o bloques. Algunas tienen cierto grado de fuerza estructural, otras no. En esta categoría se encuentra la mas amplia aplicación a la refrigeración comercial: enfriadores, congeladores, vitrinas, etc. A causa de su densidad y composición celular, ofrecen una barrera de vapor incorporado, contra la penetración de humedad.

El aislamiento en forma de espuma, preparado en el lugar (figura R27-8) se usa ampliamente para llenar cavidades que son difíciles de aislar y también para cubrir recipientes, etc., donde se necesita un control efectivo de la temperatura y un sello de agua. El aislamiento tipo es

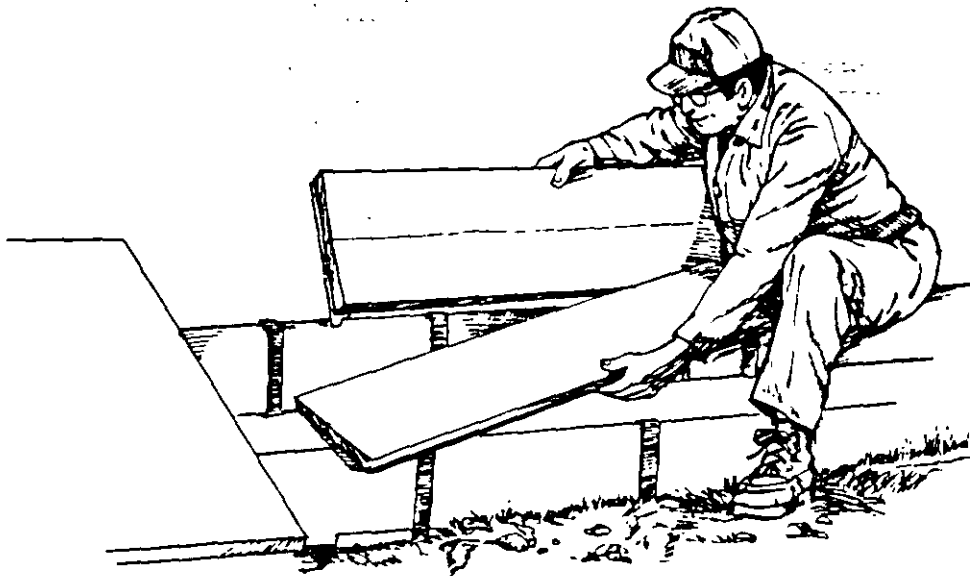


FIGURA R27-7 Instalación de una lamina rigida de aislamiento

se usa junto con los aislantes rígidos, en la construcción de cuartos refrigerados.

Independientemente del tipo de aislamiento usado, el control de la humedad es muy importante. La figura R27-9 representa los cambios graduales de temperatura dentro del material aislante desde 90 °F en el exterior hasta 40° en el interior. A 90 °F el aire caliente tiene una temperatura de punto de rocío de 83° F (*temperatura de punto de rocío*, es donde ocurre la condensación del vapor a líquido). Como se ilustra, cuando no hay un sello de vapor efectivo (barrera) sobre el lado caliente, el agua se condensará en el interior del aislamiento. El agua es un buen conductor de calor; cerca de 15 veces más que la fibra de vidrio. Así, si hay agua en el aislamiento, su resistencia se verá grandemente reducida, sin mencionar el problema físico que causa en la construcción.

Por consiguiente, el aislamiento debe estar seco cuando se instala y debe sellarse perfectamente, para que permanezca seco.

Los sellos de vapor pueden hacerse de varios materiales: carcasa de metal, foil de metal, película plástica, recubrimiento con asfalto, etc. Algunos son más eficaces que otros y la selección depende de la aplicación. La habilidad de un material para resistir la transmisión de vapor de agua se mide en *permes*, un término relativo a la permeabilidad. Hay tablas con datos para varios materiales, disponibles de fuentes industriales. En general las barreras de vapor de un perm o menos son satisfactorias para trabajo de confort de calefacción o enfriamiento, en residencias. Pero en aplicaciones de refrigeración comercial de baja temperatura, tales como congeladores, se necesitan materiales con 0.10 permes o menos. Como con el aislamiento y flujo de calor, la

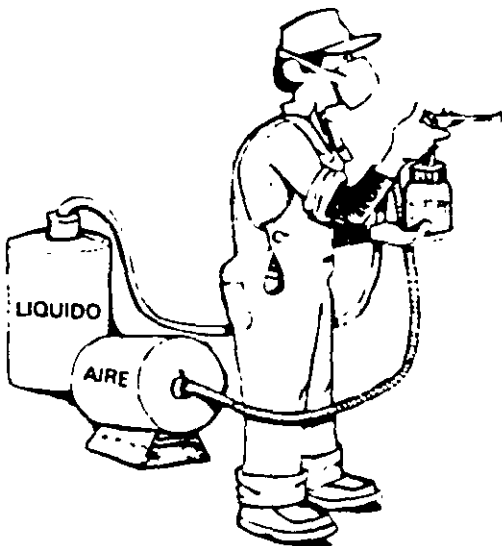


FIGURA R27-8 Aplicación de espuma de aislamiento

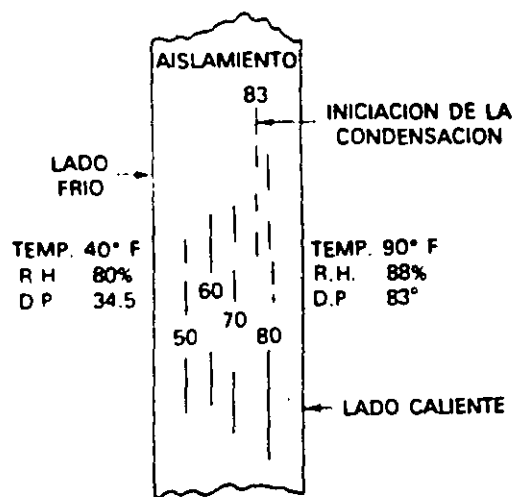


FIGURA R27-9

resistencia al flujo de vapor es una función de la composición de todos los materiales y su construcción y no únicamente de la permeabilidad de la barrera de vapor en sí misma.

La eficacia del aislamiento y la barrera de vapor se reducen grandemente si existen aperturas, no importa qué tan pequeñas sean. Tales aperturas pueden ser causadas por trabajo deficiente durante la construcción o por sellado negligente alrededor de aperturas para líneas de refrigerante, líneas de drenaje, alambrado eléctrico, etc., todos los cuales son parte de la responsabilidad del técnico de refrigeración.

==== R27-3  
**EFFECTO DEL SOL**

El primer factor de radiación involucrado en la carga de refrigeración, es la ganancia de calor de los rayos del Sol. Si las paredes del espacio refrigerado están expuestas al Sol, el calor adicional será añadido a la carga de calor. Para facilitar la estimación de la carga, debe incrementarse el diferencial de temperatura por el factor mostrado en la figura R27-10, la cual está en grados Fahrenheit que deben añadirse a la diferencia de temperatura normal entre las condiciones de diseño interior y exterior.

==== **FIGURA R27-10**  
 Incremento para el efecto del Sol

Tipo de estructura	Pared este	Pared sur	Pared oeste	Techo plano
Superficies con color oscuro Pizarra alquitran asfalto pintura negra	8	5	8	20
Superficies con color medio Ladrillo bloque rojo madera sin pintar, cemento oscuro	6	4	6	15
Superficies con colores claros Piedra blanca cemento con color claro pintura blanca	4	2	4	9

==== R27-4  
**TEMPERATURAS DE DISEÑO**

Las condiciones de diseño recomendadas, son el resultado de extensos estudios del National Weather Service. Para aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración, la máxima carga ocurre durante el tiempo más cálido. Sin embargo no es ni económico ni práctico, diseñar el equipo para la temperatura más alta que pueda posiblemente ocurrir, ya que esta temperatura pico puede durar sólo algunas horas. Por consiguiente las temperaturas de diseño escogidas son menores que aquellas. La figura R27-11 es una parte

de los datos de condiciones exteriores para diseño, de ACCA, que tiene una lista de las temperaturas recomendadas, de bulbo seco y bulbo húmedo, para las principales ciudades en diversos estados de Estados Unidos.

==== R27-5  
**INFILTRACION DE AIRE**

Cualquier aire exterior que entre al espacio refrigerado debe ser reducido a la temperatura de almacenamiento, incrementando así la carga de refrigeración. Además, si el contenido de humedad del aire que entra es superior al del espacio refrigerado, el exceso de humedad se condensará y el calor latente de condensación se añadirá a la carga de refrigeración.

A causa de las muchas variables envueltas, es difícil calcular el valor adicional ganado por la infiltración de aire. El tránsito adentro y afuera del refrigerador usualmente varía con su tamaño y volumen. Por consiguiente, el número de veces que las puertas se abren, se relacionan al volumen más bien que al número de puertas.

Algunos ingenieros usan el método del cambio de aire para estimar la infiltración, este método se basa en el número promedio de cambios de aire en un periodo de 24 horas comparado con el volumen del refrigerador, como se ilustra en la figura R27-12. Note que esto es para cuartos sobre 32 °F. Para uso más pesado se requiere incrementar los valores al doble. Para almacenamiento a 0 °F o por debajo el uso será normalmente menor y los valores se reducen.

Otras formas de computar la infiltración es por medio de la velocidad del flujo de aire a través de una puerta abierta. Se dispone de listas para velocidad de infiltración promedio dependiendo de la altura de la puerta y diferencia de temperatura. Si puede determinarse el número promedio de veces que la puerta se abre cada hora, puede calcularse la infiltración horaria promedio. Una vez que ha sido determinada la tasa de infiltración promedio en pies cúbicos por hora, por uno u otro método, la carga de calor puede ser calculada de la ganancia de calor por pie cúbico, dado en la figura R21-11.

Asuma que el volumen de un cuarto refrigerado es de 1,000 pies<sup>3</sup> y la temperatura de almacenamiento es de 40 °F, con la temperatura exterior de 95 °F y 60% de humedad relativa. En la figura R27-12 observe que un volumen de 1,000 pies<sup>3</sup> tendrá un promedio de 17.5 cambios de aire por 24 horas, o una infiltración de 17,500 pies<sup>3</sup> en 24 horas (1,000 × 17.5). En la figura R27-13 advierta que para un cuarto a 40 °F, con 95 °F de temperatura exterior y 60% de humedad relativa los Btu/pie<sup>3</sup> de calor son 2.62. Por consiguiente en 24 horas la carga es 2.62 × 17,500 o 48,850 Btu; en una hora, 48,850 dividido por 24 o 1,910 Btu/hr.

Si en algunos sistemas hay ventilación positiva, suministrada por medio de ventiladores, la carga de ventilación reemplazará la carga de infiltración (si es mayor) y el calor ganado puede calcularse en la base del volumen de aire del equipo de ventilación.

Lugar	Bulbo seco, °F, 2½%, diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño	Lugar	Bulbo seco, °F, 2½%, diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño	Lugar	Bulbo seco, °F, 2½%, diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño
<b>ALABAMA</b>			<b>GEORGIA</b>			Springfield,		
Birmingham AP	94	75	Atlanta AP (S)	92	74	Westover AFB	87	71
Mobile AP	93	77	Savannah-Travis AP	93	77	Worcester AP	84	70
Montgomery AP	95	76	Valdosta-Moody AFB	94	77	<b>MICHIGAN</b>		
<b>ALASKA</b>			<b>HAWAII</b>			Detroit		
Anchorage AP	68	58	Hilo AP (S)	83	72	Grand Rapids AP	88	72
Barrow (S)	53	50	Honolulu AP	86	73	Marquette CO	81	69
Juneau AP	70	58	<b>IDAHO</b>			<b>MINNESOTA</b>		
<b>ARIZONA</b>			Boise AP (S)	94	64	International Falls AP	83	68
Flagstaff AP	82	55	Coeur D'Alene AP	86	61	Minneapolis/St Paul AP	89	73
Phoenix AP (S)	107	71	<b>ILLINOIS</b>			Rochester AP	87	72
Tucson AP (S)	102	66	Carbondale	93	77	<b>MISSISSIPPI</b>		
<b>ARKANSAS</b>			Chicago CO	91	74	Biloxi, Keesler AFB	92	79
El Dorado AP	96	76	Springfield AP	92	74	Jackson AP	95	76
Fayetteville AP	94	73	<b>INDIANA</b>			Tupelo	94	77
Little Rock AP (S)	96	77	Evansville AP	93	75	<b>MISSOURI</b>		
<b>CALIFORNIA</b>			Indianapolis AP (S)	90	74	Kansas City AP	96	74
Bakersfield AP	101	69	South Bend AP	89	73	St. Louis CO	94	75
Eureka/Arcata AP	65	59	<b>IOWA</b>			Springfield AP	93	74
Los Angeles CO (S)	89	70	Burlington AP	91	75	<b>MONTANA</b>		
Sacramento AP	98	70	Des Moines AP	91	74	Billings AP	91	64
San Bernadino,			Mason City AP	88	74	Butte AP	83	56
Norton AFB	99	69	<b>KANSAS</b>			Great Falls AP (S)	88	60
San Diego, AP	80	69	Salina	100	74	<b>NEBRASKA</b>		
San Francisco CO	71	62	Topeka AP	96	75	Lincoln CO (S)	95	74
San Jose AP	81	65	Wichita AP	98	73	Omaha AP	91	75
<b>COLORADO</b>			<b>KENTUCKY</b>			Scottsbluff AP	92	65
Denver AP	91	59	Bowling Green AP	92	75	<b>NEVADA</b>		
Durango	87	59	Lexington AP (S)	91	73	Las Vegas AP (S)	106	65
Fort Collins	91	59	Louisville AP	93	74	Reno CO	93	60
<b>CONNECTICUT</b>			<b>LOUISIANA</b>			<b>NEW HAMPSHIRE</b>		
Hartford, Brainerd Field	88	73	Baton Rouge AP	93	77	Berlin	84	69
New Haven AP	84	73	New Orleans AP	92	78	Concord AP	87	70
<b>DELAWARE</b>			Shreveport AP (S)	96	76	Manchester,		
Wilmington AP	89	74	<b>MAINE</b>			Grenier AFB	88	71
<b>DISTRICT OF COLUMBIA</b>			Bangor, Dow AFB	83	68	<b>NEW JERSEY</b>		
Washington			Caribou AP (S)	81	67	Atlantic City CO	89	74
National AP	91	74	Portland (S)	84	71	Newark AP	91	73
<b>FLORIDA</b>			<b>MARYLAND</b>			Trenton CO	88	74
Gainesville AP (S)	93	77	Baltimore CO	89	76	<b>NEW MEXICO</b>		
Jacksonville AP	94	77	Cumberland	89	74	Albuquerque AP (S)	94	61
Key West AP	90	78	Salisbury (S)	91	75	Las Cruces	96	64
Miami AP (S)	90	77	<b>MASSACHUSETTS</b>			Santa Fe CO	88	61
Orlando AP	93	76	Boston AP (S)	88	71	<b>NEW YORK</b>		
Tallahassee AP (S)	92	76	New Bedford	82	71	Albany CO	88	72
Tampa AP (S)	91	77				Buffalo AP	85	70

FIGURA 327-1 (Continuación)

Lugar	Bulbo seco, °F, 2½% diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño	Lugar	Bulbo seco, °F, 2½% diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño	Lugar	Bulbo seco, °F, 2½% diseño	Bulbo húmedo, °F coincidente, diseño
NYC Central Park (S)	89	73	<b>TENNESSEE</b>			Sheridan AP	91	62
Rochester AP	88	71	Chattanooga AP	93	74	<b>ALBERTA</b>		
Syracuse AP	87	71	Memphis AP	95	76	Calgary AP	81	61
<b>NORTH CAROLINA</b>			Nashville AP (S)	94	74	Edmonton AP	82	65
Charlotte AP	93	74	<b>TEXAS</b>			<b>BRITISH COLUMBIA</b>		
Raleigh Durham AP (S)	92	75	Corpus Christi AP	94	78	Vancouver AP (S)	77	66
Wilmington AP	91	78	Dallas AP	100	75	Victoria CO	73	62
<b>NORTH DAKOTA</b>			Houston CO	95	77	<b>MANITOBA</b>		
Bismarck AP (S)	91	68	Lubbock AP	96	69	Flin Flon	81	66
Fargo AP	89	71	San Antonio AP (S)	97	73	Winnipeg AP (S)	86	71
Grand Forks AP	87	70	<b>UTAH</b>			<b>NEW BRUNSWICK</b>		
<b>OHIO</b>			Cedar City AP	91	60	Fredericton AP (S)	85	69
Cincinnati AP	90	72	Provo	96	62	Saint John AP	77	65
Cleveland AP (S)	88	72	Salt Lake City AP (S)	95	62	<b>NEWFOUNDLAND</b>		
Columbus AP (S)	90	73	<b>VERMONT</b>			Gander AP	79	65
<b>OKLAHOMA</b>			Barre	81	69	St. John's AP (S)	75	65
Muskogee AP	98	75	Burlington AP (S)	85	70	<b>NORTHWEST TERR.</b>		
Oklahoma City AP	97	74	Butland	84	70	Fort Smith AP (S)	81	64
Tulsa AP	98	75	<b>VIRGINIA</b>			Yellowknife AP	77	61
<b>OREGON</b>			Norfolk AP	91	76	<b>NOVA SCOTIA</b>		
Eugene AP	89	66	Richmond AP	92	76	Halifax AP (S)	76	65
Medford AP (S)	84	67	Roanoke AP	91	72	Yarmouth AP	72	64
Portland AP	85	67	<b>WASHINGTON</b>			<b>ONTARIO</b>		
<b>PENNSYLVANIA</b>			Bellingham AP	77	65	Sudbury AP	83	67
Allentown AP	88	72	Seattle Tacoma AP (S)	80	64	Thunder Bay AP	83	68
Philadelphia AP	90	74	Spokane AP (S)	90	63	Toronto AP (S)	87	72
Pittsburgh AP	88	71	<b>WEST VIRGINIA</b>			<b>PRINCE EDWARD ISLAND</b>		
<b>RHODE ISLAND</b>			Charleston AP	90	73	Charlottetown AP (S)	78	68
Providence AP	86	72	Huntington CO	91	74	<b>QUEBEC</b>		
<b>SOUTH CAROLINA</b>			Wheeling	86	71	Chicoutimi	83	68
Charleston CO	92	78	<b>WISCONSIN</b>			Montreal AP (S)	85	72
Columbia AP	95	75	Green Bay AP	85	72	Quebec AP	84	70
Greenville AP	91	74	Madison AP (S)	88	73	<b>SASKATCHEWAN</b>		
<b>SOUTH DAKOTA</b>			Milwaukee AP	87	73	Regina AP	88	68
Aberdeen AP	91	72	<b>WYOMING</b>			Saskatoon AP (S)	86	66
Pierre AP	95	71	Casper AP	90	57	<b>YUKON TERRITORY</b>		
Spearhead AP	91	72	Cheyenne AP	86	58	Whitehorse AP (S)	77	53

AP: Aeropuerto  
CO: Aglomeración ciudad

**CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO POR 24 HR  
PARA CUARTOS DE ALMACENAMIENTO DEBIDO A  
INFILTRACION Y APERTURAS DEL CUARTO  
(Sobre 32 °F)**

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
R27-6  
**CARGA DE PRODUCTO**

La carga de producto es cualquier ganancia de calor debida al producto en el espacio refrigerado. La carga puede ser el resultado de un producto que viene al refrigerador de una temperatura mayor que la del área de almacenamiento, de un proceso de enfriamiento o congelación o del calor de respiración de productos perecibles. La carga total de producto es la suma de los varios tipos de carga de producto de una aplicación en particular.

Para calcular la carga de refrigeración de producto para productos alimenticios, sólidos y líquidos, es esencial saber sus puntos de congelamiento, colores específicos, porcentaje de agua, etc. La figura R27-14 es una muestra de datos de productos alimenticios tomada de información del ASHRAE.

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
R27-7  
**CALOR SENSIBLE SOBRE  
EL CONGELAMIENTO**

La mayoría de los productos están a mayor temperatura que la del espacio refrigerado. Ya que muchos alimentos

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 hr	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de aire por 24 hr
200	44.0	6.000	6.5
300	34.5	8.000	5.5
400	29.5	10.000	4.9
500	26.0	15.000	3.9
600	23.0	20.000	3.5
800	20.0	25.000	3.0
1.000	17.5	30.000	2.7
1.500	14.0	40.000	2.3
2.000	12.0	50.000	2.0
3.000	9.5	75.000	1.6
4.000	8.2	100.000	1.4
5.000	7.2		

Nota: Para uso pesado multiplique los valores de arriba por 2. Para almacenamiento prolongado multiplique los valores por 0.6.

**FIGURA R27-12** Cambios de aire, en promedio, durante 24 horas en almacenes, debidos a abertura de puertas y a infiltración (a más de 32 °F). (Cortesía ASHRAE.)

**CALOR REMOVIDO PARA ENFRIAR EL AIRE HASTA CONDICIONES DEL CUARTO DE ALMACENAMIENTO**  
(Btu por pie<sup>3</sup>)

Temperatura del cuarto de almacenamiento °F	Temperatura del aire exterior, °F							
	85		90		95		100	
	Humedad relativa, porcentaje							
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0.65	0.85	0.93	1.17	1.24	1.54	1.58	1.95
60	0.85	1.03	1.13	1.37	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.37	1.54	1.67	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.67	2.67	3.06
35	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35

Temperatura del cuarto de almacenamiento °F	Temperatura del aire exterior, °F							
	40		50		90		100	
	Humedad relativa, porcentaje							
	70	80	70	80	50	60	50	60
30	0.24	0.29	0.58	0.66	2.26	2.33	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	3.12	3.40	3.84	4.27
0	1.12	1.17	1.48	1.56	3.28	3.56	4.01	4.43
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.97	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.88	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.88	1.92	2.25	2.34	4.21	4.51	4.90	5.44

Reproducido de la Tabla 14 de la ASHRAE 1967, reproducido con permiso

**FIGURA R27-13** CALOR SENSIBLE SOBRE EL CONGELAMIENTO

**DATOS DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

Producto	Punto promedio de congelamiento T	Porcentaje de agua	C Btu/(lb)(F deg).		Calor latente de fusión Btu/lb	Calor de respiración Btu por (24 hr)/tr a la temp. indica	
			Sobre congelamiento	Bajo congelamiento		°F	BTU
<b>VEGETALES</b>							
Aicachofa	29.1	83.7	0.87	0.45	120	40	10,140
Espárragos	29.8	93	0.94	0.48	134	40	11,700-23,100
Frijoles, verdes	29.7	88.9	0.91	0.47	128	40	9,700-11,400
Frijoles	30.1	66.5	0.73	0.40	94	40	4,300-6,100
Frijoles, secos		12.5	0.30	0.24	18		
Remolacha	31.1	87.6	0.90	0.46	126	32	2,700
						40	4,100
Brócoli	29.2	89.9	0.92	0.47	130	40	11,000-17,000
Coles de Bruselas	31	84.9	0.88	0.46	122	40	6,600-11,000
Col	31.2	92.4	0.94	0.47	132	40	1,700
Zanahona	29.6	88.2	0.90	0.46	126	32	2,100
						40	3,500
Coliflor	30.1	91.7	0.93	0.47	132	40	4,500
Apio	29.7	93.7	0.95	0.48	135	32	1,600
						40	2,400
Maiz (verde)	28.9	75.5	0.79	0.42	106	32	7,200-11,300
						40	10,600-13,200
Maiz (seco)		10.5	0.28	0.23	15		
Pepinos	30.5	96.1	0.97	0.49	137		
Berenjena	30.4	92.7	0.94	0.48	132		
			0.8	0.48			
<hr/>							
Salchicha (francesa)	29	60	0.86	0.56	86		
Salchicha (fresca)	26	65	0.89	0.56	93		
Salchicha (ahumada)	25	60	0.86	0.56	86		
Escalope	28	80.3	0.89	0.48	116		
Camarón	28	70.8	0.82	0.45	119		
Termera	29	63	0.71	0.39	91		
							← TERNERA
<hr/>							
<b>MISCELANEOS</b>							
Cerveza	28	92	1.0				
Pan		32-37	0.70	0.34	46-53		
Pan (masa)		58	0.75				
Mantequilla	30.0	15	0.64	0.34	15		
Duice			0.93				
Cavlar (cuba)	20	55				40	3,820
Queso (americano)	17	60	0.64	0.36	79	40	4,680
Queso (camembert)	18	60	0.70	0.40	86	40	4,920
Queso (limburger)	19	55	0.70	0.40	86	40	4,920
Queso (roqueton)	3	55	0.65	0.32	79	45	4,000
Queso (suizo)	15	55	0.64	0.36	79	40	4,660
Chocolate (recubnm)	95-85	55	0.30	0.55	40		
Crema (40%)	28	73	0.85	0.40	90		
Huevos (cesta)	27		0.78	0.40	100		
Huevos (congelados)	27			0.41	100		
Hanna		13.5	0.38	0.28			
Flores (cortadas)	32						480/pie <sup>2</sup> Area de piso
Pielas con lana				0.40			

FIGURA R27-14 (Cortesía de ASHRAE)

tienen un alto contenido de agua, su reacción a la pérdida de calor es bastante diferente sobre y bajo el punto de congelamiento. Sobre el punto de congelamiento el agua existe en forma líquida, mientras que por debajo, ha cambiado a hielo.

Como se mencionó en capítulos anteriores, el calor específico de un producto se define como las Btu requeridas para subir 1°F la temperatura de 1 lb de la sustancia. Los calores específicos de varios productos están listados en la figura R27-14, tanto para las temperaturas por encima del congelamiento, como para las menores.

El calor que debe retirarse del producto para reducir su temperatura sobre el congelamiento, puede calcularse como sigue:

$$Q = W \times C \times (T_1 - T_2)$$

donde

Q = Btu que debe removerse

W = Peso del producto en libras



$C$  = Calor específico sobre el congelamiento (figura R27-14)

$T_1$  = Temperatura inicial, °F

$T_2$  = Temperatura final, °F (de congelamiento o encima)

Por ejemplo, el calor que debe removerse para enfriar 1,000 lb de ternera (cuyo punto de congelamiento es 29 °F) desde 42 °F a 29 °F puede calcularse como sigue:

$$Q = W \times C \times (T_1 - T_2)$$

$$Q = 1,000 \text{ lb} \times 0.71 \text{ calor específico (ternera)} \\ \times 13 (42^\circ - 29^\circ)$$

$$Q = 9,230 \text{ Btu}$$

R27-9

### CALOR SENSIBLE POR DEBAJO DEL CONGELAMIENTO

Una vez que el contenido de agua de un producto se ha congelado, puede ocurrir de nuevo un enfriamiento sensible en la misma forma que sobre el congelamiento, con la excepción de que el hielo en el producto hace que el calor específico cambie. Advierta en la figura R27-14 que el calor específico de ternera sobre el congelamiento es 0.71, mientras que el calor específico bajo el congelamiento es 0.39.

El calor que debe retirarse de un producto para reducir su temperatura bajo el congelamiento puede calcularse como sigue:

donde

$Q$  = Btu que debe removerse

$W$  = Peso del producto en libras

$C_i$  = Calor específico bajo congelamiento (figura R27-14)

$T_f$  = Temperatura de congelamiento

$T_1$  = Temperatura final

Por ejemplo, el calor que debe removerse para enfriar 1,000 lb de ternera desde 29 °F a 0 °F puede calcularse como sigue:

$$Q = W \times C_i \times (T_f - T_1)$$

$$Q = 1,000 \text{ lb} \times 0.39 \text{ calor específico} \times (29 - 0)$$

$$Q = 1,000 \times 0.39 \times 29$$

$$Q = 11,310 \text{ Btu}$$

**Carga total de producto** es la suma de los cálculos individuales para el calor sensible sobre el congelamiento, el calor latente de congelamiento y el calor sensible bajo congelamiento. En el ejemplo precedente de 1,000 lb de ternera enfriadas y congeladas desde 42 °F a 0 °F. La carga total de un producto sería:

$$\text{Calor sensible sobre congelamiento} = 9,230 \text{ Btu}$$

$$\text{Calor latente de congelamiento} = 91,000 \text{ Btu}$$

$$\text{Calor sensible bajo congelamiento} = \underline{11,310 \text{ Btu}}$$

$$\text{Carga total del producto} = 111,540 \text{ Btu}$$

Si hay diferentes productos que van a ser considerados, deben hacerse cálculos separados para cada ítem, para un estimado preciso de la carga total del producto. Tenga en cuenta que en todos los cálculos anteriores no se ha considerado el tiempo.

R27-8

### CALOR LATENTE DE CONGELAMIENTO

El calor latente de congelamiento para el agua es 144 Btu/lb como se mencionó en capítulos anteriores. La mayoría de los productos alimenticios tienen un alto porcentaje de contenido de agua. Para calcular la remoción de calor requerida para congelar el producto, sólo el agua debe ser considerada. El contenido de agua también se muestra en la figura R27-14.

Ya que el calor latente de congelamiento para el agua es 144 Btu/lb, el calor latente de congelamiento para un producto dado puede calcularse multiplicando 144 Btu/lb por el porcentaje de contenido de agua. Para ilustrar, la ternera es 63% agua y su calor latente es 91 Btu/lb (63%  $\times$  144 Btu/lb = 91 Btu/lb).

El calor que debe retirarse de un producto, por el calor latente de congelamiento puede calcularse como sigue:

$$Q = W \times h_{of}$$

donde

$Q$  = Btu que va a ser removido

$W$  = Peso de producto en lb

$h_{of}$  = Calor latente de fusión, Btu/lb

El calor latente de congelamiento de 1000 lb de ternera a 29 °F es:

$$Q = W \times h_{of}$$

$$Q = 1,000 \text{ lb} \times 91 \text{ Btu/lb}$$

$$Q = 91,000 \text{ Btu}$$

R27-10

**DATOS DE ALMACENAMIENTO**

Para la mayoría de los productos hay condiciones de temperatura y humedad relativa en las cuales su calidad se conserva mejor y su vida de almacenamiento es máxima. Condiciones de almacenamiento recomendadas para productos comestibles perecederos, flores, etc., son publicadas en la *Guía ASHRAE*. la figura R27-15 es una ilustración a manera de ejemplo. Las manzanas tienen una vida de almacenamiento larga (2 a 6 meses) mientras que los higos frescos pueden almacenarse sólo varios días. Observe que no se da información para banano, cuyas condiciones varían ampliamente debido al calor interno generado durante el proceso de maduración.

En los cálculos anteriores no se tuvo en cuenta los recipientes usados para almacenar el producto. Algunos están en cartones, otros en cajas de madera y otros se almacenan sueltos sobre estibas. Naturalmente estos recipientes también se enfrían con el producto y por tanto usualmente se permite un factor que se añade a la carga total para enfriamiento del recipiente.

R27-11

**CARGA SUPLEMENTARIA**

Además del calor transmitido al espacio refrigerado a través de las paredes, infiltración de aire y carga del producto, debe incluirse cualquier ganancia de calor de otras fuentes en la estimación de la carga de enfriamiento.

Cualquier energía eléctrica disipada en el espacio refrigerado a través de luces y calentadores (descongelamiento), se convierte en calor y debe incluirse en la carga. Un vatio es igual a 3.41 Btu y esta relación de conversión es exacta para cualquier cantidad de potencia eléctrica.

Los motores eléctricos son otra fuente de carga de calor. Para un motor que esté realmente en el espacio refrigerado la siguiente tabla da los Btu  $\times$  caballo  $\times$  hora de calor generado, en forma aproximada.

Caballaje del motor	Btu/hp/hr
1/2	4.250
1 a 2	3.700
3 a 20	2.350

Los motores en el exterior del espacio refrigerado pero acoplados a un ventilador o bomba que están en el interior producirán menor carga pero deben también considerarse.

La gente cede calor y humedad y la carga de refrigeración resultante variará dependiendo de la duración de la ocupación en el espacio refrigerado, la temperatura, el tipo de trabajo y otros factores. La tabla siguiente lista la carga de calor promedio debida a la ocupación, pero para estadías de corta duración la ganancia de calor será algo mayor.

Temperatura menor °F	Calor equivalente/persona/Btu/hr
50	720
40	840
30	950
20	1.050
10	1.200
0	1.300
-10	1.400

La carga suplementaria total es la suma de los factores individuales. Por ejemplo, la carga total suplementaria en un cuarto refrigerado mantenido a 0 °F en el cual hay 300 vatios de luces eléctricas, un motor de 3 hp que acciona un ventilador y dos personas que trabajan continuamente sería como sigue:

300 watts $\times$ 3.41 Btu/hr	1.023 Btu/hr
Motor de 3 hp $\times$ 2.950 Btu/hr	8.850 Btu/hr
2 personas $\times$ 1.300 Btu/hr	<u>2.600 Btu/hr</u>
Carga suplementaria total = 12.473 Btu/hr	

R27-12

**CARGA TOTAL POR HORA**

Para artículos refrigerados, como vitrinas, neveras, enfriadores, prefabricados y cajas de almacenamiento frío que se producen en cantidad, la carga normalmente se determina mediante pruebas del fabricante; el equipo de refrigeración es preseleccionado y algunas veces instalado en el aparato.

Si debe ser estimada, la carga esperada debe calcularse determinando la ganancia de calor debida a cada uno de los factores que contribuyen a la carga total. Hay muchos métodos cortos para estimar las cargas de calor para pequeños cuartos fríos. El más apropiado usa formas y datos del fabricante disponibles para tales propósitos y cada factor se considera separadamente.

El equipo de refrigeración se diseña para funcionar en forma continua y normalmente el tiempo de operación del compresor se determina por los requisitos del sistema de descongelamiento. La carga se calcula con una base de 24 horas y la capacidad horaria del compresor se determina dividiendo la carga de 24 horas, por el número de horas deseado de operación del compresor durante el periodo de 24 horas. Debe considerarse un factor de seguridad razonable para permitir que la unidad se recupere rápidamente después de un incremento en temperatura y tener en cuenta cualquier carga que puede ser mayor a la estimada originalmente.

En casos donde la temperatura de evaporación del refrigerante no cae de 30 °F no se acumula escarcha sobre el evaporador y no es necesario un periodo de descongelamiento. El compresor para tales aplicaciones se escoge con la base de un periodo de 18 a 20 horas de operación.

Para aplicaciones con temperaturas de almacenamiento de 35 °F o mayores temperaturas del refrigerante...

REQUISITOS Y PROPIEDADES DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS PERECEDEROS

Artículo	Temp. de Almac F	Humedad Relativa %	Vida de almacenamiento aproximada	Artículo	Temp. de Almac F	Humedad Relativa %	Vida de almacenamiento aproximada
	30-32	85-90	2-6 días		32	90-95	2-3 semanas
	31-32	85-90	1-2 días				
	31-32	90-95	1-2 semanas		32-40	50-60	9-12 meses
	31-32	90-95	2-5 días		28-32	85-90	5-7 días
	32	90-95	2-3 días				
	45-55	85-90	4				
		85-95	—		33-35	90-95	5-15 días
	41	85-90	8-10		-10-0	90-95	8-10 meses
	32-40	85-90	10-15		40-50	50-60	6-8 meses
	35-37		2-10			90-95	10-12 meses
					28-35	75-90	4-8 meses
	32	90-95	10-14		33	90-95	3-7 días
	32	90-95	1-3		0 a -20	90-95	3-8 meses
	31-32	85-90	2		-10-0	—	6-12 meses
	31-32	85-90	1-6		-10-0	—	6-12 meses
	32	90-95	7-10		24-40	45-55	varios años
	32	90-95	3-4				
					32	70-75	6-8 meses
	30-31	40-45	—		50	85-90	4-8 semanas
	32	80-90	3-4		31-32	85-90	3-8 semanas
	32	90-95	4-5		30-31	85-90	3-6 meses
	32	90-95	2-3		—	—	1 año o más
	32	90-95	3-4		29-32	50-60	varios meses
	31-32	90-95	2-4		32	90-95	10-12 semanas
	31-32	85-90	10-14		32	90-95	2-3 semanas
	32-35	80-85	1-2		32	90-95	2-4 semanas
	35-37	80-85	2-4		45	90-95	4-8 meses
	31-32	85-90	4-8		0	90-95	12-14 meses
	35-40	85-90	1-4		32	90-95	1-3 meses
	45-50	90-95	10-14		32 o 50-58	85-90	1-4 meses
	32	80-85	10-14		32	90-95	3-4 semanas
	32-45	65-70	—		48-50	85-90	6-8 semanas
	32-40	80-85	2		31-32	85-90	5-7 días
	32-35-40	80-85	1		-10-0	90-95	4-6 meses
	35	—	—		60-65	85	4-6 meses
	35	—	—		34-40	85	2-6 semanas
		—	—		32-34	88-92	1-6 semanas
		—	—		-10-0	90-95	9-12 meses
		—	—		34-36	85-90	0-3 meses
		—	—		32-34	85-90	7-12 días
	45-55	—	—		-10-0	90-95	6-8 meses
	45-55	—	—		60-65	50-60	0-3 años
		—	—		32-34	85-90	5-12 días
	31-32	85-90	7-10		-10-0	90-95	8-10 meses
	32	50-60	6-12		-10-0	90-95	3-4 meses
	45-50	85-90	10		32-34	85-90	3-7 días
		—	—		-10-0	90-95	4-6 meses
	29-31	80-85	6-9		40-45	85-90	6 meses
	30-55	70-75	—		40-45	85-90	—
	0 a 20	—	1-3		32-34	70-95	5-10 días
	0 a 20	—	1-3		50	85-90	2-3 semanas
	0 a 20	—	1-3		32-40	85-90	5-15 días
	35-40	—	6-12		45-50	85-90	1-2 semanas
	35-40	—	6-12		45-50	85-90	2-4 semanas
	Temp. habit.	—	1-3		45-50	85-90	4-6 semanas
	Temp. habit.	—	1-3		36-40	85-90	2-3 semanas

FIGURA R27-15 (Adaptada de ASHRAE)

temente bajas para causar congelamiento, es práctica común descongelar parando el compresor y permitiendo que el aire de retorno funda el hielo del serpentín. Los compresores para tales aplicaciones se seleccionan para 16 a 18 horas de operación.

Para aplicaciones a baja temperatura, debe proveerse algún medio positivo de descongelamiento. Con periodos normales de descongelamiento, usualmente es aceptable una operación del compresor de 18 horas, aunque algunos sistemas están diseñados para operación continua excepto durante el periodo de descongelamiento.

Un factor de seguridad adicional de 5% a 10% se añade a menudo a los cálculos de carga como una medida conservativa para asegurar que el equipo no sea subdimensionado.

Cuando los datos concernientes a la carga son inciertos, esta práctica puede ser deseable, pero generalmente el hecho de que el compresor es dimensionado con base en una operación de 16 o 18 horas, en sí mismo provee un factor de seguridad. La carga debe calcularse en la base de la demanda pico en las condiciones de diseño y usualmente éstas se seleccionan en la suposición de que la demanda pico ocurrirá no más del 1% de las horas durante los meses de verano. Si los cálculos de carga son razonablemente aceptables y el equipo está apropiadamente dimensionado, un factor de seguridad adicional puede producir un equipo sobredimensionado durante condiciones livianas de carga, una situación que puede conducir a dificultades de operación.

---

---

## PROBLEMAS

---

---

R27-1. La carga de refrigeración generalmente viene de cuatro fuentes. ¿Cuáles son?

R27-2. Las cargas de producto pueden ser calor \_\_\_\_\_ o \_\_\_\_\_ o ambos.

R27-3. ¿El aislamiento tiene alta o baja resistencia?

R27-4. ¿Cuánto calor se transmite a través de 10 pies<sup>2</sup> de una pared de ladrillo común de 4 pulg de espesor sin aislamiento, si la diferencia de temperatura es 70 °F?

R27-5. El aislamiento se consigue en diferentes formas: nombre tres.

R27-6. Definir "temperatura de diseño".

R27-7. Abrir y cerrar la puerta del refrigerador, crea una carga de \_\_\_\_\_

R27-8. La rapidez de remoción de calor de un producto está determinada por la \_\_\_\_\_ del producto.

R27-9. El calor específico de un producto es el mismo sobre y bajo el punto de congelamiento. ¿Cierto o falso?

R27-10. La carga de calor latente de un producto está relacionada al porcentaje de su contenido de \_\_\_\_\_

# R28

## Almacenamiento refrigerado

R28-1

### GENERALIDADES

La refrigeración comercial es, de todos los segmentos de la industria de la refrigeración, el de más amplio campo y abarca desde aplicaciones domésticas hasta industriales. En el extremo inferior de la escala, se encuentran unidades tales como los refrigeradores y congeladores domésticos, físicamente compactos y relativamente libres de mantenimiento. En el extremo superior están los sistemas que refrescan, enfrían o congelan millones de pies cúbicos de producto y que debido a su complejidad, requieren la presencia de un ingeniero operador y otro personal experimentado. Entre estos dos extremos hay una multitud de tipos de sistemas, móviles y estacionarios, que juegan su papel en la producción, adaptación o preservación de la mayoría de las mercancías utilizadas hoy en el mundo.

Algunos de los primeros refrigeradores comerciales para almacenamiento, aparecieron en la primera parte del siglo veinte y fueron instalados en grandes mercados de carne, cervecerías y otras plantas de almacenamiento similares. Aun cuando eran de diseño semiautomático, requerían atención de tiempo completo de un operador y era costoso su mantenimiento. Este equipo, que no sería satisfactorio bajo las normas de hoy en día, suplió una necesidad definitiva en su tiempo. Unos pocos años más tarde, se diseñaron unidades más pequeñas para almacenar helado. Estas unidades utilizan algunos de los primeros refrigerantes, los cuales fueron descritos en el Capítulo 7. El almacenamiento de helado recientemente diseñado usa la vieja mezcla de hielo y sal para enfriamiento.

Pronto hubo un influjo de pequeñas unidades comerciales de refrigeración usadas como vitrinas abiertas o cerradas, en gabinetes, enfriadores con acceso a su interior, para comidas frescas o congeladas.

Estas unidades se utilizaron en almacenes de abarrotes, mercados de carne, supermercados, restaurantes, droguerías y similares. Se requerían diferentes temperaturas y condiciones de almacenamiento para varias carnes, aves de

corral, pescados, vegetales, frutas, dulces y helados; también para almacenamiento de medicinas en droguerías.

La figura R28-1 muestra un gabinete típico diseñado para almacenar y refrigerar muchos tipos de productos. La figura R28-2 muestra un enfriador con acceso a su interior que puede usarse en muchas aplicaciones tales como almacenes de abarrotes, mercados o restaurantes.

Ya que se cubren numerosas aplicaciones con el amplio campo de la refrigeración comercial, se construye una amplia variedad de gabinetes para este uso. Los gabinetes usados para guardar perecederos y abarrotes a temperaturas requeridas tienen una o más puertas que permiten el acceso de los clientes. Algunos gabinetes se diseñan de tal modo que el cliente puede tener acceso al producto por el frente



FIGURA R28-1 Gabinete refrigerado típico, para uso comercial. (Cortesía de The Delfield Company, Division of ALCO.)



**FIGURA R28-2** Entrador típico con acceso al interior.  
(Cortesía de Bally Case & Cooler, Inc.)

del mismo, mientras el personal tiene acceso por la parte posterior para reaprovisionar el suministro de comidas frescas o congeladas. Los primeros gabinetes se construyeron de madera y tenían un área de vidrio limitada. Los gabinetes modernos generalmente tienen exteriores de fibra de vidrio y porcelana con capas delgadas de moderno material aislante y algunos tienen extensas áreas de vidrio para demostración.

Algunos gabinetes dependen del flujo de gravedad del aire para circulación apropiada alrededor del producto, mientras otras unidades, particularmente las de gran tamaño, pueden usar un ventilador de circulación para la distribución del aire dentro del gabinete. La unidad de refrigeración para este tipo de gabinete puede estar en el interior de la estructura del mismo o puede estar en otra localización.

Cuando se va a usar el gabinete para el almacenamiento de carne o producto fresco, debe mantenerse un buen control de la temperatura y la humedad, de tal modo que no ocurra ni la deshidratación ni el deterioro del producto. En tal aplicación la temperatura probablemente será mantenida entre 34 °F y 40 °F y la humedad relativa puede mantenerse en 75% o más. Si el producto es tal que no hay que controlar la deshidratación o deterioro, pueden mantenerse temperaturas menores y el control de la humedad relativa no es crítico. La figura R28-3, muestra un evaporador tipo soplador, que puede usarse en entradores con acceso a su interior.

La figura R28-4 muestra una vitrina a menudo usada en floristerías. En este tipo de aplicación la temperatura del aire es mayor a la que se acostumbra en mercados de víveres



**FIGURA R28-3** Entrador típico con evaporador de Boehr Heat Transfer Division.

o carne, ya que una temperatura cercana a 55 °F es la más apropiada para almacenar flores.

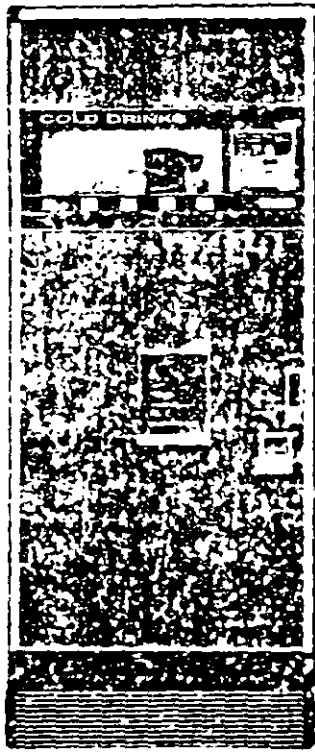
Los gabinetes para almacenamiento de comida congelada y para demostración, generalmente se mantienen a/o bajo 0 °F. Deben tomarse precauciones apropiadas para asegurar que las puertas de acceso no se congelen en su posición cerrada, de tal manera que no puedan ser abiertas por los clientes. A veces es necesario colocar una resistencia eléctrica alrededor de la puerta para evitar el congelamiento.

Otra operación que requiere refrigeración es el enfriamiento de bebidas embotelladas o en tarros, en dispensadores automáticos operados con monedas. Algunos de estos dispensadores se diseñan para manejar un solo producto, mientras que otros dispensan diferentes clases de bebidas. La figura R28-5 muestra una unidad que dispensa varios tipos de bebidas.

La figura R28-6 contiene datos del *Handbook & Product Directory 1974 Applications*, por cortesía de la asociación americana de ingenieros de calefacción, refrigeración y aire acondicionado. Esta tabla muestra muchos productos y sus temperaturas recomendadas de almacenamiento y otra información pertinente a los productos.



**FIGURA R28-4** Cuarto refrigerado de demostración.  
(Cortesía de Bally Case & Cooler, Inc.)



**FIGURA R28-5** Típico entrafador de bebidas operado por monedas. (Cortesía de Vendo Company.)

Ya que la refrigeración juega tan importante papel en la preservación de comida y otros productos perecibles, uno debe reconocer evidencias de daño del producto y saber de métodos recomendados para su control. Algunos productos pueden mostrar efectos de deterioro o daño mediante el cambio en su apariencia, olor, gusto, pérdida de peso o un cambio en la química del producto en sí mismo.

Si no son cuidados apropiadamente después de haber sido cosechadas, las frutas pueden madurar en exceso y ablandarse a causa de procesos químicos en su interior. La maduración excesiva de la fruta permite en ocasiones su consumo, pero no es apropiada para ser manejada comercialmente sin grave daño. Los vegetales, como las frutas, también deben recibir apropiado cuidado después de cosechadas para evitar su deterioro.

Los huevos pierden peso por evaporación del contenido de agua y emiten un olor ofensivo cuando se pueñen. Los huevos rotos deben ser recohrados inmediatamente si van a ser procesados en forma congelada o en polvo de tal manera que puedan usarse en pastelería u otras industrias alimenticias.

La leche, si no se refrigera, se "hierve" en un corto tiempo por el crecimiento de bacterias, produciendo un olor desagradable y un gusto agrio característico. Esto obviamente, la vuelve inapropiada para consumo directo como bebida. Sin embargo, ya que la leche que ha sido modificada por crecimiento bacteriano puede utilizarse para hacer otros productos comestibles, su condición agria no es automáticamente calificada como daño. Otros productos de lechería

tales como mantequilla o queso, derivados de la leche o algunos de sus componentes, se descompondrán por actividad bacteriana, también productos que utilizan otro tipo de bacteria en su formación. El cambio químico en su proceso de descomposición producirá un olor agrio y gusto desagradable en los subproductos de la leche en la misma forma que en la leche no procesada.

La ternera, el cerdo y otros tipos de productos de carne muestran muy poco cambio en su apariencia física cuando se inicia su deterioro. Cuando el proceso de deterioro continúa, sin embargo, tienen un ligero olor el cual se incrementa cuando progresa la descomposición. Cuando se alcanzan ciertas etapas del deterioro, un recubrimiento viscoso aparece sobre la superficie de la carne, el cual es una indicación definitiva de daño.

Todos los ejemplos anteriores de daño de comida son causados por una serie de cambios químicos dentro de los productos. Estos cambios pueden producirse mediante fuerzas naturales o por contaminación externa. Uno u otro modo produce una pérdida completa o deterioro del producto.

Las bacterias se hallan en el aire, en la tierra y en el agua también en casi toda sustancia conocida sobre la tierra. Para nuestro propósito los dos tipos importantes de bacterias son

1. aquellos que causan deterioro de la comida, y
2. aquellos usados en la preservación de comidas.

Este último tipo fue descrito en el párrafo que trata sobre la leche agria. También se usa en el procesamiento de otras comidas tales como el vino, vinagre y ciertos tipos de quesos y mantequilla. El primer tipo de bacteria sin embargo, es el más importante para el almacenamiento refrigerado o la planta de procesos.

Las bacterias están sujetas a cambios de temperatura y humedad y son sensibles a la luz normal y a los cambios en las condiciones de luz.

Ya que las bacterias, bajo ciertas condiciones, causan el deterioro de los productos comestibles, en cualquier estudio de la preservación de comida uno debe llegar a enterarse de los diferentes tipos de bacterias que se encuentran en los productos alimenticios. Cada tipo tiene un rango de temperatura mínimo y máximo para crecimiento ideal. Por consiguiente la temperatura a la cual las bacterias están sujetas debe ser controlada estrictamente. Algunas vienen a ser dominadas o disipadas si se sujetan a temperaturas bajo 67°F, mientras otras bacterias necesitan la aplicación de vapor a alta temperatura antes de que se destruyan. Generalmente las bacterias prefieren la oscuridad. Como un ejemplo de la amplia presencia de las bacterias más de 200 tipos diferentes han sido encontrados únicamente en la leche y sus productos. Aun cuando los diferentes tipos de bacterias son responsables de la mayoría del daño de los alimentos, otro miembro del reino vegetal —el moho— también contribuye.

El moho es la principal causa del deterioro y daño en cítricos y otras frutas. Los diferentes tipos de moho progresan particularmente bien en sitios húmedos; la oscuridad



**FIGURA R28-6**  
Requisitos para almacenamiento de productos

Productos	Temperatura de almacenamiento (°F)	Humedad relativa (%)	Vida aproximada de almacenamiento <sup>a</sup>	Contenido de agua (%)	Punto de congelamiento superior (°F)	Calor específico sobre congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/°F)	Calor específico bajo congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/°F)	Calor latente (calculado) <sup>c</sup> (Btu/lb)
Harina de alfalfa	0 o abajo	70-75	1 año o mas	—	—	—	—	—
Manzanas (capítulo 31)	30-40	90	3-8 meses	84.1	29.3	0.87	0.45	121
Albaricoques	31-32	90	1-2 semanas	85.4	30.1	0.88	0.46	122
Alcachofas								
Globo	31-32	95	2 semanas	83.7	29.9	0.87	0.45	120
Jerusalén	31-32	90-95	5 meses	79.5	27.5 <sup>d</sup>	0.83	0.44	114
Espárragos	32-36	95	2-3 semanas	93.0	30.9	0.94	0.48	134
Aguacates	45-55	85-90	2-4 semanas	65.4	31.5	0.72	0.40	94
Bananas	—	85-95	—	74.8	30.6	0.80	0.42	108
Frijoles								
Verdes								
o sueltos	40-45	90-95	7-10 días	88.9	30.7	0.91	0.47	128
Lima	32-40	90	1 semana	66.5	31.0	0.73	0.40	94
Cerveza,								
Barril	35-40	—	3-8 semanas	90.2	28.0 <sup>e</sup>	0.92	—	129
Botellas, latas	35-40	65 o abajo	3-6 meses	90.2	—	—	—	—
Remolacha								
Manojo	32	95	10-14 días	—	31.3	—	—	—
Cabeza	32	95-100	4-6 meses	87.6	30.1	0.90	0.46	126
Moras	31-32	95	3 días	84.8	30.5	0.88	0.46	122
Variedad de arándanos	31-32	90-95	2 semanas	82.3	29.7	0.86	0.45	118
Pan	0	—	3 semanas a 3 meses	32-37	—	0.70	0.34	46-53
Brocoli,								
Coles de								
Bruselas	32	95	3-5 semanas	84.9	30.5	0.88	0.46	122
Comidas enlatadas	32	95-100	3-4 meses	92.4	30.4	0.94	0.47	132
Dulce	0-34	40-65	—	—	—	—	—	—
Alimento para perros	32-60	70 o menor	1 año	—	—	—	—	—
Zanahorias								
Topped								
No maduras	32	98-100	4-6 semanas	88.2	29.5	0.90	0.46	126
Topped								
Maduras	32	96-100	5-9 meses	88.2	29.5	0.90	0.46	126
Coliflor	32	95	2-4 semanas	91.7	30.6	0.93	0.47	132
Arracachas	32	95-100	3-4 meses	88.3	30.3	0.91	0.46	126
Apio	32	95	1-2 meses	93.7	31.1	0.95	0.48	135
Cerezas								
Adrias	31-32	90-95	3-7 días	83.7	29.0	0.87	—	120
Heladas	0 a -10	—	1 año	—	—	—	0.45	—
Verdes	30-31	90-95	2-3 semanas	80.4	28.8	0.84	—	—
Cacao	32-40	50-70	1 año o mas	—	—	—	—	—
Cocos	32-35	80-85	1-2 meses	46.9	30.4	0.58	0.34	67
Café (verde)	35-37	80-85	2-4 meses	10-15	—	0.30	0.24	14-21
Coles	32	95	10-14 días	86.9	30.6	0.90	—	—
Maíz tierno	32	95	4-8 días	73.9	30.9	0.79	0.42	106
Arándanos	36-40	90-95	2-4 meses	87.4	30.4	0.90	0.46	124
Pepinos	50-55	90-95	10-14 días	96.1	31.1	0.97	0.49	137
Grosellas	31-32	90-95	10-14 días	84.7	30.2	0.88	0.45	120
Productos lácteos								
Queso	30-34	65-70	18 meses	37.5	8.0	0.50	0.31	—
Cheddar	40	65-70	6 meses	37.5	8.0	0.50	0.31	—





FIGURA R28-6 (Continuación)

Producto	Temperatura de almacenamiento (°F)	Humedad relativa (%)	Vida aproximada de almacenamiento <sup>a</sup>	Contenido de agua (%)	Punto de congelamiento superior (°F)	Calor específico sobre congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/F)	Calor específico bajo congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/F)	Calor latente (calculado) <sup>c</sup> (Btu/lb)
Procesado	40	65-70	12 meses	39.0	19.0	0.50	0.31	56
Rallado	40	60-70	12 meses	31.0	—	0.45	0.29	44
Mantequilla	40	75-85	1 mes	16.0	-4 a 31	0.50	—	23
	-10	70-85	12 meses	16.0	-4 a 31	—	0.25	23
Crema	-10 a -20	—	6-12 meses	55-75	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107
Helado	-20 a -15	—	3-12 meses	58-63	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86
Leche, fluido completo								
Pasteurizada grado A	32-34	—	2-4 meses	87.0	31.0	0.93	—	125
	-15	—	3-4 meses	87.0	31.0	—	0.46	125
Condensada endulzada	40	—	15 meses	28.0	5.0	0.42	0.28	40
Evaporada	70	—	12 meses	74.0	29.5	0.79	0.42	106
	40	—	24 meses	74.0	29.5	0.79	0.42	106
Leche seca								
Entera	70	baja	6-9 meses	2-3	—	—	—	4
Sin crema	45-70	baja	16 meses	2-4.5	—	0.36	—	4
Suero seco	70	baja	12 meses	3-4	—	0.36	—	4
Dátiles	0 o 32	75 o menos	6-12 meses	20.0	3.7	0.36	0.26	29
Zarzamora	31-32	90-95	3 días	84.5	29.7	0.88	—	—
Comidas secas	32-70	baja	6 meses a 1 año o más	—	—	—	—	—
Frutos secos	32	50-60	9-12 meses	14.0-26.0	—	0.31-0.41	0.26	20-37
Almendras	45-50	90-95	7-10 días	92.7	30.6	0.94	0.48	132
Mielones								
Cantalupo	36-40	90-95	5-15 días	92.0	29.9	0.93	0.48	132
Casaba	45-50	85-95	4-6 semanas	92.7	30.1	0.94	0.48	132
Rocio de miel y								
bola de miel	45-50	90-95	3-4 semanas	92.6	30.3	0.94	0.48	132
Perlas	45-50	90-95	2 semanas	92.7	30.5	0.94	0.48	132
Sandías	40-50	80-90	2-3 semanas	91.1	31.3	0.97	0.48	132
Honduras	32	90	3-4 días	91.1	30.4	0.93	0.47	130
en estrocos	34	75-80	8 meses	—	—	—	—	—
en granos	32-40	75-80	2 semanas	—	—	—	—	—
Melocotones	31-32	90	2-4 semanas	81.8	30.4	—	—	—
Semillas	32-35	85-90	3-6 meses	—	—	—	—	—
Nueces	32-50	65-75	8-12 meses	3-6	—	0.22-0.25	0.21-0.22	4-8
Aceite vegetal para ensaladas	70	—	Más de un año	0	—	—	—	—
Quimombo	45-50	90-95	7-10 días	89.8	28.7	0.92	0.46	128
Oleomargarina	35	60-70	Más de un año	15.5	—	0.32	0.25	22
Aceitunas frescas	45-50	85-90	4-6 semanas	75.2	29.4	0.80	0.42	108
Cebollas secas	32	65-70	1-8 meses	87.5	30.6	0.90	0.46	124
Cebollas verdes	32	95	3-4 semanas	89.4	30.4	0.91	—	—



FIGURA R28-6 (Continuacion)

Producto	Temperatura de almacenamiento (°F)	Humedad relativa (%)	Vida aproximada de almacenamiento <sup>a</sup>	Contenido de agua (%)	Punto de congelamiento superior (°F)	Calor específico sobre congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/°F)	Calor específico bajo congelamiento <sup>b</sup> (Btu/lb/°F)	Calor latente (calculado) <sup>c</sup> (Btu/lb)
Calabaza <sup>d</sup>								
Flor	45-50	70-75	5-8 semanas	—	30.5	—	—	—
Verano	52-50	85-95	5-14 días	94.0	31.1	0.95	—	135
Invierno	50-55	70-75	4-6 meses	86.6	30.3	0.91	—	127
Patatas								
Frescas	31-32	90-95	5-7 días	89.9	30.6	0.92	—	129
Congeladas	-10-0	—	1 año	72.0	—	—	0.42	103
Zanahorias	55-60	85-90	4-7 meses	68.5	29.7	0.75	0.40	97
Mandarinas	32-36	85-90	2-4 semanas	87.3	30.1	0.90	0.46	125
Tuberos								
Tuberos	50-65	50-55	1 año	—	—	—	—	—
Batatas	35-40	70-85	1-2 años	—	—	—	—	—
Camote	35-40	50-55	6 meses	—	—	—	—	—
Camote	35-55	60-65	2 meses	—	—	—	—	—
Tomates								
Maduros								
verdes	55-70	85-90	1-2 semanas	93.0	31.0	0.95	0.48	134
Cortado	45-50	85-90	4-7 días	94.1	31.1	0.94	0.48	134
Maduros	32	95	4-5 meses	91.5	30.1	0.93	0.47	130
Semillas de								
vegetales	32-50	50-65	—	7.0-15.0	—	0.29	0.23	16
Leche	60	85-90	3-6 meses	73.5	—	0.79	—	105
Levadura comprimida para pastelería	31-32	—	—	70.9	—	0.77	0.41	102

<sup>a</sup> No basados en la conservación de la vida útil mínima.

<sup>b</sup> Calculados por la fórmula de Luffel. Para sus valores sobre el punto de congelamiento:  $S = 0.0016(T - 32)^2$ . Para valores bajo el punto de congelamiento:  $S = 0.0016(T + 32)^2$ . En el presente trabajo de H. E. Stapf, E. A. Stuedli y otros en la Universidad de Texas se ha demostrado que la fórmula de Luffel no es particularmente precisa en la región helada, porque los alimentos a veces tienen propiedades físicas y químicas que difieren de las de los alimentos de referencia.

<sup>c</sup> Los valores para el calor latente de fusión de los alimentos se basan en los datos de Luffel y Stuedli, y se basan en el porcentaje del contenido de agua por el calor latente de fusión del agua (144 Btu).

<sup>d</sup> Ver el texto en este capítulo en el capítulo 28 sobre el punto de congelamiento.

<sup>e</sup> Punto de congelamiento promedio.

<sup>f</sup> Los alimentos de día a día pueden congelarse en cualquier momento, siempre que se mantenga a una temperatura constante y se ajuste a temperaturas de almacenamiento de 50 a 55 °F por el día y noche.

Se debe tener en cuenta que los datos de vida útil de los alimentos se basan en los datos de Luffel y Stuedli, y en los datos de Luffel y Stuedli, y en los datos de Luffel y Stuedli.


Los autores son miembros del Departamento de Agricultura, Estados Unidos, y del Departamento de Comercio, y T. J. Hedrick, productos de leche, Michigan State University.

ayuda a su crecimiento. Como se mencionó antes, el moho es una forma de vida vegetal y diferentes tipos de moho dañan las frutas cítricas y productos de leche, pudren las manzanas en almacenamiento y deterioran el pan y los granos.

El moho también puede crecer en los alimentos que se conservan en el refrigerador. El moho puede crecer en los alimentos que se conservan en el refrigerador. El moho puede crecer en los alimentos que se conservan en el refrigerador.

Algunos de ellos se listan en la figura R28-6, se debe seguir las temperaturas recomendadas y las condiciones para preservar los diferentes tipos de productos. La figura R28-6 lista las condiciones óptimas y las temperaturas durante los resultados deseados. La variedad o tipo de cada producto y el propósito para el cual está siendo almacenado son factores que influyen en las condiciones bajo las cuales se almacena, y en las condiciones óptimas para el más deseable de los resultados de almacenamiento.

Si los vegetales o las frutas son refrigerados inmediatamente después de la cosecha, se preservarán en almacenamiento por un periodo más largo de tiempo que si se les permite continuar su proceso de maduración después de la cosecha, antes de ser refrigerados. Esta diferencia en la preparación y almacenamiento de los vegetales o frutas podría fácilmente resultar en diferencia de varios meses de calidad satisfactoria continua del producto. Algunos de los productos listados en la figura R28-6 tienen un alto contenido de humedad; por consiguiente se recomienda condiciones de alta humedad relativa para su almacenamiento apropiado.

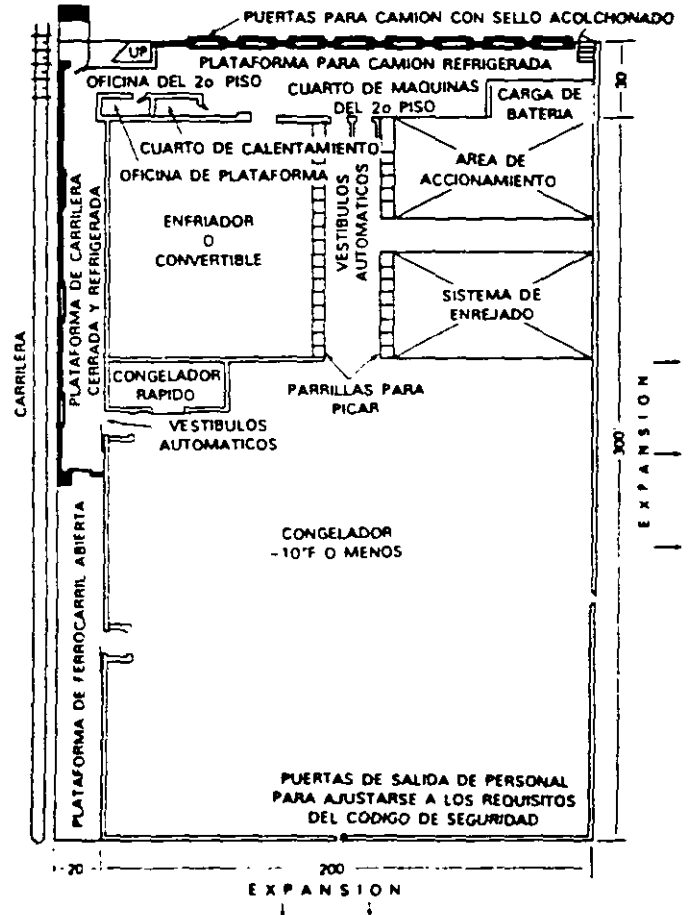

**R28-2**  
**PROCESAMIENTO**

Otras áreas donde la refrigeración comercial es importante son la manufactura de dulce y el procesamiento de productos alimenticios, particularmente aquellos que deben venderse en forma congelada. Las plantas de procesamiento de comida congelada son a menudo localizadas en las áreas donde se producen aquellos alimentos. Así es natural que los centros de procesamientos para frutas estén localizados en el área productora de frutas del país. Del mismo modo los centros de procesamiento para diferentes tipos de vegetales se localizan en áreas agrícolas. Los procesadores de pescado congelado tienen plantas localizadas a lo largo de la costa desde las cuales embarcan sus productos a otros lugares del país.

No hace muchos años antes de la amplia aceptación de los refrigeradores domésticos, era una práctica común para las comunidades tener plantas que procesaban, congelaban y almacenaban varios productos, bien sea para los fabricantes de estos productos o para los consumidores.

La figura R28-7 muestra la distribución de una planta típica de comida congelada, en la cual se tienen los siguientes pasos o fases de operación:

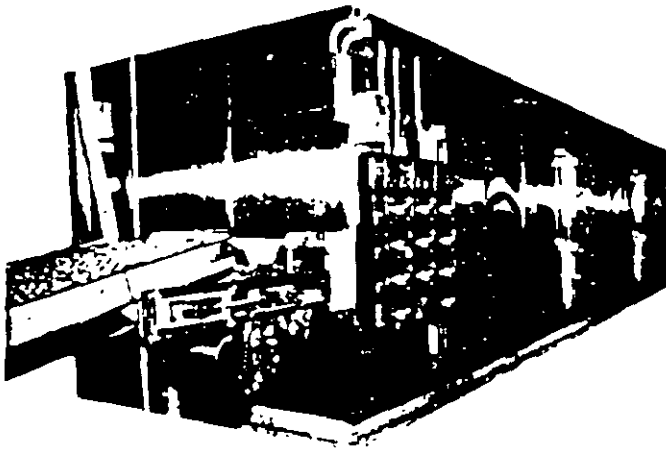
1. **Área de recepción**, que puede o no estar refrigerada, donde los alimentos que llegan se pesan y listan
2. **Área de enfriamiento**, que debe estar refrigerada y mantenida aproximadamente a 35 °F, donde se enfrían diferentes tipos de carne, aves y aun peces, antes de ser cortados al tamaño deseado para empaque
3. **Área de preparación**, que puede o no ser refrigerada, donde la carne, aves y pescados se procesan para distribución al congelador o al cuarto de cura. Esto incluye el lavado y pelado de frutas y vegetales cuando estos productos se manejan o procesan en la planta
4. **Área de cura o ahumado**, que está refrigerada y mantenida aproximadamente a 35 °F. Si debe curarse, ahumarse o salarse alguno de los productos tales como el tocino, jamón o salchichas, se lleva al cuarto de cura después que ha sido cortado al tamaño y procesado
5. **Área de empaque o envoltura**, que puede o no ser refrigerada. Esta es un área donde se empacan o se



**FIGURA R28-7** Planta típica para comida congelada (Cortesía de ASHRAE)

envuelven antes de congelarse todos los pedazos o secciones de carne y otros productos. Es aquí también donde el producto se identifica rotulando cada paquete según su contenido, peso, fecha y propietario.

6. **Área de congelamiento rápido**, todas las plantas de congelamiento hacen un esfuerzo para congelar alimentos tan rápidamente como sea posible. Esto se hace por métodos tales como:
  - a. Colocando los paquetes de comida sobre placas frías que van a la temperatura del producto por el método del contacto. (Un ejemplo de este tipo de gaveta de placa fría se muestra en la figura R28-8.)
  - b. El congelamiento rápido puede alcanzarse colocando los paquetes de comida sobre gavetas en una unidad de congelamiento súbito.
  - c. Algunos alimentos se sumergen en líquidos bajo cero, mientras otros se rocían con un líquido enfriante. En cualquier caso la temperatura del producto es bajada tan rápidamente como sea posible a un rango de -10 °F a -40 °F.
7. **Área de almacenamiento o gabinetes**, que usualmente se mantiene cerca de 0 °F. Contiene gabinetes individuales los cuales son alquilados. También se incluye en esta área un espacio de almacenamiento para ser



**FIGURA R28-8** Congelador de gavetas con placa fría  
(Cortesía de Refrigeration Engineering Corporation)

modar comida para clientes que deseen almacenar paquetes en sus propios congeladores domésticos.

Las plantas de comida congelada aún están en operación en algunas comunidades. La función de estas plantas varía desde el almacenamiento de artículos preparados hasta el proceso completo y almacenamiento de diferentes tipos de comidas.

## R28-3

### **TRANSPORTE Y DISTRIBUCION**

Antes del uso de la refrigeración mecánica, los productores de artículos perecibles tenían que depender de la distribución local de sus productos, o recurrir al hielo para mantenerlos en condición de venta. Los carros de ferrocarril usados para el embarque de artículos perecibles estaban equipados con espacios en cada extremo en los cuales el hielo era empacado para refrigerar los productos en el carro durante el embarque. Había aberturas de acceso a estos espacios sobre los techos de los carros de tal modo que el hielo podía completarse cuando fuera necesario. Si el tiempo era cálido y la distancia larga debía cargarse hielo varias veces antes de que el producto llegara a su destino. Los drenajes del piso permitían retirar el agua del hielo que se fundía.

En muchos casos se usaba un ventilador para la circulación del aire frío a través del producto en el coche del ferrocarril. El motor para el ventilador era un pequeño de gasolina o uno eléctrico a batería. Una rejilla estaba localizada en la parte inferior del espacio con hielo, la cual permitía el retorno del aire más caliente desde el producto, para pasarlo a través del hielo y así lograr que cediera su calor. El aire frío era luego forzado directamente a través del producto o mediante ductos para distribución igual.

La tendencia reciente ha sido hacia la instalación de refrigeración mecánica en los carros de ferrocarril usados para el transporte de productos perecibles. Estas unidades

de refrigeración son accionadas directamente por los ejes en rotación de los carros cuando están en movimiento o por motores eléctricos o a gasolina cuando los coches están en el patio de carga por un tiempo largo.

Los camiones refrigerados y los remolques hoy en día son más evidentes de lo que acostumbraban ser en las autopistas. Los sistemas de refrigeración mecánica en estos vehículos son bastante similares a los usados en otras aplicaciones comerciales excepto aquellos en que los compresores pueden ser accionados por motores eléctricos, o por motores individuales de gasolina o diesel. En el tipo que usa un motor eléctrico, este no sólo opera con el generador eléctrico del vehículo, sino que su voltaje, ciclaje y fase son tales que es capaz de ser conectado a una toma de pared en el garaje cuando el motor del camión no opera. La combinación máquina-motor es tal que, cuando el camión está en operación la transmisión del vehículo opera la unidad de refrigeración. Pero, cuando el motor está parqueado durante la noche con su máquina apagada, se utiliza un motor estándar para su operación. Los motores de gasolina o diesel operan la unidad automáticamente, cuando la carga del sistema lo requiere. Algunos camiones y remolques utilizan un sistema de refrigeración dual con una unidad estándar para propósitos de standby, cuando el motor del camión no ha trabajado por largo tiempo.

Algunas unidades para camión y remolque usan placas eutécticas como el evaporador dentro del compartimiento de almacenaje. Este tipo de sistema puede enfriarse a una baja temperatura durante la noche manteniendo un "enfriamiento" en la capacidad de almacenaje para el uso durante el siguiente día. Ejemplos de estos son los camiones de entrega de leche los cuales pueden enfriarse durante la tarde cuando se están cargando sus productos, de tal manera que están fríos al día siguiente mientras se hacen las entregas. Algunas placas eutécticas son capaces de ser cargadas o enfrías continuamente mientras el camión está en uso.

Muchas de las líneas aéreas tienen aviones equipados para manejar productos refrigerados en tránsito. Las unidades de refrigeración marinas son básicamente iguales a las unidades comerciales. Una mejora es que los buques pesqueros ahora están equipados con productores automáticos de hielo los cuales pueden mantener las bodegas a bordo del barco con hielo, si la pesca requiere almacenamiento. En el pasado los botes de pesca se cargaban con hielo de fuentes en tierra anticipándose a que la pesca del día sería lo suficientemente grande para utilizar el hielo que se traía a bordo.

## R28-4

### **MANUFACTURA DEL HIELO**

Como se mencionó en el Capítulo R1 el uso del hielo para refrigerar alimentos, bebidas y otros productos data de civilizaciones antiguas. El embarque de hielo a veces era una aventura próspera pero a veces terminaba en desastre. Estos barcos usaban hielo natural formado en ríos, lagos y estanques en las áreas frías del país. Con el advenimiento de la refrigeración mecánica la dependencia del hielo natu-

ral vino a ser cosa del pasado. Desde su iniciación, la manufactura de hielo artificial ha llegado a ser una parte importante de la industria de la refrigeración. La producción en gran escala de hielo es generalmente en forma de bloques, en tamaños que varían de 50 a 400 lbs. La variación en los tamaños del bloque depende del tamaño de los recipientes en los cuales el hielo o agua se congela.

Antes de que se establezca una planta de hielo, una investigación de mercadeo determina el tamaño de los bloques de hielo que se va a producir. Los recipientes de congelamiento de menor capacidad generalmente son de aproximadamente 2.5 pies de alto, con varias dimensiones interiores. Los recipientes para acomodar bloques mayores pueden tener alturas aproximadamente de 5 pies con medidas interiores de cerca de 1 por 2 pies. Una operación comercial corriente coordina la manufactura de hielo con el uso de máquinas de venta refrigeradas para autoservicio. Los bloques se cortan en tamaños convenientes de 10, 25 o 50 lb para ser colocados en las máquinas de ventas. Estos bloques más pequeños pueden ser envueltos o desenvueltos.

Este hielo por supuesto debe mantenerse a temperaturas de almacenamiento apropiadas, así como los paquetes de cubos de hielo dispensados en la misma forma.

La demanda de hielo en cubos, triturado, clasificado o en escamas es grande. Para enfriar una bebida sin dilución demasiado rápida se necesita una superficie pequeña de hielo en la bebida, y los cubos de hielo serían la mejor solución.

Si se enfría rápidamente una bebida u otro líquido tal como un vaso de agua en un restaurante, el hielo en escamas servirá a tal propósito satisfactoriamente. A mayor área de la superficie del hielo más rápidamente se retira el calor del líquido en el cual está inmerso.

Si un cubo de hielo tiene una pulgada cuadrada en cada cara, tiene seis pulgadas cuadradas de superficie en contacto con la bebida para transferencia de calor. Por consiguiente si un vaso contiene cuatro cubos el área total de transferencia de calor es 24 pulgadas cuadradas. Si hay un agujero en el centro de cada cubo, el área se incrementa, pero el volumen de hielo es menor.

La figura R28-9 muestra un equipo típico para hacer hielo en cubos, capaz de producir cerca de 8,000 cubos de hielo en un periodo de 24 horas, con un recipiente de almacenamiento que contiene cerca de 400 lb de cubos de hielo.

La producción de este hielo es automática y su operación se controla con un termostato localizado en el recipiente de almacenamiento, que es activado por el nivel de hielo que permanece en el recipiente.

Las máquinas para hielo en escamas, tal como la indicada en la figura R28-10, varían en capacidad desde las pequeñas de 200 lbs diarias hasta aquellas que producen aproximadamente una tonelada de hielo en un periodo de 24 horas. El cilindro es rociado con agua o rota en ella, dependiendo de su diseño —lo cual también sucede si rota en una posición horizontal o vertical. Se forma una película de hielo sobre el cilindro o tambor y cuando llega a ser aproximadamente de  $\frac{1}{16}$  de pulg de espesor, una barra de corte o rodillo la rompe permitiendo que caiga al recipiente de almacenamiento.



FIGURA R28-9 Productor típico de hielo en cubos (Cortesía de Liquid Carbonic Corp.)

Un vaso lleno con hielo en escamas contendrá probablemente al menos 50 escamas que miden 1 pulg por 1 pulg por  $\frac{1}{16}$  de pulg cada una. A pesar de que son delgadas, cada escama tendrá dos pulgadas cuadradas de área de transferencia de calor (una pulgada cuadrada en cada lado). El vaso que contiene el hielo en escamas tendrá aproximadamente cuatro veces más área de hielo en la bebida que el vaso que

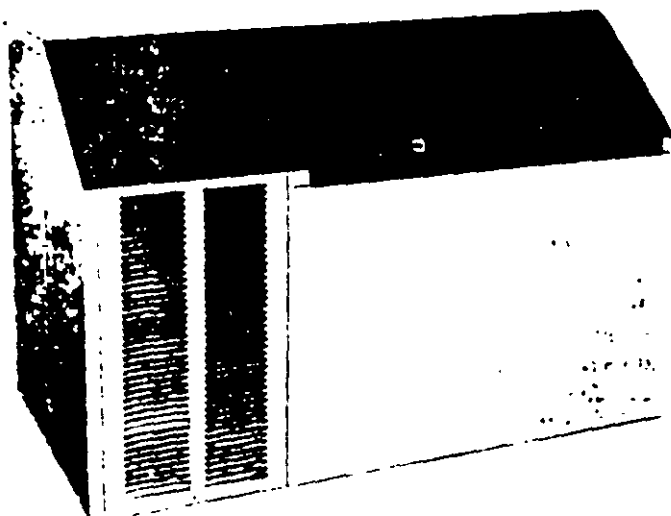


FIGURA R28-10 Máquina típica para hielo en escamas (Cortesía de Liquid Carbonic Corp.)



Por supuesto la condición o calidad del producto tiene una relación definida con el tiempo que ha sido almacenado. Si el producto debe presentarse inmediatamente para la venta al consumidor, debe cosecharse en su pico de madurez. Esto también se aplica si el producto de calidad debe congelarse rápidamente.

Muchos vegetales y frutas son preenfriados antes de embarcarlos si se despachan a distancias apreciables y son enfriados mientras se transportan. Si no se hace esto el proceso de respiración acelerará la maduración y pronto empezarán a deteriorarse. Las carnes, como se mencionó anteriormente, se afectan por el crecimiento de bacterias, pero no sufren el proceso de respiración. La fruta y los vegetales continúan absorbiendo oxígeno y liberando dióxido de carbono aún después de cosechados.

Este proceso de absorber oxígeno y liberar dióxido de carbono mediante el proceso químico de conversión de almidones en azúcar dentro de la sustancia viva, genera calor. El incremento de calor dentro de la sustancia trae una aceleración en la acción de las enzimas en el producto. Esta acción debe reducirse tanto como sea posible para mantener la calidad del producto para presentación al público.

La figura R28-11 da las cantidades de calor, en Btu/ton/día, cedidas por varias frutas y vegetales a diferentes temperaturas. Esta tabla se usó en el capítulo R27 cuando se describieron cargas de calor, las cuales ocurren bajo las circunstancias cambiantes. Es fácilmente visto que esta cantidad de calor es considerable, particularmente a alta temperatura. Por consiguiente el producto debe enfriarse a su más baja temperatura aceptable tan pronto como sea posible.

La vida de almacenamiento de varios productos es importante para satisfacer la ley de suministro y demanda. Usualmente cuando hay un gran suministro de un producto, aun con una demanda adecuada, el precio de tal producto puede caer. Esto se aplica por ejemplo a las frutas y vegetales "de la estación". Cuando el producto no está fácilmente disponible o "fuera de estación" el precio es generalmente más alto. Si la gente puede tener cosas tales como fresas, jugosas manzanas o aun maíz en mazorca durante los meses de invierno, a menudo pagan un precio extra por estas delicadezas.

Los productores de muchos artículos pueden colocar algunos de sus productos en almacenamiento y tenerlos disponibles para la venta durante la época "fuera de estación". Un granjero productor de huevos puede, cuando sus gallinas están produciendo exceso de huevos, colocar algunos de éstos en almacenamiento de tal modo que estén disponibles para la venta, cuando la producción es más baja.

==== R28-6

### ==== **ALMACENAMIENTO MEZCLADO** =====

Para mantener mercancía de calidad bajo varias condiciones de almacenamiento, es deseable el uso de áreas de almacenamiento separadas para cada uno de los productos. Esto puede no ser factible en muchos casos. Es posible almacenar varios productos en la misma área si tienen condiciones recomendadas de almacenamiento comunes. Generalmente si se usa almacenamiento mezclado, puede requerirse un compromiso de temperaturas que no será óptimo para algunos productos. Alguno de los productos puede almacenarse a temperaturas por debajo del punto que se considera crítico.

Como se mencionó antes, las temperaturas de almacenamiento mayores pueden acortar la vida de algunos productos en almacenamiento mezclado. En general esto no crea demasiado problema porque el almacenamiento mezclado es ordinariamente sólo para un corto periodo.

El gran problema del almacenamiento mezclado es la transferencia de olores de un producto a otro. Todos los productos lácteos, junto con los huevos, frutas y aun algunas clases de nueces, fácilmente toman olores y sabores de otros productos. Las cebollas y las papas transfieren sus olores y sabores a otros productos que puedan almacenarse junto a ellas.

Por costumbre, grandes bodegas de almacenamiento, tales como aquellas que tienen los mayoristas, serán adecuadas para permitir el almacenaje a largo término de productos individuales. O debe buscarse facilidades para almacenamiento de vegetales en un área, frutas en otra y productos lácteos en otra.

## ==== **PROBLEMAS** =====

R28-1. ¿Qué refrigerante se utilizó en los primeros refrigeradores comerciales?

R28-2. ¿Cómo se evita la deshidratación de los alimentos en un refrigerador?

R28-3. Aproximadamente ¿qué temperatura debe mantenerse en las cabinas para almacenar de comida congelada?

R28-4. Generalmente hablando hay dos tipos primarios de bacterias que afectan las comidas en el almacenamiento refrigerado. ¿Cuáles son?

R28-5. La refrigeración de las frutas o los vegetales inmediatamente después de la cosecha los preserva por periodos más largos que si hubiera un tiempo entre la cosecha y la refrigeración. ¿Por qué?



**R28-6.** Antes de la instalación de la refrigeración mecánica en coches de ferrocarril para el transporte de productos frescos, ¿qué método se usaba?

**R28-7.** ¿Qué son placas eutécticas?

**R28-8.** ¿De qué depende la rapidez con que un hielo enfría al agua en un vaso?

**R28-9.** ¿Por qué es deseable almacenar diferentes tipos de productos bajo diferentes condiciones de refrigeración y humedad relativa?

**R28-10.** Al almacenamiento de distintos productos en el mismo recinto se le llama \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

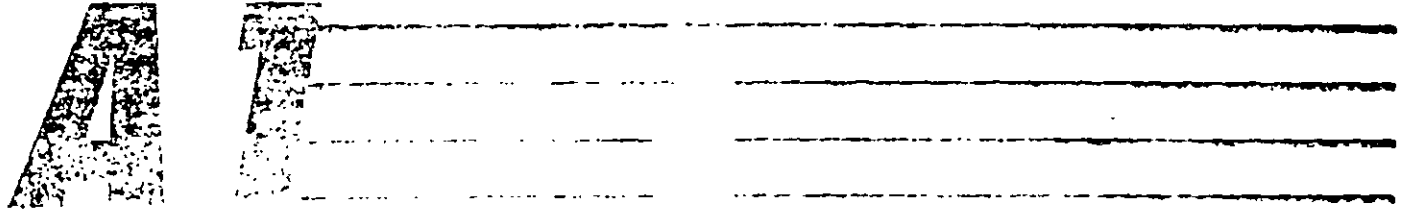
### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 1 INTRODUCCIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Introducción

===== A1-1

## ===== **¿QUE TAN ANTIGUO ES EL AIRE ACONDICIONADO?**

El aire acondicionado es tan antiguo como el hombre. La gente primitiva mostrada en la figura A1-1, utilizó las pieles de los animales, en un sentido crudo para controlar el escape o contenido de su propio calor corporal y efectuar un cambio en su confort personal. Buscando protección del Sol o hallando refugio en cuevas, contra el frío o el calor, básicamente cambiaban su medio ambiente. El descubrimiento y uso del fuego fue quizás el avance más importante de esa era.

La historia y los artefactos antiguos, muestran que los nobles egipcios, usaron esclavos (figura A1-2), equipados con ramas de palmas para ventilar a sus amos. Así, el enfriamiento evaporativo, suministró algún alivio para el calor del desierto. La historia también recuerda que los romanos, diseñaron calefacción y ventilación en sus famosos baños. Los romanos también traían hielo de las montañas del norte, para enfriar vino y posiblemente también para enfriar agua para baño.



FIGURA A1-1 Antigua pareja alrededor del fuego

En la edad media el notable, Leonardo da Vinci, construyó un ventilador accionado por agua, para ventilar los cuartos de la casa de un amigo suyo. Otras innovaciones antiguas, incluyeron sillas con acción de fuelle para producir ventilación intermitente para el ocupante y mecanismos de reloj que activaban unos ventiladores encima de las camas.

Con los actuales adelantos, estos ejemplos de acondicionamiento de confort parecen más bien crudos y quizás si se explorara completamente algunos serían cómicos.

===== A1-2

## ===== **PRIMEROS DESARROLLOS TECNICOS**

El arte de la ventilación y calefacción central, progresó rápidamente durante el siglo diecinueve. Se inventaron los ventiladores, calderas y radiadores, llegando a ser de uso común. Los primeros hogares para calentar aire fueron de



FIGURA A1-2 Esclavo egipcio enfriando a su amo.



**FIGURA A1-3** Mr. Willis Carrier. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

hierro fundido, quemando carbón con distribución de aire por gravedad. Algunos ventiladores mecánicos fueron usados para circulación forzada de aire a través de ductos. Los conceptos modernos de hogares guardan poco de aquellos "monstruos de hierro". El tamaño, peso y ventilación de los productos de combustión, han cambiado drásticamente, pero lo más importante fue el desarrollo que condujo a la conversión gradual de carbón a gas y aceite y de encendido manual a automático.

Los primeros textos de refrigeración discuten las aplicaciones del uso del hielo para la preservación de la comida y el desarrollo inicial del concepto de refrigeración mecánica/química en 1748, en Escocia por el doctor William Cullen.

Fue en 1844 cuando el doctor John Gorrie (1803-1855), director del Hospital Naval en Apalachicola, Florida, describió su nueva máquina de refrigeración. En 1851 se le concedió la patente U.S. 8080. Esta fue la primera máquina comercial en el mundo, usada para refrigeración y aire acondicionado. La máquina de Gorrie, recibió amplio reconocimiento y aceptación en el mundo entero. Muchas mejoras al trabajo del doctor Gorrie, se obtuvieron con el desarrollo de los compresores alternativos aplicándolos a la licuefacción de hielo, cerveza, empaque de carne y procesamiento de pescado. La ingeniería de refrigeración llegó a ser una profesión reconocida y en 1904, alrededor de 70 miembros formaron la ASRE (American Society of Refrigeration Engineers).

Realmente el "padre del aire acondicionado" (figura A1-3) fue Willis H. Carrier (1876-1950), como lo anotan muchos historiadores. A través de su brillante carrera, Carrier contribuyó más al avance de esta industria, que cualquier otro individuo. En 1911 presentó su famoso trabajo, sobre las propiedades del aire. Estas suposiciones y fórmulas, fueron la base para la primera carta psicrométrica y llegaron a ser la autoridad para todos los cálculos fundamentales en la industria del aire acondicionado.

Carrier continuó su trabajo e inventó la primera máquina centrífuga de refrigeración en 1922, y luego investigó los sistemas de inducción para edificios con muchas oficinas, hoteles, apartamentos y hospitales. Durante la Segunda Guerra Mundial, supervisó el diseño, instalación y arranque del sistema para la National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) en Cleveland, para enfriar 10,000,000 pies<sup>3</sup> de aire para un túnel de viento hasta -67°F (-19.45°C). Carrier murió en 1950, habiendo presentado el punto real de vista, en el crecimiento de la industria.

Estos fueron solamente unos pocos pasos a lo largo del camino hacia el desarrollo del moderno aire acondicionado que conocemos hoy en día.

===== A1-3  
===== **EL ENFRIAMIENTO PARA CONFORT  
===== ES ANTIGUO**

El aire acondicionado para confort, tuvo su primer gran uso en cines, durante la década de 1920. Famosos teatros de Nueva York, como el Rivoli, el Paramount, el Roxy, los teatros Loew's en Times Square (figura A1-4), estuvieron entre los primeros. Al final de la década varios cientos de teatros a través de los EE.UU., tenían aire acondicionado. Estos eran sistemas diseñados y construidos para el cliente, instalados en el campo, lo cual significaba que la mayor parte del montaje se hacía en el sitio de trabajo.

Hacia el final de la década, también apareció el primer acondicionador de aire autocontenido. No sólo fue un importante logro técnico, sino que vino a ser el primer intento de la industria hacia los productos "paquete" que serían fabricados en masa, probados y operados en fábrica, antes de su despacho al usuario.

El siguiente avance fue el desarrollo de los refrigerantes seguros. En 1930, Tomás Midgley de la compañía Du Pont desarrolló el hoy famoso refrigerante Freón (fluorocarbón). En 1931 se introdujo el Freon 12 (figura A1-5), como refrigerante comercial. Los refrigerantes de fluorocarbón permiten usos en donde otros materiales inflamables o tóxicos son peligrosos. Adicionalmente, las características de operación del F-12 abrieron nuevas posibilidades en el diseño de compresores y componentes del sistema. Una familia completa de refrigerantes de Freón, fue creciendo a medida que las condiciones específicas de operación lo requerían. En 1955, otras firmas se unieron a la Du Pont en la producción de estos refrigerantes y en 1956, se adoptó una nueva numeración para designarlos: R-22, et.



*CONFUNDIENDO* — ¿verano significaba y significó de para y charlas, sabado en la noche en un cinema entragado con un aire acondicionado. En el progreso del aire acondicionado, este tema de 1929 fue secundado por símbolos más significativos como pinosillos y relojes. Las temperaturas en los teatros de hoy son menos novedad que en el pasado, dos un concepto de lujo. Y porque la gente está acostumbrada al aire acondicionado en sus casas y negocios de trabajo. Además los programas de conservación de los productos en la industria de aire acondicionado durante 13 años, han sido un éxito. Sí, el ingeniero de ingeniería de la industria de la construcción y los negocios.

*El artículo "El verano"*

FIGURA A1-3

Alrededor de 1935 la industria introdujo el primer compresor hermético para el trabajo de aire acondicionado. Su trabajo fue considerablemente mayor a los de carcasas de similares hoy en día. Su velocidad fue 1750 rpm, diferente a las utilizadas hoy de 3600 rpm. La carcasa exterior era emperrada más bien que completamente soldada (figura A1-6). El concepto de pasar gas de la succion, sobre los devanados del motor, también con la tendencia a ser usado en tamaños hasta de 7 toneladas, pero ha llegado a ser ahora casi universal entre los productores de compresores. Los herméticos completamente soldados (figura A1-7), se ofrecen en capacidades hasta de 20 toneladas en una sola carcasa. Las ventajas del hermético incluyen menor tamaño y peso, menor costo de producción, no hay problemas de falla de sello, menor ruido, no hay mantenimiento de bandas. La localización no es crítica puesto que no requiere



FIGURA A1-5 Freon 12 (Cortesía de The Freon Company)

ventilación para la disipación del calor del motor y el gas en la succion es supercalentado por absorción del calor del motor obteniéndose mejor separación de aceite. Los informes de confiabilidad de la industria, confirman estas ventajas técnicas.

Después de la Segunda Guerra Mundial los productos consistieron principalmente en sistemas de maquinaria aplicada (figura A1-8) para grandes edificios, acondicionadores de almacén y acondicionadores de aire de ventana. Las unidades de ventana (figura A1-9) se usaron extensivamente para enfriar residencias, pequeñas oficinas, pequeños almacenes y casi cualquier aplicación concebible donde era posible el acceso a una ventana o montaje a través de una pared. Sin embargo, el principal mercado de aire acondicio-

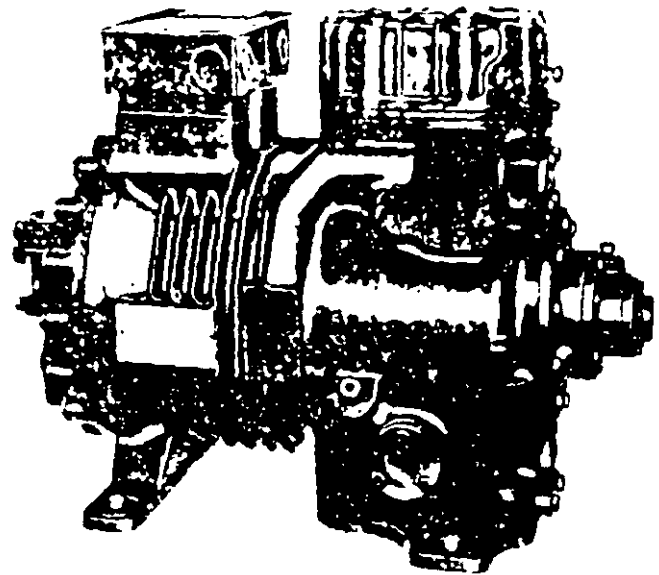


FIGURA A1-6 Anticmo compresor hermético emperrado. (Cortesía de Copeland Corporation.)

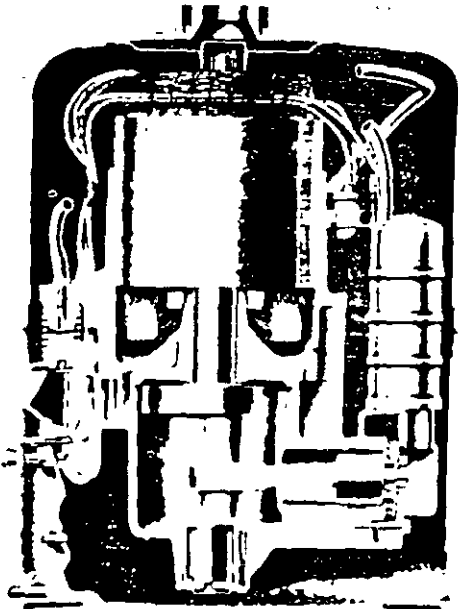


FIGURA A1-7 Compresor de 3 toneladas (Cortesía de Carrier Air Conditioning Company)

nado, comercial, de droguerías, restaurantes, tiendas de modas, barberías, almacenes de abarrotes, etc., fue manejado por el *acondicionador de almacén autocontenido* (figura A1-10). Estas unidades fueron principalmente enfriadas por agua y estuvieron usualmente localizadas en el espacio acondicionado. La distribución de aire generalmente se hacía con rejillas en la campana de descarga, aunque se usó también la distribución por ductos. Algunas desventajas de estas unidades incluyen la necesidad de agua del acueducto y su consiguiente costo, o problemas de aplicación de torre de enfriamiento, ruido excesivo, alta velocidad del aire y retornos, ocupación de valioso espacio de venta en establecimientos al detal. Pero aun con estas deficiencias, estas

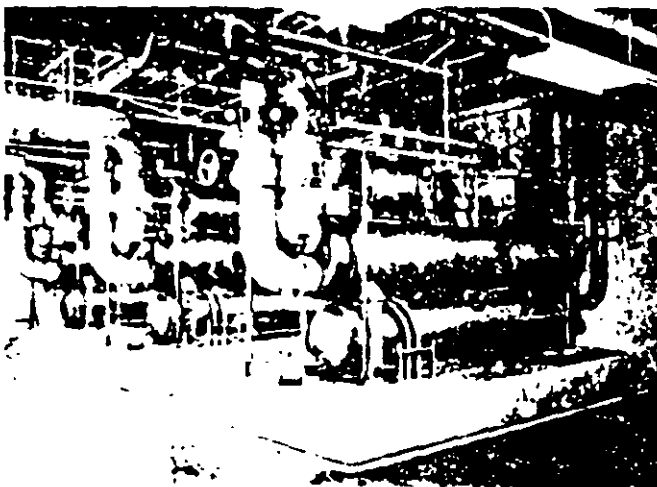


FIGURA A1-8 Sistema de maquinaria aplicada (Cortesía de Born Warner Air Conditioning Inc.)

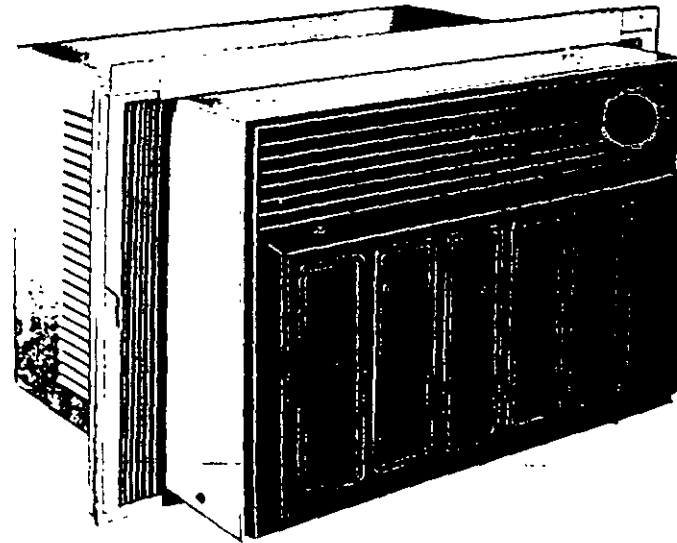


FIGURA A1-9 Unidad acondicionadora de aire, de ventana

deficiencias, estas unidades se acreditaron creando la conciencia y la apreciación para los sistemas centrales de aire acondicionado. Algunos productores ofrecieron variaciones que podían adaptarse al uso residencial, pero el número de instalaciones fue relativamente bajo.

El siguiente gran avance, que realmente aceleró las ventas, fue la introducción en 1953, de la operación con enfriamiento por aire en vez de agua. La nueva tecnología en los componentes y el sistema, permitieron elevar las cabezas de presión, así que las máquinas podían operar segura y eficientemente con condiciones exteriores de 115°F. Las primeras unidades paquete (figura A1-11) fueron principalmente horizontales, para mantener en áticos y sobre una base a nivel de piso. La instalación consistía del montaje de la unidad, conexiones eléctricas y un sistema

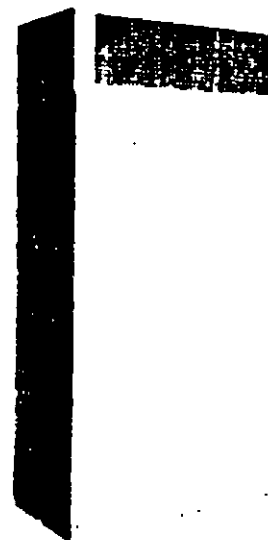


FIGURA A1-10 Unidad autocontenida típica, enfriada por agua. (Cortesía de Addison Product Company.)

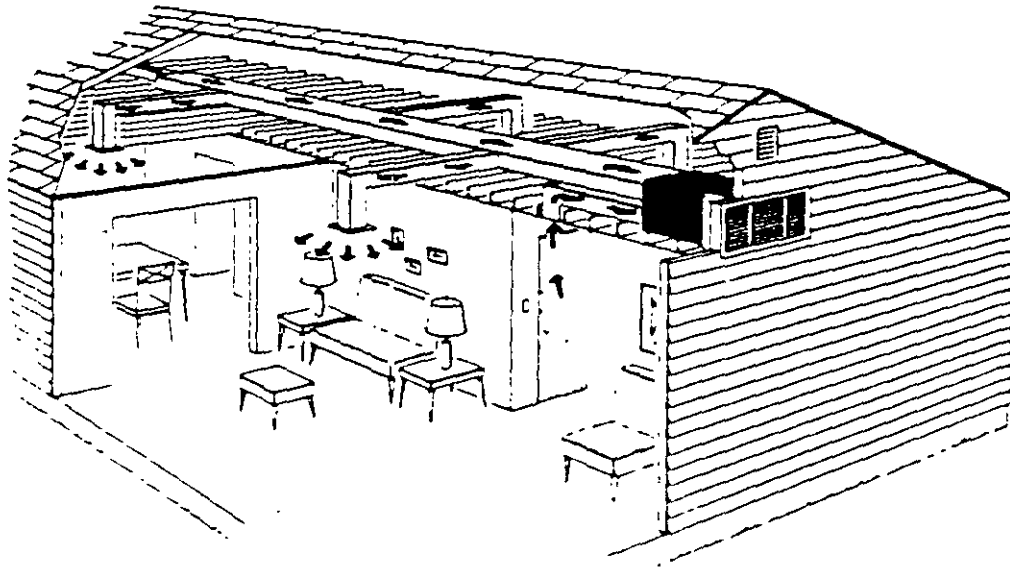


FIGURA A1-11 Unidad horizontal tipo paquete

simple de ductos para distribuir el aire al espacio. Estas unidades fueron igualmente aceptables para pequeñas aplicaciones comerciales, montadas sobre techos. Entre las muchas ventajas de estos sistemas están: no requiere tubería de refrigeración, no requiere plomería, son cargadas, probadas y sellado su circuito de refrigeración en fábrica, requiere un mínimo de alambrado eléctrico, todo lo cual reduce el trabajo en el sitio de montaje y costo de materiales incrementando la confiabilidad en la operación. La principal desventaja asociada con este producto fue su falta de flexibilidad, para adaptarse a toda clase de aplicaciones residenciales, particularmente en donde se combinaban calefacción y enfriamiento. Como lo dice la expresión "la necesidad es la madre de la invención", la industria reaccionó rápidamente con el concepto de sistema partido.

El sistema partido (figura A1-12), como su nombre lo indica consiste en dos partes: un componente de enfriamiento interior y una sección de condensación exterior. Las dos están conectadas por líneas de refrigerante de succión y de líquido. La unidad interior puede variarse ampliamente, primero como un serpentín evaporador con flujo hacia arriba, hacia abajo u horizontal, o puede equiparse con un soplador para proveer su propia capacidad de manejo de aire. La adaptabilidad de estos sistemas los hacen de éxito inmediato, de ahí el rápido crecimiento de su uso. Las primeras versiones, requirieron lubricación y soldaduras de líneas refrigerantes, evacuación y carga de refrigerante en el sitio, antes de entrar en operación. Esto añadía costos a la instalación y requería instaladores altamente entrenados. La confiabilidad dependía de la destreza técnica del instalador. Una vez de nuevo, la industria, respondió con soluciones y se llegó a la línea precargada y a los acoples de conexión rápida.

Las líneas precargadas (figura A1-13), se cortan y fabrican en varias longitudes y la línea de succión es preaislada con recubrimiento continuo. Ambos extremos de las líneas están equipados con acoples mecánicos que tienen un

diafragma metálico delgado para formar un sello. Las líneas son deshidratadas, evacuadas y cargadas con cantidades precisas de refrigerante. Cuando se instalan, las líneas se acoplan a conexiones en las unidades interior y exterior. Una parte del acople tiene un filo cortante que atraviesa el diafragma, lo dobla hacia atrás y abre la línea. Así un sistema completo de refrigeración, se monta con mínimo trabajo y riesgo de contaminación. La confiabilidad de estos sistemas se incrementa sensiblemente. En los últimos capítulos se definirán otras variaciones de accesorios mecánicos.

Durante este mismo periodo de desarrollo del equipo de enfriamiento tipo paquete y sistema partido, la industria también convirtió muchos de esos sistemas para enfriamiento, en sistemas reversibles llamados *bombas de calor* (figura A1-14), significando con esto que podía introducirse calor a un espacio, dependiendo del modo de usarlo. Desafortunadamente a causa de la presión sobre los accesorios eléctricos, para construir cargas de calefacción en invierno, las primeras bombas de calor no se desarrollaron completamente y perdieron confiabilidad. Para complicar el asunto, las bombas de calor se vendieron en climas extremos en donde la operación era marginal. Finalmente el número de personal de servicio calificado era mínimo o inexistente. Estos resultados estaban lejos de satisfacer las necesidades. Sin embargo, la experiencia y las mejoras técnicas han restablecido la confianza en la bomba de calor y con la atención del mundo puesta en la conservación de la energía, probablemente ganarán más popularidad en el futuro.

La última innovación de productos ocurrida a finales de la década del 50 y principios del 60 y que aún cuenta con la tasa de crecimiento mayor de todos los acondicionadores tipo paquete, para todo el año, fue la combinación de *techo* de calefacción con gas y enfriamiento eléctrico (figura A1-15). Inició con unidades pequeñas, de 2 a 5 toneladas, colocadas en los techos de estructuras comerciales bajas y en aplicaciones domésticas. La tendencia creció rápidamente.

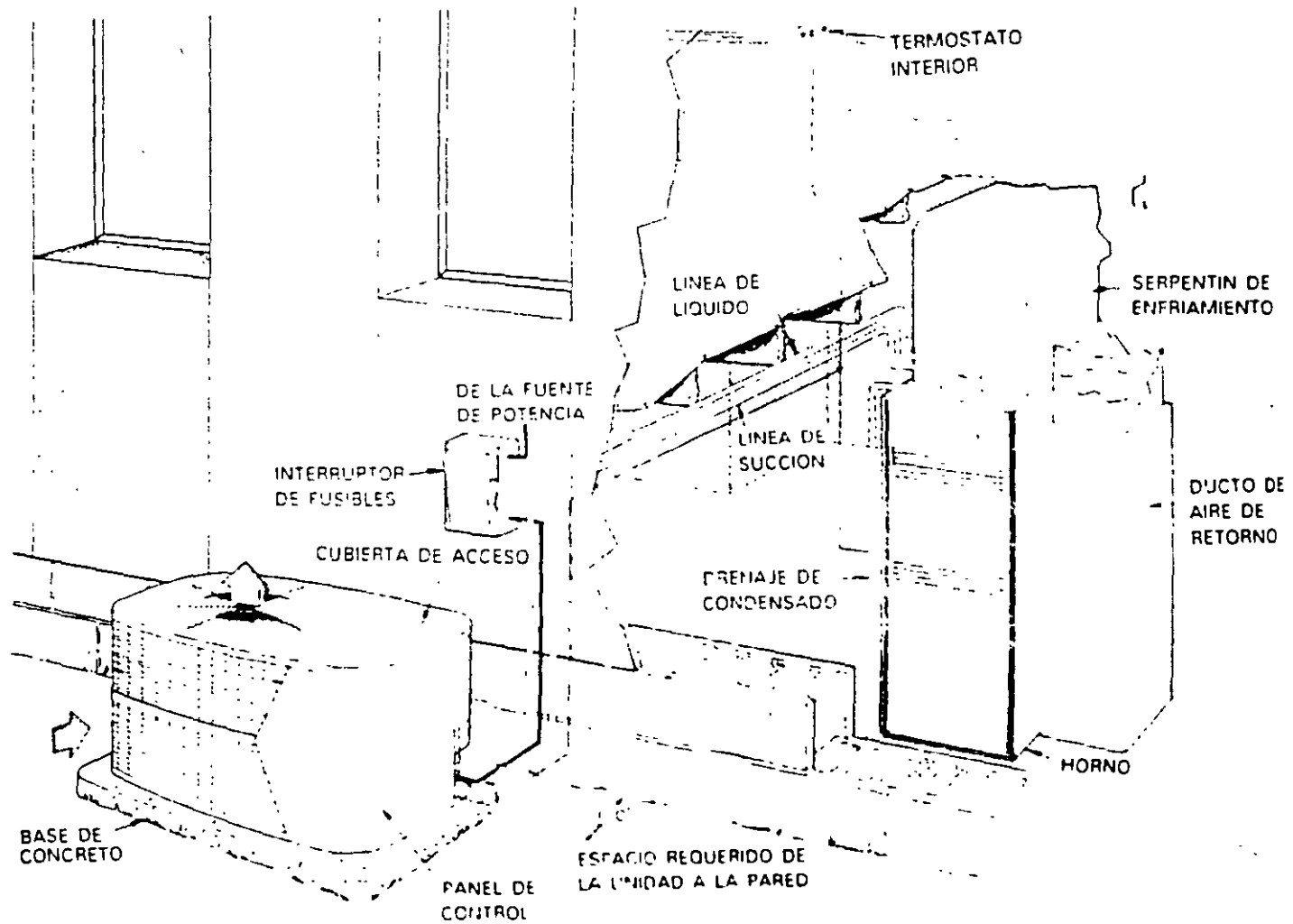


FIGURA A1-12 Sistema parte (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

te. El equipo vino a ser más sofisticado y los tamaños cambiaron rápidamente. Las capacidades van hasta 1000 toneladas para enfriamiento. Hay equipo disponible para calefacción con gas o electricidad. Se acuñó una frase:

"Muestrame un centro comercial y te mostraré una unidad de techo"

Este repaso de los productos que contribuyeron a esta era del aire acondicionado, no cubre todos los avances técnicos importantes. En capítulos subsiguientes, exploraremos otros sistemas y productos ofrecidos corrientemente por la industria. También, antes de dejar la historia del desarrollo del aire acondicionado, notaremos que *no todo* el conocimiento que condujo a tan rápido crecimiento vino de los fabricantes o proveedores de componentes. Uno de los más notables ejemplos viene del esfuerzo de una asociación comercial.

Al final de 1950 el Field Investigation Committee y el Research Advisory Committee of the National Warm Air Heating and Air-Conditioning Association, en cooperación con la Universidad de Illinois, establecieron la estación para experimentos de ingeniería, la cual fue en realidad una residencia en el campus (figura A1-16). Muchos estudios importantes se hicieron con las características del flujo de calor, el efecto del aislamiento, diseño y la eficiencia de los sistemas de distribución de aire, etc. Los resultados de este esfuerzo, ayudaron grandemente al avance de la ciencia

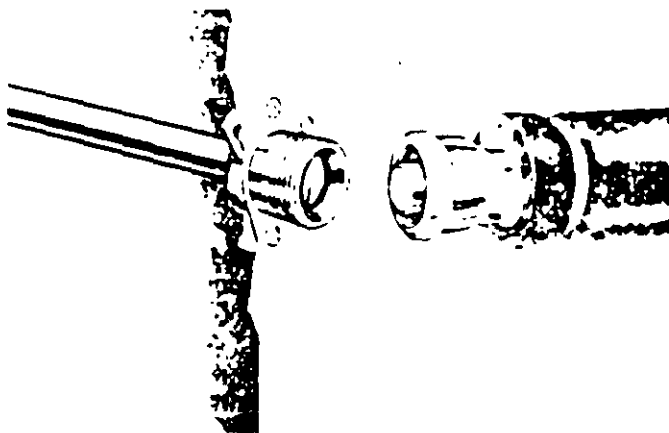


FIGURA A1-13 Líneas precarizadas (Cortesía de Armstrong)



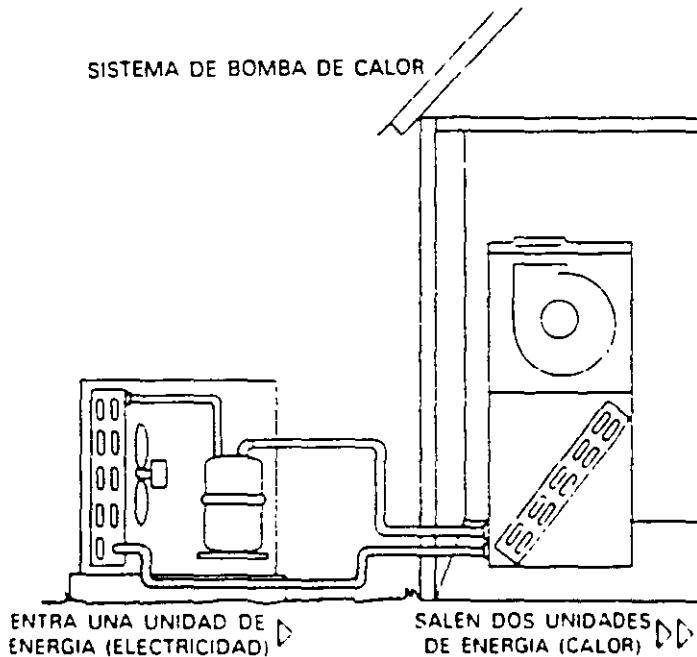


FIGURA A1-14 Sistema de bomba de calor. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

y aplicación de la calefacción y el aire acondicionado y llegó a ser la base para varios manuales de diseño. El nombre de la asociación ha sido cambiado ahora a ACCA (Air Conditioning Contractors of America). Recomendamos mucho el uso de esos manuales, porque se actualizan en forma constante

A1-4  
**CRECIMIENTO HISTORICO DEL MERCADO**

Aquellos que hacen una carrera en aire acondicionado, están naturalmente interesados en el desarrollo de la industria y sus datos de crecimiento y frecuentemente se preguntarán: "¿Qué tan grande es esta industria?" Esta es una pregunta difícil de contestar a causa de sus muchas facetas; sin embargo, intentaremos una explicación

ARI mantiene datos de los despachos industriales y los separa en varias clasificaciones. Primero discutiremos despachos *unitarios*, los cuales son, todos los acondicionadores de aire tipo paquete, para enfriamiento sólo, calefacción y enfriamiento, bombas de calor, etc. Desde 1950 la gráfica de ventas de la figura A1-17, muestra un incremento hasta 1983. Pueden hacerse varias observaciones. Primero note el dramático crecimiento desde 1958. La mayoría estará de acuerdo que esto se debe a la introducción de los sistemas enfriados por aire en el mercado residencial. En 1973 se estimó que el 75% del total, eran unidades residenciales. La rata de crecimiento demostrada por la pendiente de la curva, es aún más dramática cuando se compara con el crecimiento de otras industrias, o aún con el producto nacional bruto. Se notará que hay un pequeño descenso en 1974, los despachos

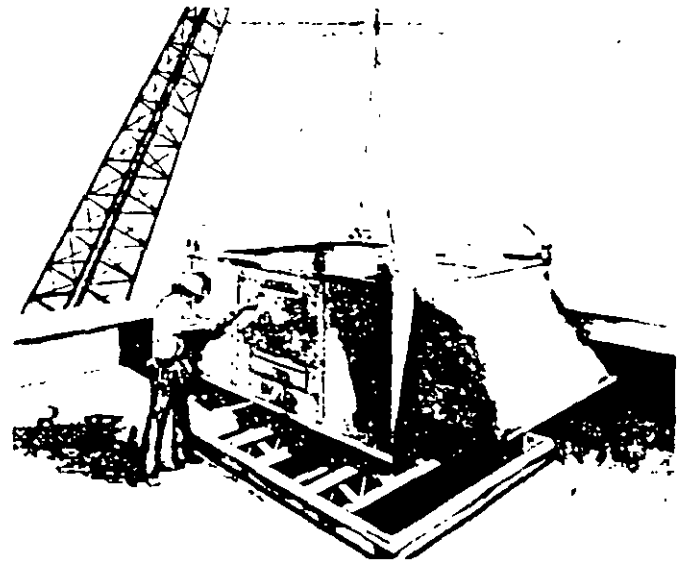


FIGURA A1-15 Unidad combinada de calefacción y enfriamiento para colocarse en azotea (Cortesía de Peter Warner Central Environmental Systems, Inc)

industriales que totalizaron 2,490,000 unidades, bajaron en un 13% respecto a 1973. Esto puede relacionarse directamente con la economía de 1974. Las ventas de aire acondicionado pueden correlacionarse estrechamente con la industria de la construcción, residencial y comercial, las cuales tuvieron bajas durante ese periodo. No obstante, el valor instalado del equipo *unitario* para 1974 fue más de 3 billones de dólares. El lector notará la gran disminución en 1975. Esta recesión se sintió en todas las ramas industriales. Su duración fue corta, porque en 1976 se tuvo un 50% de recuperación en comparación con 1974. Para 1978 la recuperación fue completa e igualó el máximo del año 1973. Los años de 1980, 1981 y 1982 fueron menores en comparación de 1978, pero de nuevo en 1983 se igualaron los embarques de los años de bonanza. El potencial de crecimiento en el futuro sólo está limitado por el personal entrenado disponible



FIGURA A1-16 Estación para experimentos de ingeniería. Campus de la Universidad de Illinois (Cortesía de ACCA)

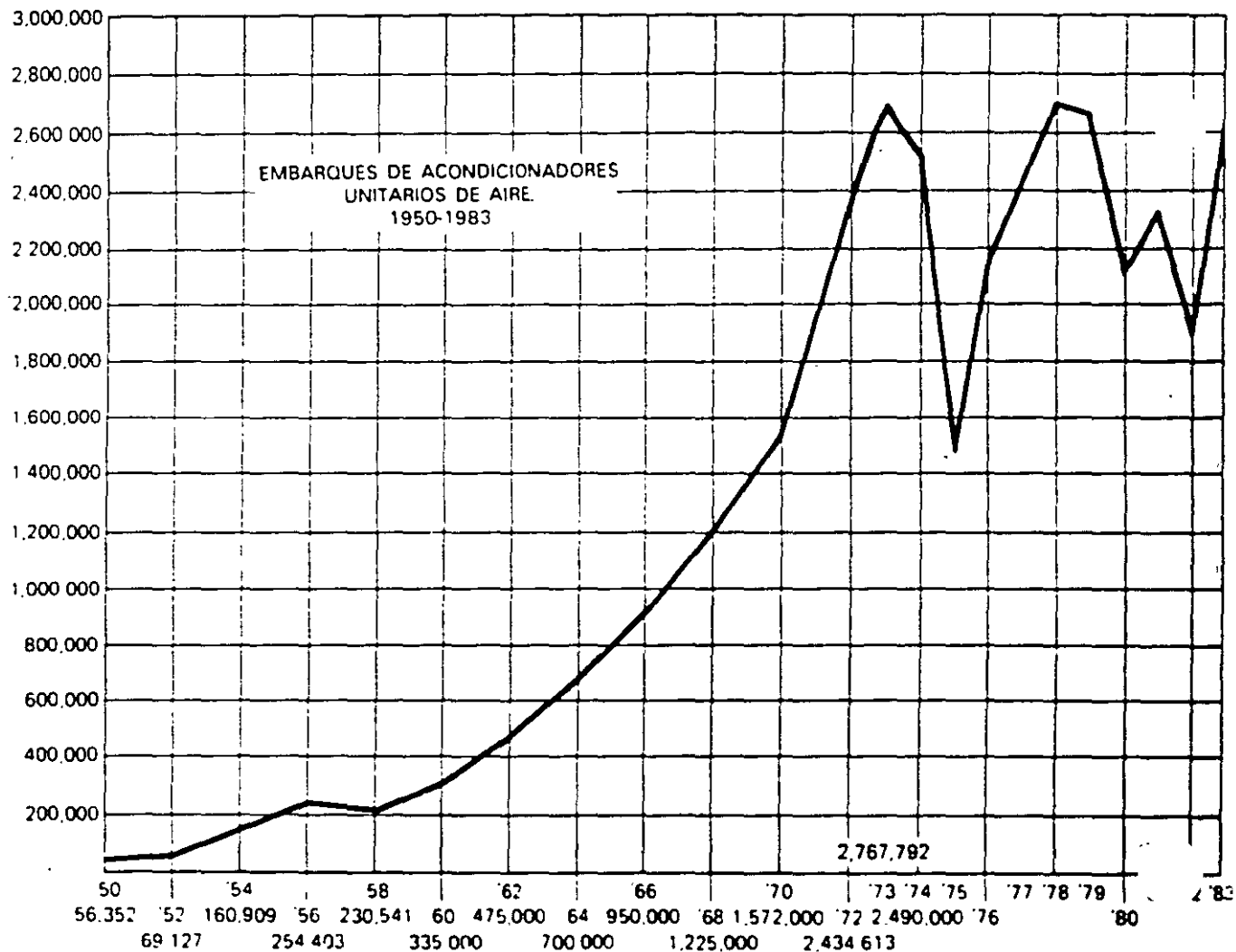


FIGURA A1-17 Embarques de acondicionadores unitarios de aire (Cortesía de ARI)

≡≡≡ A1-5  
**EQUIPO DE ESTACION CENTRAL**

También llamado de *maquinaria aplicada* o *equipo montado*, es aquel que incluye los enfriadores de agua, equipo de manejo de aire, ductos, etc., que juntos hacen las instalaciones de mayor tonelaje en plantas centrales. En 1983 ARI estimó el valor instalado de esta categoría en aproximadamente 5 mil millones de dólares y ya que las ventas de enfriadores de agua, subieron 6.5% en 1984, es razonable asumir que el mercado total se incrementará en esa proporción.

≡≡≡ A1-6  
**OTROS PRODUCTOS EN EL MERCADO**

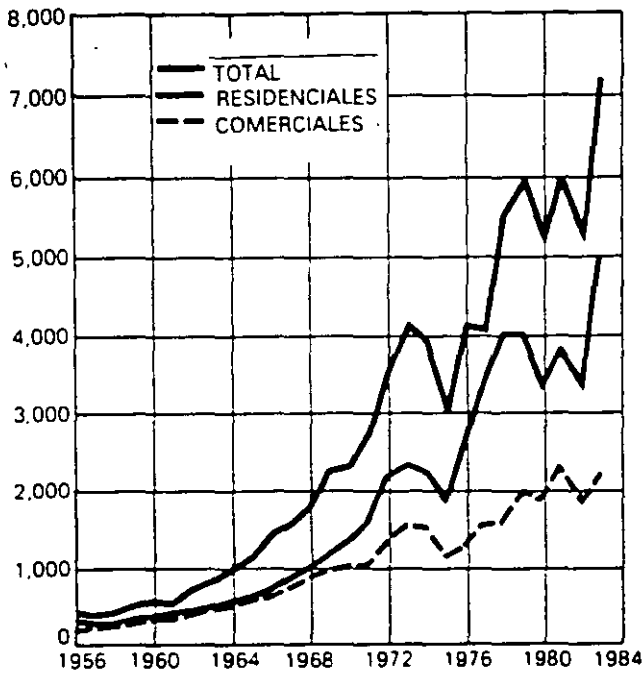
No incluidos en las cifras unitarias o de estación central, reportadas por ARI, hay otros productos que pueden

clasificarse en el amplio campo del aire acondicionado. Los acondicionadores de aire para cuartos en 1983, se estimaron en 5 millones de unidades. Las unidades paquete terminadas ("unidades a través de la pared comúnmente usadas en moteles") fueron estimadas en 200,000 unidades. Las ventas de limpiadores de aire electrónicos, estuvieron ligeramente sobre 200,000 unidades.

El equipo de calefacción central en 1983, reportado por GAMA (Gas Appliance Manufacturers Association), mostró ventas de hornos de gas de aproximadamente 1.5 millones de unidades, de hornos de A.C.P.M. 275,000 unidades de hornos eléctricos 400,000 unidades; y calentadores eléctricos de ductos 100,000 unidades.

Adicionalmente hay un grupo de productos que se usan en calefacción con resistencia eléctrica sin ductos según los estimativos de EEI (Edison Electric Institute) colocan este segmento en más de 400,000 unidades vendidas.

Finalmente hay un gran número de accesorios relacionados, vendidos separadamente que se usan para completar las instalaciones tales como rejillas, registros, control de flujo de aire, equipo de filtrado, etc. No hay un método preciso para



**FIGURA A1-18** Valor instalado calculado de acondicionadores unitarios de aire (Cortesía de ARI)

minar o estimar sus ventas totales, pero está probablemente en millones de dólares

La figura A1-18 muestra el valor del equipo comercial y residencial instalado en Estados Unidos, y desde 1960, la cantidad exportada

En resumen, el valor total instalado se acerca a los \$8.000 millones, y esa cifra es baja porque no todos los fabricantes informan al ARI. Además, tenemos un mercado exterior en desarrollo

## A1-7 EL MERCADO INTERNACIONAL

En 1983 del total de despachos de acondicionadores de aire unitarios, 76,000, es decir, el 4% fue al exterior. De EE.UU. se exportó a 153 países. Los principales usuarios fueron Canadá, Japon, Alemania Occidental, Australia, El Reino Unido, Venezuela, Francia, Irán, Bélgica y Mexico. Los EE.UU. y el Japon, producen el 90% de los equipos de calefacción, ventilación y aire acondicionado, siendo el resto para Europa

Un productor mayor de aire acondicionado, estima el consumo externo total en 1983, aproximadamente en 800 millones, lo cual incluye las 76,000 unidades mencionadas. Totalizando lo anterior se obtiene un suministro del extranjero de unos \$650 millones

En 1978, la misma fuente de información puso el valor total en 1.6 billones y en 1983 cerrará en 3 billones. Obviamente esto es un pronóstico optimista, pero es razonable en términos de las construcciones en tierras extranjeras.

## A1-8 USO DEL AIRE ACONDICIONADO POR TIPO DE MERCADO

En 1973 los productores estimaron que el 76% de la producción unitaria fue al consumo residencial. El restante 24% fue al amplio campo comercial. En 1974, estas aplicaciones fueron estimadas en 70%-30%. Del 70% para uso residencial, aproximadamente la mitad fue a construcciones nuevas y lo restante a modernización de casas existentes.

Las aplicaciones comerciales se dividen en siete grupos:

Escuelas	10.0%
Hoteles	8.5%
Almacenes supermercados, centros comerciales	14.0%
Hospitales	14.0%
Plantas industriales	14.5%
Aplicaciones multiples	17.0%
Edificios de oficinas	22.0%

De estas aplicaciones comerciales, aproximadamente 57% fue servida con productos unitarios y 43% por sistemas de estación central.

## A1-9 NECESIDADES DE MANO DE OBRA EN LA INDUSTRIA

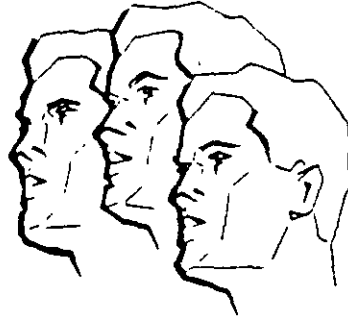
En marzo de 1973 ARI publicó un *Reporte de investigación de mano de obra* (figura A1-19), lo cual refleja proyecciones de la demanda de mano de obra en la industria hasta 1980. Se envió investigadores a los contratistas de aire acondicionado, a los contratistas mecánicos, a las organizaciones de servicio y a las compañías de refrigeración comercial, para que preguntaran por las expectativas de nuevas posiciones. De esta investigación se estimó que deberían llenarse más de 50,000 nuevos empleos. De éstos, dos terceras partes fueron para técnicos/mecánicos en los campos de calefacción, aire acondicionado, refrigeración y metalisteria

Para ponerlo en otra forma, por cada 1 millón de dólares de valor del equipo instalado, se requerirán los siguientes empleos:

- 1 ingeniero graduado
- 2 técnicos mecánicos
- 11 mecánicos de aire acondicionado, calefacción y refrigeración
- 2 ayudantes de aire acondicionado, calefacción y refrigeración
- 7 mecánicos metalistas



1970-1980



## REPORTE DE INVESTIGACION DE MANO DE OBRA

FIGURA A1-19 Reporte de investigación de mano de obra

- 1 ayudante metalista
- 2 vendedores



A1 10

### OPORTUNIDADES DE EMPLEO

Los productores contratan gran número de técnicos entrenados para varios trabajos. Los técnicos de laboratorio, construyen prototipos de nuevos productos o hacen pruebas en estos para obtener datos de comportamiento, datos de ciclo de vida o cumplir con la certificación ARI o las normas de seguridad o evaluación de sonido UL (figura A1-20). El personal de servicio en fábrica prepara instrucciones de instalación, material de entrenamiento, información de partes, etc. Algunos productores emplean un gran número de técnicos de servicio para asignaciones de campo. Ellos están activos en situaciones de instalación y arranque o prestando servicio al cliente.

Los contratistas tienen la mayor demanda de personal. Para explicar esto, dividiremos la contratación de industria en dos grupos. Grupo 1, contratistas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, los cuales tratan principalmente con el mercado residencial y comercial ligero. Estos negocios necesitan personal para instalación y servicio (figura A1-21), al igual que personal de ventas competente en el aspecto técnico, que pueda estimar el trabajo, hacer esquemas de ductos y si están inclinados así, hacer la venta real. Mucho de este tipo de trabajo se llama autodiseñado, a causa de que no hay planos y especificaciones detalladas, el contratista supe ese servicio al cliente.

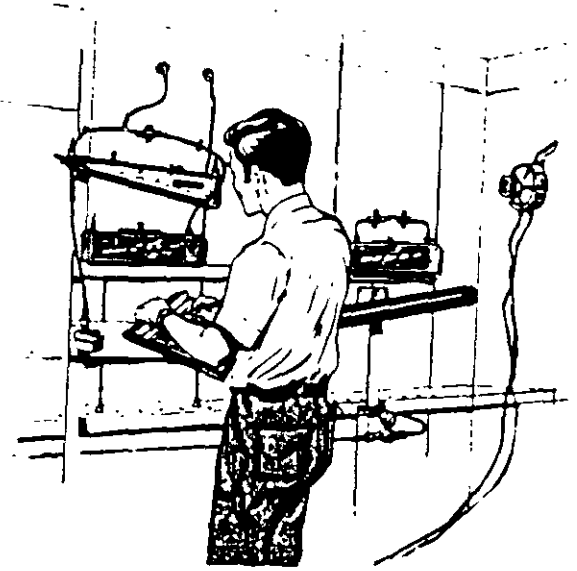


FIGURA A1-20 Técnico de laboratorio

La otra categoría es el contratista mecánico que trabaja en el mercado de planificación y especificación, lo cual usualmente involucra grandes trabajos, que han sido diseñados por un consultor. También debe tener personal calificado para planear el trabajo, pero lo más importante, debe tener instaladores hábiles que posean amplios conocimientos de refrigeración, montaje de vapor, plomería en general, metalistería y sistemas de control.

En la función de distribución, están los vendedores, distribuidores, suplidores domésticos y de ramas industriales en donde se necesitan técnicos para ayudar en la venta. Ellos actúan como especialistas de servicio o vendedores pero deben estar empapados en las artes técnicas.

Finalmente, hay un amplio rango de otras oportunidades, que incluye personal de operación y mantenimiento para grandes instituciones como universidades, complejos hospitalarios, edificios de oficinas, edificios del gobierno, instalaciones militares y plantas industriales, todas las cuales hacen en casa su propio servicio y reparación. Esta lista es extensa y una fuente excelente de oportunidades de trabajo.

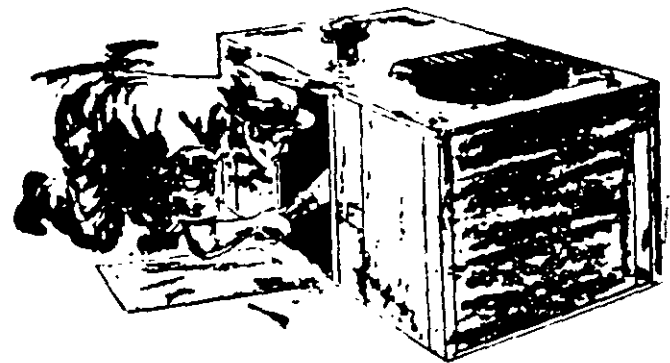


FIGURA A1-21 Personal de servicio AAV

El entrenamiento y la experiencia son los ingredientes claves para llegar a ser un técnico de éxito y esto se inicia con el conocimiento. Se ofrecen muchos programas en escuelas técnicas vocacionales y en colegios de la comunidad para estudiantes jóvenes y adultos. Los productores y las asociaciones comerciales son una fuente continua de desarrollo del entrenamiento.

===== A1-11  
**ASOCIACIONES COMERCIALES**

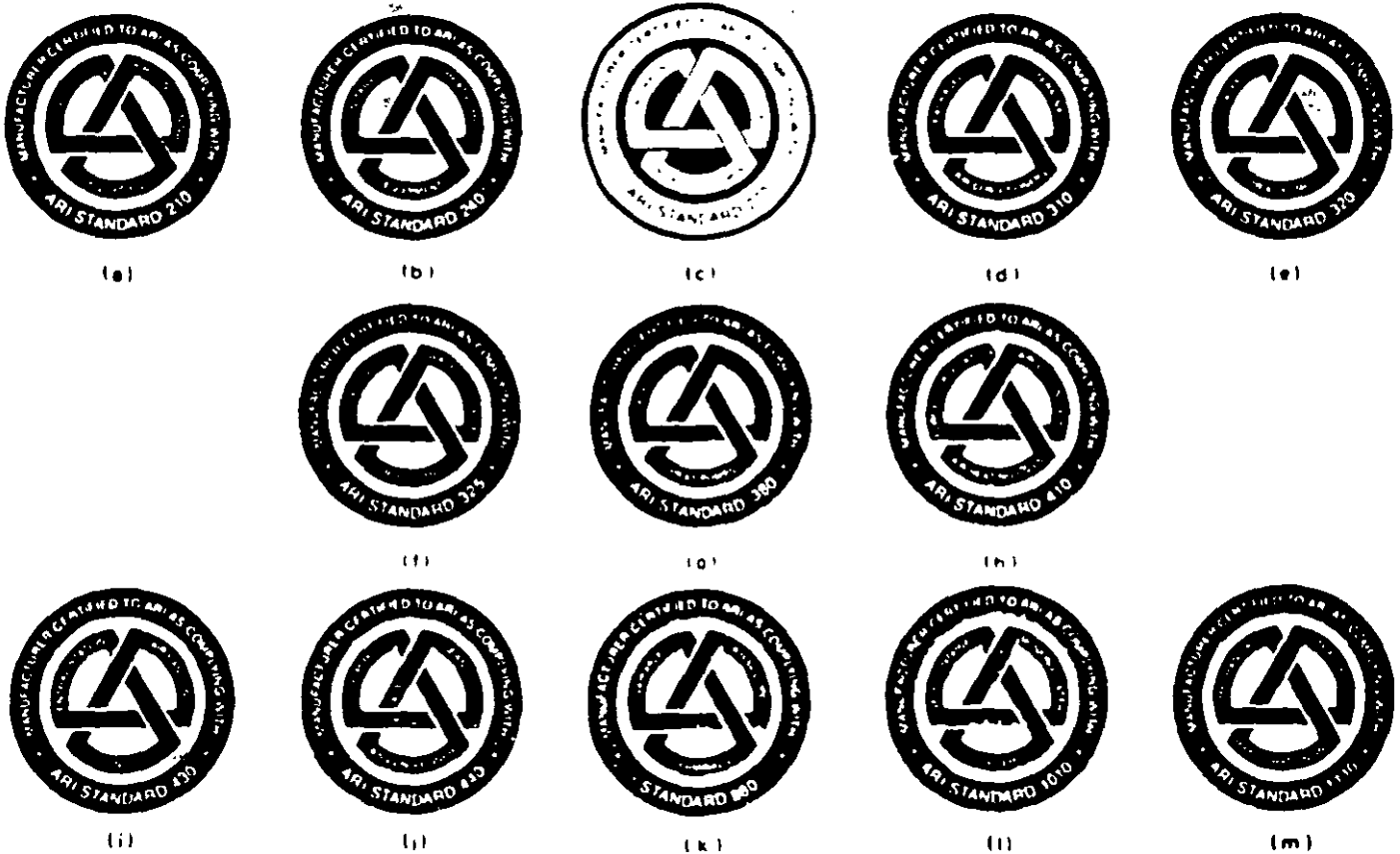
Con el rápido crecimiento y la variedad de intereses, fue sólo natural que evolucionaran asociaciones comerciales para representar grupos específicos. La lista incluye organizaciones de productores, vendedores, contratistas, metalistas y servicio. Cada una es importante y hace una valiosa contribución al campo. El espacio no permite un examen detallado de todas sus actividades, pero a través de este libro se conocerán muchas asociaciones de éstas, cuando se cubran los temas específicos. Hay una asociación, sin embargo, que es responsable de este libro y es apropiado en este momento discutir ese grupo en particular.

El ARI se formó en 1953 por fusión de dos asociaciones relacionadas al giro. Desde entonces se han fusionado con



**FIGURA A1-22** Representantes de compañías en una reunión de producto

el ARI varias otras asociaciones afines, formando la sólida asociación que es hoy. La historia del ARI data de 1903, cuando se inició como la Ice Machine Builders Association of the United States. Hoy, la membresía aproximada del ARI es unas 180 empresas.



**FIGURA A1-23** Sellos de certificación ARI

Las actividades del ARI comprenden:

1. El desarrollo de normas para probar y evaluar productos.
2. La administración de programas de certificación de eficiencia para productos de la industria.
3. La representación de la industria ante autoridades federales, estatales y locales en asuntos legales y de reglamentos.
4. El análisis e investigación del mercado internacional
5. El establecimiento de programas de relaciones públicas y educación del consumidor.
6. Actividades educativas dirigidas a la ayuda de escuelas vocacionales o técnicas.

El ARI se divide en secciones de productos. Los representantes de las empresas miembros dirigen esas secciones, subsecciones y comités (figura A1-22) Las decisiones importantes, como las normas de equipo y programas de certificación (figura A1-23) no sólo afectan en forma vital al diseño del equipo y a su aplicación en el campo, sino que también dan seguridad a los clientes, contratistas y especificadores.

El ARI, en copatrocinio con la ASHRAE, lleva a cabo una Exposición Internacional de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración (figura A1-24), que puede atraer entre 30,000 y 40,000 personas relacionadas, dependiendo de la ciudad en que se efectúe. Al evento acompañan presentaciones de productos y seminarios técnicos y de negocios.

El ARI tiene todo un programa de actividades educativas, dirigido principalmente a ayudar a que las escuelas técnicas y vocacionales del país amplíen sus programas y adiestramiento. Bajo la dirección de su Comité de Educa-



FIGURA A1-24 Exposición internacional de aire acondicionado, calefacción y refrigeración

ción y Adiestramiento, el ARI constituye la fuente de información de los fabricantes para los instructores, jefes de departamento y consejeros en las escuelas. Además de este libro, el ARI edita la *Bibliografía de Auxiliares de Capacitación*, un folleto de carreras, y un videotape promocional para que las escuelas lo usen para reclutar estudiantes para los programas de Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración. Las actividades más recientes del ARI abarcan exámenes de competencia a nivel nacional para estudiantes que se gradúan con programas de estas ramas

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- |       |  |  |
|-------|--|--|
| A1-1. | Nombre algunos modos con los cuales los antiguos trataron de controlar el medio ambiente           | comenzaron a usar aproximadamente en el año _____                          |
| A1-2. | ¿Quién patentó por primera vez una "máquina de refrigeración"?                                     | A1-6. ARI quiere decir _____   |
| A1-3. | ¿Quién se cree que fue la primera persona en usar la "máquina de refrigeración" para enfriar aire? | A1-7. El ARI está formado por _____  |
| A1-4. | La compañía Du Pont desarrolló el primer refrigerante "seguro", llamado _____                      | A1-8. "ACCA" quiere decir _____  |
| A1-5. | Los compresores herméticos para aire acondicionado se  | A1-9. La ACCA está formada por _____                                       |
|       |  | A1-10. El potencial de crecimiento de la industria está limitado por _____ |



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

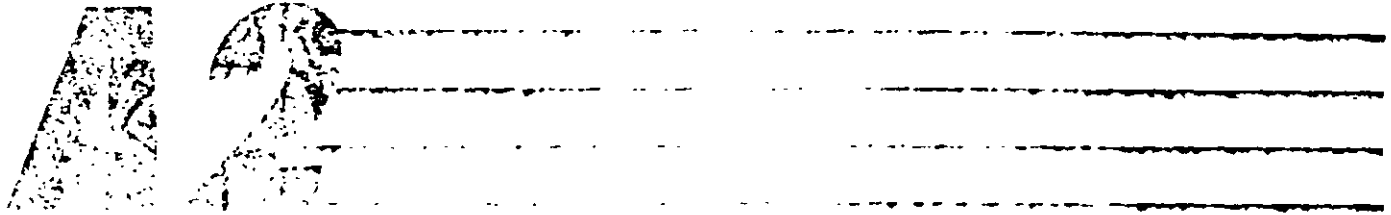
### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 2 BENEFICIOS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Beneficios del aire acondicionado

===== A2-1

## ¿QUE ES AIRE ACONDICIONADO?

Eso depende del punto de vista que se considere. Pregúntele al hombre de la calle y probablemente responderá "mantener el ambiente fresco". Pregúntele al propietario de una planta de impresión y responderá que significa controlar temperatura y humedad relativa, de tal modo que el comportamiento del papel pueda ser mantenido dentro de ciertas tolerancias. Una respuesta se da desde el punto de vista de confort humano y la otra es una consideración comercial.

Una definición de diccionario podría ser "el proceso que calienta, enfría, limpia, circula aire y controla su contenido de humedad respecto a una base continua". Examinemos cada definición.

===== A2-2

## CONTROL PARA CONFORT HUMANO

El cuerpo humano (figura A2-1), es un aparato generador de calor. Su temperatura normal es 98.6°F. El puede regular o controlar esta condición con cuatro métodos: convección, radiación, conducción y evaporación. Cuando está en un cuarto donde las condiciones de éste son muy calientes (pero menos de 98.6°F), transferirá calor al aire que pasa sobre la piel, por convección. Simultáneamente, cede calor por conducción a la ropa, cama o a lo que esté en contacto con la piel. Adicionalmente, libera calor por radiación a los objetos más fríos a su alrededor. Si éstas tres no son suficientes, las glándulas sudoríferas se abrirán, permitiendo que la humedad de la piel se evapore. De discusiones previas, se sabe que este cambio de agua a vapor absorbe mucho calor. El cambio en temperatura y el movimiento del aire son elementos importantes.

En alrededores más fríos, la radiación, conducción y convección, tienen lugar más rápidamente, requiriendo vestuario para aislar y mantener el calor del cuerpo. La evapo-

ración se hace mínima cuando decrece la cantidad de sudor en la piel.

El cuerpo es también sensible a las impurezas (figura A2-2). Polvo, humo, polen de las plantas, etc., causan irritación a la nariz, pulmones y ojos. Esto indica la necesidad de limpiar el aire.

Finalmente el cuerpo requiere "aire fresco" (figura A2-3), para renovar su suministro de oxígeno o diluir olores indeseables.

En forma simple el cuerpo debe tener una atmósfera sana y confortable. Deben tratarse para ello cinco propiedades del aire:

1. Temperatura (enfriamiento o calefacción).
2. Contenido de humedad (humidificación o deshumidificación).
3. Movimiento del aire (circulación).
4. Limpieza del aire (filtrado).
5. Ventilación (introducción de aire exterior).

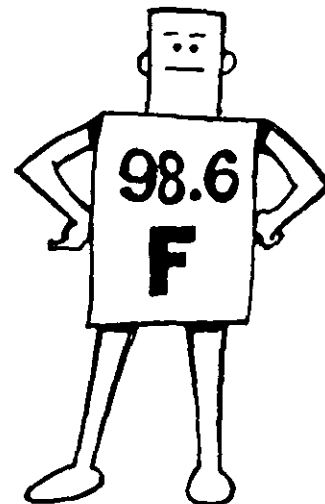


FIGURA A2-1



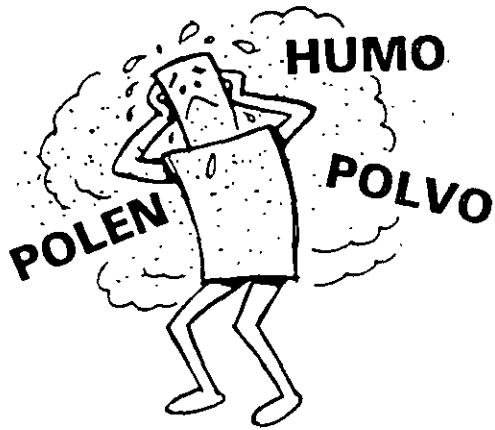


FIGURA A2-2

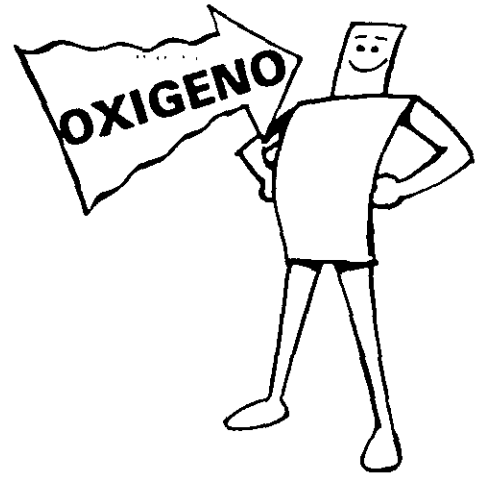


FIGURA A2-3

La temperatura del aire es indicada por la sensación de caliente o frío y puede medirse con un termómetro ordinario (figura A2-4), comúnmente llamado *termómetro de bulbo seco*.

El contenido de humedad del aire se indica por la sensación de sequedad en invierno o de pegajosidad en verano. Algunas veces se puede estar molesto con la humedad sin tener en cuenta la temperatura. La humedad se refiere al agua evaporada en el aire y que existe como un gas invisible. Para medir esta sensación de humedad y expresarlo en términos específicos se utiliza un *termómetro de bulbo húmedo* (figura A2-5). Realmente no es más que un termómetro ordinario, con una gasa o algodón colocado sobre el bulbo. Mojando la gasa y pasando el aire sobre ésta, la humedad se evaporará hasta que se balancee con la humedad contenida en el aire en donde no habrá más evaporación. El calor absorbido durante el proceso de evaporación, baja la temperatura del bulbo; ésta es la *temperatura del bulbo húmedo*.

Para conveniencia del técnico, se usa un *psicrómetro de honda* (figura A2-6), para tomar las temperaturas de

bulbo húmedo y seco. Son simplemente dos termómetros (con escala y calibración iguales) montados sobre un marco común que tiene una manija que permite girar los instrumentos. Se gira cerca de dos a tres veces por segundo hasta que las repetidas lecturas, sean constantes —quizás después de un minuto.

Observando las lecturas de ambos termómetros, tenemos una indicación de la *humedad relativa*, que significa la cantidad real de humedad en el aire, comparada con la máxima cantidad que el aire puede contener a esa temperatura de bulbo seco. Si las lecturas de bulbo seco y húmedo son iguales, la humedad relativa es 100%. La diferencia entre las lecturas de bulbo seco y bulbo húmedo, se llama la *depresión de bulbo húmedo*.

La figura A2-7 refleja la humedad relativa en condiciones típicas. Por ejemplo si la temperatura del bulbo seco fue 72°F y la del bulbo húmedo 61°F (una depresión de 11°F), la humedad relativa sería 53%.

Una humedad relativa apropiada es necesaria en verano, de tal forma que el aire sea lo suficientemente seco para absorber la transpiración del cuerpo, para confort. En in-

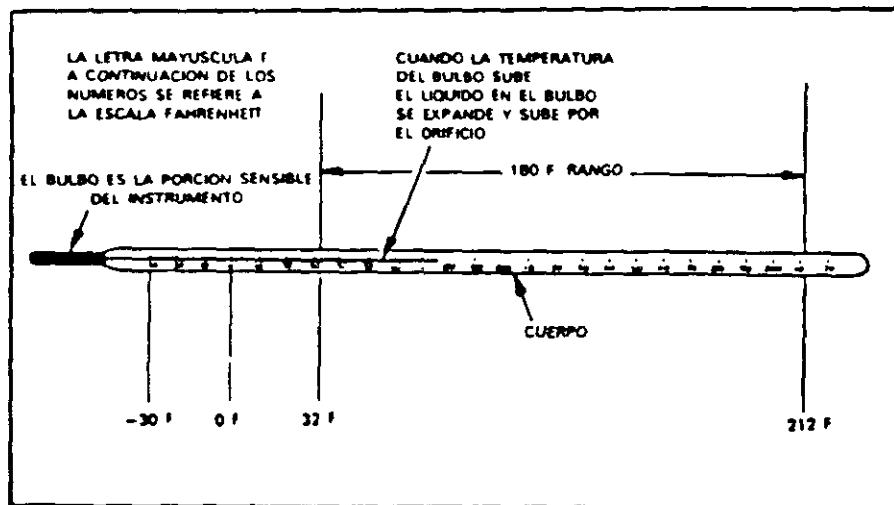


FIGURA A2-4 Termómetro ordinario.

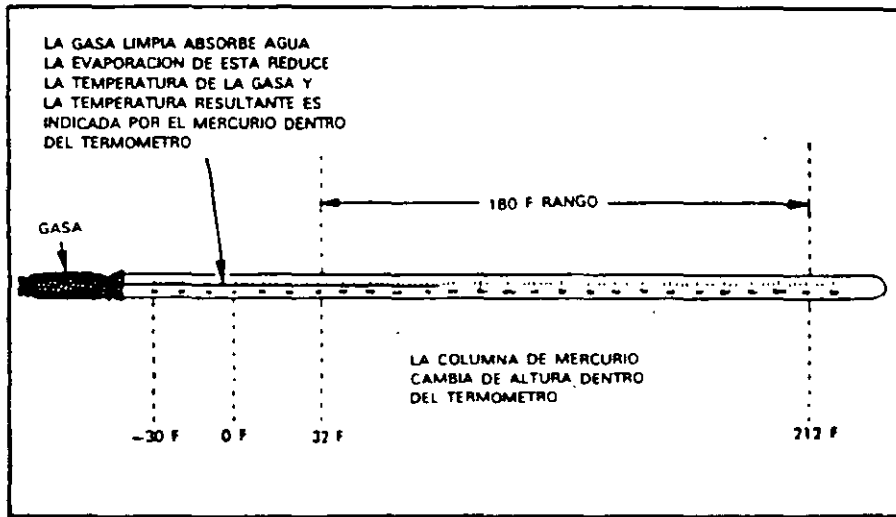


FIGURA A2-5 Termometro de bulbo humedo

vierno el aire no debe ser tan seco que la piel, la nariz y la garganta tengan esa sensaci3n de sequedad. Tambi3n, la demasiada humedad puede causar moho, 3xido o ablandamiento.

A2-3  
**ZONA DE CONFORT**

Es l3gico preguntar cu3l es la relaci3n de temperatura y humedad deseada. La respuesta es que no hay una condici3n espec3fica. La gente reacciona en forma diferente a vanadas situaciones. ASHRAE, realiz3 un estudio investigativo durante muchos a3os, analizando las reacciones de un gran n3mero de personas, para establecer un rango de temperaturas, humedades y movimiento del aire que provea el m3ximo de confort. Esto se conoce como la *zona de confort*. Cada combinaci3n se conoce como *temperatura*

*efectiva (TE)*. Se encontr3, por ejemplo que con una velocidad de aire dada, varias combinaciones de temperaturas de bulbo seco y humedad relativa, daban la misma sensaci3n de confort al 90% de la gente. As3, pudo construirse una zona de confort (figura A2-8). De la zona de temperaturas efectivas, sombreada, puede determinarse que temperatura de bulbo seco y humedad relativa producir3n ese resultado. Note un hecho obvio, a mayor humedad, m3s baja puede ser la temperatura de bulbo seco.

La carta de zona de confort, es un buen punto de venta, ya que explica c3mo deben controlarse la temperatura y la humedad, mostrando la necesidad de aire acondicionado para todo el a3o. La carta es representativa de las condiciones encontradas en casas, teatros, oficinas, etc., en donde ocurren periodos largos de ocupaci3n. Sin embargo no es completamente precisa para condiciones en almacenes al detal, bancos, droguer3as y situaciones similares en donde los cortos periodos de ocupaci3n acoplada a r3pidos cam-

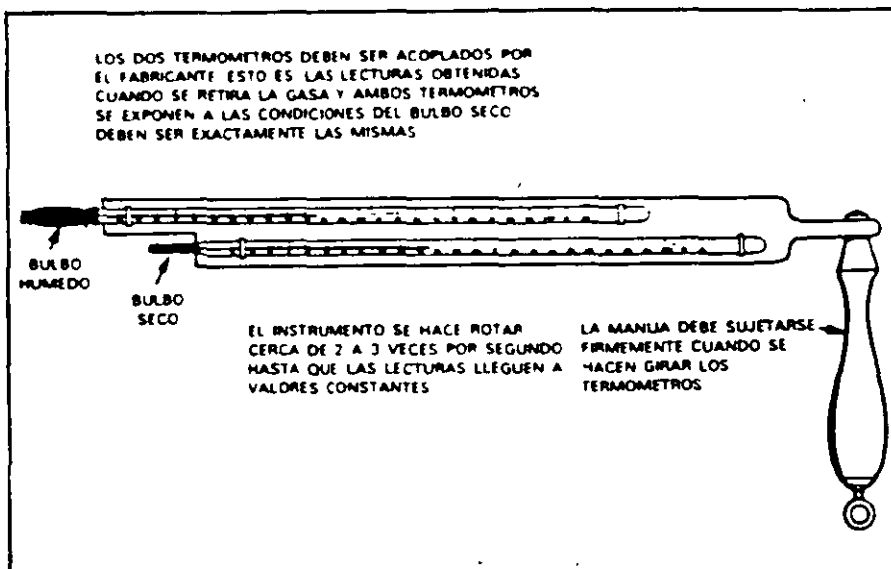


FIGURA A2-6 Psicrometro de honda



**FIGURA A2-7**

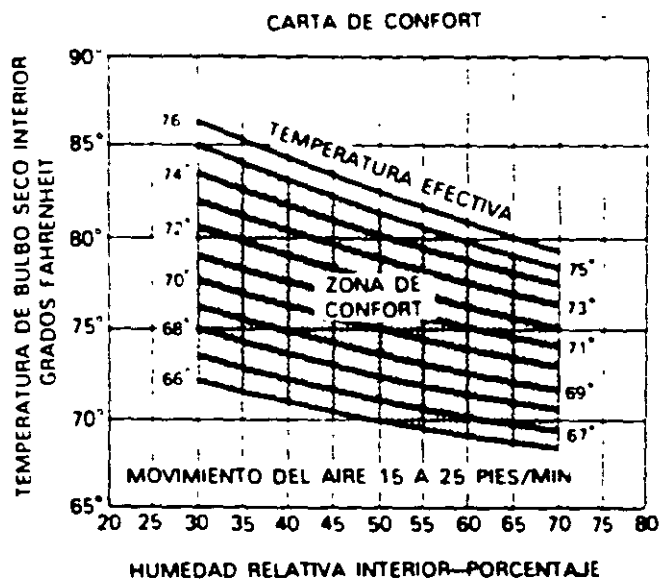
Tabla sicrométrica: porcentaje de humedad relativa leído de la temperatura de bulbo seco y la depresión de bulbo húmedo

DB Temp. (°F)	BH Depresion																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
32	90	79	69	60	50	41	31	22	13	4																				
36	91	82	73	65	56	48	39	31	23	14	6																			
40	92	84	76	68	61	53	46	38	31	23	16	9	2																	
44	93	86	78	71	64	57	51	44	37	31	24	18	12	5																
48	93	87	80	73	67	60	54	48	42	36	34	25	19	14	8															
52	94	88	81	75	69	63	58	52	46	41	36	30	25	20	15	10	6	0												
56	94	89	82	77	71	66	61	55	50	45	40	35	34	26	24	17	12	8	4											
60	94	89	84	78	73	68	63	58	53	49	44	40	35	31	27	22	18	14	6	2										
64	95	90	85	79	75	70	66	61	56	52	48	43	39	35	34	27	23	20	16	12	9									
68	95	90	85	81	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	28	24	21	17	14									
72	95	91	86	82	78	73	69	65	61	57	53	49	46	42	39	35	32	28	25	22	19									
76	96	91	87	83	78	74	70	67	63	59	55	52	48	45	42	38	35	32	29	26	23									
80	96	91	87	83	79	76	72	68	64	61	57	54	54	47	44	41	38	35	32	29	27	24	21	18	16	13	11	8	6	1
84	96	92	88	84	80	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	41	38	35	32	30	27	25	22	20	17	15	12	10	8
88	96	92	88	85	81	78	74	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	41	38	35	33	30	28	25	23	21	18	16	14	12
92	96	92	89	85	82	78	75	72	69	65	62	59	57	54	51	48	45	43	40	38	35	33	30	28	26	24	22	19	17	15
96	96	93	89	86	82	79	76	73	70	67	64	61	58	55	53	50	47	45	42	40	37	35	33	31	29	26	24	22	20	18
100	96	93	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	59	57	54	52	49	47	44	42	40	37	35	33	31	29	27	25	23	21
104	97	93	90	87	84	80	77	74	72	69	66	63	61	58	56	53	51	48	46	44	41	39	37	35	33	31	29	27	25	24
108	97	93	90	87	84	81	78	75	72	70	67	64	62	59	57	54	52	50	47	45	43	41	39	37	35	33	31	29	28	26

bios en temperatura y movimiento del aire, cambiarán la temperatura efectiva experimentada. Por consiguiente, cuando se diseñan sistemas, se deben consultar las recomendaciones del productor específico, la asociación comercial o las compañías locales de gas y electricidad. Hasta hace poco, era práctica general diseñar para las siguientes condiciones interiores: para invierno, 72°F a 75°F de temperatura de bulbo seco con humedad relativa de 35 a 40%;

para verano, 75°F a 78°F de temperatura de bulbo seco y 50 a 55% de humedad relativa.

Con los programas de conservación de la energía y el incremento de los costos de combustibles, las condiciones anteriores de diseño, están sujetas a cambio. En 1974, el gobierno federal recomendó bajar las temperaturas de bulbo seco, en invierno a 68°F y subir la temperatura de diseño en verano a 80°F para edificaciones del gobierno y solicitó a las industrias privadas y a los propietarios de casas, adoptar prácticas similares.



**FIGURA A2-8** Zona de confort

A2-4

**MOVIMIENTO DEL AIRE**

El movimiento del aire (figura A2-8), es otro factor en las consideraciones de confort. La zona de confort presentada antes, se basó en un movimiento del aire con velocidad de 15 a 25 pies/min. La temperatura efectiva cae bruscamente cuando se incrementa la velocidad. Esto parecería deseable para aire acondicionado de verano, pero este aire se introduce usualmente de 15 a 20°, bajo las condiciones del cuarto; si la velocidad se aproximara a 100 pies/min, se notarían ráfagas frías.

Los sistemas forzados de calefacción con aire, están aún más sujetos a ráfagas, particularmente cuando se enciende el ventilador. Parece que la piel reacciona más rápidamente a las corrientes de aire tibio y una buena regla general es no exceder una velocidad de 50 pies/min en la zona de confort. Recientes discusiones sugieren que...

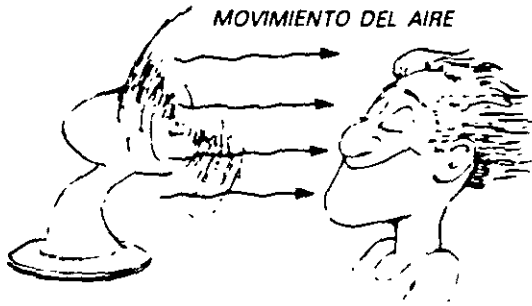


FIGURA A2-9 Movimiento del aire



FIGURA A2-11 Ventilacion

la velocidad para todo el año a 70 pies/min. Los métodos para planificar buenas distribuciones de aire se cubrirán más completamente en capítulos posteriores.

Debe evitarse la poca circulación de aire, ya que la gente tiende a sentirse "encerrada". Esta puede ser una desventaja de los sistemas de calefacción sin ductos que dependen de la circulación por gravedad y no tienen medios de filtración. La situación se hace aún más crítica cuando la estructura es bien aislada y la infiltración de aire exterior es muy poca.

Limpieza y ventilación, son las dos últimas necesidades para el tratamiento apropiado del aire; están estrechamente relacionadas y trabajan una contra la otra. Respiramos 36 libras de aire por día, comemos 3.8 libras y bebemos 4.3 libras de agua. El aire libre es importante para la salud y el confort. El aire ordinario (figura A2-10), está contaminado con impurezas tales como polvo, polen, humo, vapores y químicos. Todo esto debe filtrarse tanto en el aire interior como en el aire exterior que entra a la estructura.

La eficiencia de la filtración depende del tipo de sistema, como se verá posteriormente. Algunos tienen la capacidad de remover más del 95% de impurezas. Sin embargo aun con el filtro más fino (figura A2-11), se requiere un buen porcentaje de aire fresco para eliminar esa sensación de aire muerto y también diluir olores y suplir oxígeno para respirar y para aplicaciones ventiladas (ventiladores de extracción, secadores, hornos, calentadores de agua, etc.). La cantidad de aire exterior necesario, depende del espacio acondicionado. La figura A2-12 lista algunas aplicaciones

típicas y las recomendaciones de ASHRAE, basadas en pies cúbicos por minuto (P.C.M) por persona. El aire exterior debe siempre estar apropiadamente filtrado antes de entrar al espacio refrigerado. Muchos códigos locales especifican normas mínimas para escuelas y edificios públicos.

Este repaso de las características del aire, no ha considerado ningún impacto económico. Como en todas las necesidades humanas, debe haber un compromiso, dependiendo de las necesidades individuales y la capacidad financiera. Un acondicionador de ventana, realiza básicamente las cinco funciones, pero no puede compararse con un sistema central del aire acondicionado para todo el año, respecto a confort, funcionamiento o forma. Así la industria ofrece una amplia variedad de productos para muchos mercados potenciales. Además de las de confort, el aire acondicionado ofrece otras importantes ventajas.

==== A2-5  
 =====  
 ===== **CONSIDERACIONES MEDICAS**

El aire acondicionado puede contribuir a mejorar la salud como un resultado de controlar, temperatura, humedad, limpieza, ventilación y movimiento del aire. Por ejemplo puede ayudar a eliminar erupciones debidas al calor, principalmente en infantes. Algunos médicos creen que el aire acondicionado puede proveer un medio ambiente mejor para gente con dolencias tales como las cardiacas. El solo



FIGURA A2-10 Limpieza del aire

==== FIGURA A2-12  
 =====  
 ===== Tabla de ventilación de ASHRAE.

Aplicacion	Fumando	P.C.M. POR PERSONA	
		Optimo	Mínimo
Banco	Algo	10	7½
Bar	Mucho	40	25
Oficinas	Algo	15	10
General	No	25	15
Privada	Considerable	30	25
Residencia	Ocasional	20	10
Restaurante	Considerable	15	12
Almacén al detal	Muy poco	10	7½
Teatro	Algo	15	10

movimiento bajo calor extremo, puede poner en tensión indebida los órganos vitales, lo mismo que el esfuerzo de labor manual pesada, como palear nieve en tiempo frío. Los doctores recomiendan a veces, por esto, aire acondicionado para sus pacientes.

Un sistema eficaz de filtración de aire puede aliviar los sufrimientos de pacientes asmáticos o alérgicos. Tal sistema puede incluir un limpiador electrónico de aire como parte del sistema central. El polvo ordinario del hogar, adicionado al polvo en el aire exterior, puede contribuir a problemas alérgicos. El polvo doméstico es una mezcla compleja que procede del rompimiento y uso de materiales caseros tales como lana, ropa, algodón, relleno de muebles y alfombras. El polen irritante viene del exterior. En la estación de la fiebre de heno, la contaminación del polen puede reducirse considerablemente con el aire acondicionado central si se usa un sistema de limpieza de aire, adecuado.

El servicio de salud pública de los EE.UU. ha encontrado en la polución del aire, una causa que contribuye al cáncer y un irritante serio de los pulmones y vías respiratorias. En 1952 una niebla cargada pesadamente de químicos, en Londres, se reportó como la causa inmediata de la muerte de cuatro mil personas. El problema está sucediendo también en los EE.UU. y miles de especialistas en la industria y el gobierno están buscando soluciones. Mientras tanto el propietario de casa y el empleador, pueden protegerse a sí mismos y a su personal con aparatos de limpieza de aire.

Aunque no se ha probado completamente, hay cierta creencia de que la humedad apropiada también ayuda a proteger la salud. La humedad adecuada en el aire puede ayudar a las membranas de la nariz y vías respiratorias a permanecer húmedas. Esto puede aliviar el efecto de bacterias y virus. Una carencia de humedad promueve también la sequedad de aquellas fuentes de polvo domésticas, mencionadas antes y, por consiguiente, mantiene el aire sucio.

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
A2-6

### **PROPIEDADES PROTECTORAS DE LA HUMIDIFICACION**

Una atmósfera demasiado seca puede afectar adversamente, muebles, ropa, zapatos, libros, documentos, acabados, instrumentos musicales, virtualmente todo lo de la casa incluyendo las partes estructurales. Miremos unos pocos ejemplos: la carencia de adecuada humedad hace que los pegantes se sequen en las tablas y muebles y que las juntas se separen o agrieten. Los marcos de las puertas se tuercen y exponen superficies sin pintura. El repello o las juntas de paredes se secan dando lugar a grietas. Los instrumentos musicales pueden perder tono. Los pisos de madera dura pueden torcerse y separarse. Las fibras de alfombras se hacen frágiles y se rompen.

Otro fenómeno experimentado con la sequedad del invierno es la presencia de, o generación de electricidad estática. Aunque no es dañina es desconcertante para decirlo menos. Un humidificador apropiadamente dimensionado, instalado en un sistema de aire forzado, puede minimizar o eliminar estas condiciones.

Los beneficios de seguridad son más o menos una consideración reciente, pero, con la rata de criminalidad siempre en crecimiento, muchos propietarios han instalado aparatos mecánicos o eléctricos de protección que requieren que todas las puertas y ventanas estén cerradas. Sin aire acondicionado central estos aparatos no serían prácticos.

Los beneficios sociales de tener aire acondicionado son quizás los menos definibles, pero hay un número de propietarios que hacen una cantidad considerable de entretenimiento en casa, a causa de su posición social y también por razones de trabajo. Tal concentración de mucha gente, junto con humo de cigarrillo en fiestas y cenas, demanda tratamiento completo de las cinco propiedades del aire.

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
A2-7

### **OTROS BENEFICIOS**

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
A2-7.1  
Escuelas

Las escuelas han sido un mercado primordial del aire acondicionado para todo el año, no sólo por el confort personal que proporciona, sino porque se ha demostrado que el proceso de aprendizaje, definitivamente se mejora. Es interesante que al mismo tiempo que este texto se preparaba, aparecieron dos artículos en el *Air-Conditioning, Heating and Refrigeration News*, los cuales decían en parte "Clearwater, Florida —más de 1,000 profesores que pertenecen a la asociación de profesores de clase en Pinellas, tienen el aire acondicionado como la máxima prioridad" De Frot Worth, Texas " . . . el aire acondicionado para todas las escuelas aquí, es el principal interés para un tiraje de bonos de la Asociación de Profesores Certificados, los cuales creen que es una necesidad para un buen medio ambiente de aprendizaje". Como la población crece, la necesidad de equipos para todo el año en escuelas, es evidente.

=====  
=====  
=====  
=====  
=====  
A2-7.2

### **Comercio e Industria**

El comercio y la industria, han utilizado el aire acondicionado de varias maneras: primero para aumentar la productividad personal y segundo para proveer espacios acondicionados para necesidades específicas.

La productividad del trabajador en áreas con aire acondicionado, se mejora en términos de menor ausentismo, menos cambio de labor, menos distracción por ruido, menos viajes a la fuente de agua, producción más eficiente, menos errores y menos tiempo perdido debido a fatiga por calor y accidentes. En general habrá mejor moral y mejores relaciones entre patrón y empleado. El grado de beneficio por supuesto, está sujeto al tipo de alrededores —nadie pensaría construir hoy un moderno edificio de oficinas, sin aire acondicionado. Los sindicatos han sido instrumentos en el crecimiento del aire acondicionado para confort de miembros, principalmente en la industria textil.

El uso del enfriamiento para procesos haría un listado casi tan largo como este libro; sin embargo nombremos unos pocos: los cuartos para computadores electrónicos deben estar muy controlados en temperatura y humedad. Las cintas y tarjetas requieren condiciones uniformes. Los diseños corrientes de computadores requieren que se retiren grandes cantidades de calor. Las partes de impresión deben tener una atmósfera controlada para mantener tolerancias en los encogimientos del papel, registro preciso en la impresión a color y alimentación eficiente del papel a través de las prensas. Los cuartos limpios para todo tipo de herramientas e instrumentos y manufactura de precisión crítica, deben mantener condiciones con bajas tolerancias para proteger la precisión dimensional, ajustes, medidas. La temperatura, humedad, limpieza, son muy importantes. Una comunicación telefónica errada es inaceptable. La cantidad de contactos eléctricos que se hacen y rompen cuando se marcan números telefónicos, es fantástica. La presencia ligera de polvo o una amplia variación de la temperatura y la humedad, puede causar contactos erráticos. La industria de drogas es uno de los mayores usuarios del aire acondicionado industrial; la lista sigue y sigue.

normal en casas nuevas, por una buena razón. La Federal Housing Administration y muchas compañías locales de préstamos y ahorros no se inclinaban favorablemente hacia el incremento de los precios de venta, los cuales podían resultar en cuotas de amortización que sobrepasarían la capacidad de pago de los compradores de más bajo ingreso. Al aire acondicionado se le dio menor prioridad en comparación con otras aplicaciones. Como resultado los constructores instalaban el sistema de calefacción y ofrecían el enfriamiento como una opción posterior. Afortunadamente hubo constructores como Levitt and Sons de Levittown, Pa y Ryan Homes de Pittsburgh y Fox and Jacobs de Dallas, quienes construyeron con aire acondicionado central como equipo normal. Los sistemas fueron prediseñados por personal del productor y del constructor y montados por técnicos entrenados. Lo más importante fue que el mercado masivo llevó los costos de instalación a un mínimo. Otros constructores y la comunidad financiera, entraron en esta tendencia y pronto todos opinaban que "toda casa construida sin aire acondicionado central es obsoleta".

El desarrollo de apartamentos y condominios en el mercado actual de vivienda, no habría alcanzado los altos niveles actuales sin el aire acondicionado central. Las paredes comunes y el acceso limitado al exterior hacen el aire acondicionado una necesidad absoluta y también una buena herramienta de ventas.

Este capítulo ha dado una visión de las propiedades del aire acondicionado desde el punto de vista fisiológico, sociológico y comercial. Consideremos ahora los aspectos mecánicos del aire y su comportamiento: el arte de la sicrometría.

===== A2-8  
 ===== **HERRAMIENTA DE MERCADEO PARA**  
 ===== **CONSTRUCTORES**

En la década del 50 los constructores de edificios eran reacios a instalar aire acondicionado central como equipo

===== **PROBLEMAS** =====

- |  |  |
|--|--|
| <p>A2-1. ¿Cuáles son las cinco funciones de control del aire acondicionado?</p> <p>A2-2. ¿Cuál es la temperatura normal del cuerpo?</p> <p>A2-3. El agua en el aire se llama _____</p> <p>A2-4. ¿Cuál es la zona de confort?</p> <p>A2-5. ¿Cuál es la temperatura interior recomendada para la calefacción?</p> <p>A2-6. ¿Cuáles son la temperatura y humedad relativa recomendadas para el enfriamiento?</p> <p>A2-7. El movimiento del aire se mide en _____</p> <p>A2-8. La velocidad máxima del aire, para evitar corrientes, es _____</p> | <p>A2-9. El termómetro que se usa para medir la temperatura del aire se llama _____.</p> <p>A2-10. El nivel de humedad en el aire se mide con un termómetro que se llama _____.</p> <p>A2-11. El instrumento que se usa para medir al mismo tiempo temperatura y humedad se llama _____.</p> <p>A2-12. A la diferencia de indicaciones de los dos termómetros se le llama _____.</p> <p>A2-13. La gráfica que muestra las combinaciones de temperatura y humedad a las que se siente a gusto la gente se llama gráfica _____.</p> <p>A2-14. Una persona respira _____ libras de aire cada día.</p> <p>A2-15. La contaminación normal del aire está formada por _____</p> |
|--|--|

A2-16. La cantidad recomendada de aire fresco que se debe introducir a una residencia para tener una buena ventilación es entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ pies<sup>3</sup>/min por persona

A2-17. Se dice que los limpiadores electrónicos de aire pueden eliminar más que \_\_\_\_\_ % de todas las impurezas.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 3 PSICROMETRÍA**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Psicrometría

## A3-1 GENERALIDADES

¿Quien usa la psicrometría? Los ingenieros consultores, los ingenieros de investigación y desarrollo de producto y los ingenieros de aplicación, por ejemplo, necesitan una comprensión profunda y conocimientos del arte, porque su existencia profesional, requiere aplicación práctica de las teorías. ¿Necesita el técnico, realmente, conocer toda esta información? Generalmente no, a menos que esté involucrado en una de las actividades de ingeniería o investigación mencionadas antes. Lo que los técnicos necesitan saber, son sólo los principios básicos, definición de términos, la existencia de la carta psicrométrica y la relación de los elementos en cuestión, así como ser capaces de reportar información o hacer suposiciones acerca del comportamiento del equipo.

Por ejemplo, los productos unitarios tipo paquete, particularmente los de tipo residencial, son prediseñados por ingenieros de fábrica, con características de comportamiento específicas. Hay poco que pueda hacer el técnico, para cambiar su operación, excepto, posiblemente variar la velocidad del ventilador. Se tienen tablas que dan la capacidad del equipo basadas en las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo a la entrada, las condiciones ambiente exteriores, relaciones de calor sensible y latente, salida total,

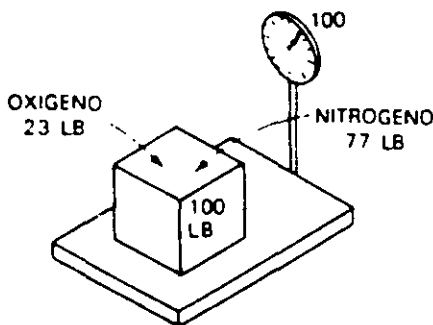


FIGURA A3-1 Atmósfera

etc. Lo que la persona de servicio necesita saber, son los términos y definiciones que se usan y cómo entender la información presentada. La siguiente discusión, se diseña para proveer estas habilidades básicas.

## A3-2 TERMINOS BASICOS

**Atmósfera:** El aire (figura A3-1), alrededor de nosotros, se compone de una mezcla de gases secos y vapor de agua. Los gases contienen aproximadamente 77% de nitrógeno y 23% de oxígeno, con otros gases que totalizan menos del 1%. El vapor de agua (figura A3-2), existe en muy poca cantidad, así que es medido en *granos* o *libras* (una libra contiene 7,000 granos).

**Temperatura de bulbo seco:** Es la temperatura medida con un termómetro ordinario.

**Temperatura de bulbo húmedo (ver el capítulo A2):** Es la temperatura que resulta de la evaporación del agua, en una gasa húmeda, colocada sobre un termómetro común.

**Temperatura de punto de rocío:** Es la temperatura de saturación, a la cual tiene lugar la condensación del vapor de agua. Un ejemplo es la humedad sobre un vaso de agua con hielo. El vidrio frío reduce la temperatura del aire por debajo de su punto de rocío y la humedad que se condensa forma gotas sobre la superficie del vidrio.

**Humedad específica:** Es el peso real de vapor de agua en el aire, se expresa en granos o libras de agua por libra de aire seco, dependiendo de los datos usados.

**Humedad relativa:** Es la relación del vapor de agua real en el aire, comparado a la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje (%).

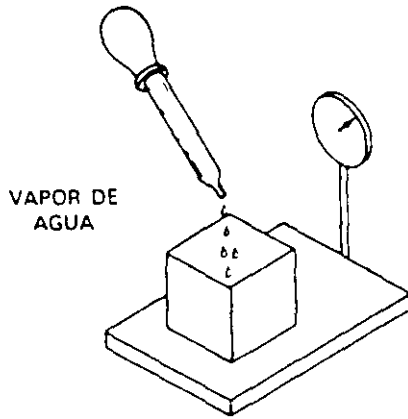


FIGURA A3-2 Vapor de agua

**Volumen específico:** Es el número de pies cúbicos (pies<sup>3</sup>), ocupados por una libra de la mezcla de aire y vapor de agua.

**Calor sensible:** Es la cantidad de calor seco, expresado en Btu por libra de aire; se refleja por la temperatura de bulbo seco.

**Calor latente:** Es el calor requerido para evaporar la humedad que contiene una cantidad específica de aire. Esta evaporación ocurre a la temperatura de bulbo húmedo. También, se expresa en Btu por libra de aire.

**Calor total (Entalpia):** El contenido de calor total de la mezcla de aire y vapor de agua, también se conoce como entalpia. Es la suma de los valores de calor sensible y latente, expresado en Btu por libra de aire.

### A3-3 CARTA PSICROMÉTRICA

La carta psicrométrica en la figura A3-3, es probablemente el mejor modo de mostrar lo que sucede al aire y al vapor de agua, cuando cambian estas propiedades. La carta es publicada por ASHRAE y es la más comúnmente usada en la industria. En la figura A3-4 aparecen valores de entalpia a varias temperaturas. Algunos productores han desarrollado sus propias cartas las cuales varían únicamente en estilo y construcción, pero las relaciones de las propiedades del aire son las mismas.

Para hacer esta carta, todo lo que hacemos es arrancar con la escala de temperatura ordinaria, llamada la *temperatura de bulbo seco*. Luego se extiende la escala del termómetro, como se muestra en la figura A3-5. Note sobre la carta real que estas líneas no son realmente perpendiculares. Esto se hace así para que otras líneas sean rectas en vez de curvas.

En seguida, se coloca la escala vertical de acuerdo a la cantidad de vapor de agua mezclado con cada libra de aire

seco. Esta escala (figura A3-6), llamada la *razón de humedad*, se expresa en libras de humedad por libras de aire seco. Sabemos que el aire puede contener diferentes cantidades de humedad, dependiendo de su temperatura; si contiene toda la humedad que puede (100%), se dice que está *saturado*.

Del *Guide and Data Book* de ASHRAE, podemos encontrar exactamente qué tanta humedad puede contener el aire en condiciones saturadas. Hay a continuación una tabla simple tomada de ese libro de referencia.

Temperatura saturada (°F BS)	Razon de humedad (lb/lb de aire seco)
70	0.01582
72	0.01697
75	0.01882
78	0.02086
80	0.02233
82	0.02389
85	0.02642

Retornando a la construcción de la carta psicrométrica, podemos colocar ahora los puntos de saturación (figura A3-7) para cada condición de temperatura de bulbo seco y cuando éstas se conectan forman una curva o *línea de saturación*.

Asuma una muestra de aire (punto A, figura A3-8), con una temperatura de bulbo seco de 80°F, que contiene 0.01 lb de humedad. Si fuéramos a calentar el aire sin añadir humedad, el punto se movería a la derecha sobre la línea horizontal, mostrando un incremento en la temperatura de bulbo seco, sin cambiar su contenido de humedad.

Si fuéramos a añadir humedad (humidificar) sin cambiar la temperatura de bulbo seco, el punto se movería verticalmente hacia arriba. Si se redujera la humedad (des-humidificar), se movería verticalmente hacia abajo. Si se añade temperatura y humedad, el punto se movería hacia arriba y hacia la derecha, y si el aire fuera enfriado (sin cambiar su contenido de humedad), el punto se movería horizontalmente a la izquierda.

Continuando el ejemplo, si la muestra de aire se enfría, eventualmente alcanza la línea de saturación (punto B, figura A3-9), en donde no puede contener más vapor de agua y con enfriamiento posterior, se empezaría a condensar algo de ese vapor. Esa temperatura es justamente 59.7°F. Esta se conoce como la *temperatura de punto de rocío* de la muestra. Puede leerse en la intersección de la línea vertical de la temperatura de bulbo seco y la línea de saturación. En resumen, en el punto B, se tiene una temperatura de bulbo seco de 59.7°F, una temperatura de punto de rocío de 59.7°F y un contenido de humedad de 0.011 lb de agua por libra de aire seco.

Ahora, si la muestra se enfría más, por ejemplo, a 50°F de bulbo seco, la humedad se condensará siguiendo la línea de saturación hasta el punto C (figura A3-1) donde tendrá un punto de rocío de 50°F y una razón

# CARTA PSICROMETRICA ASHRAE No. 1 TEMPERATURA NORMAL

PRESION BAROMETRICA 29.921 PULG DE MERCURIO

EDICION 1963

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC

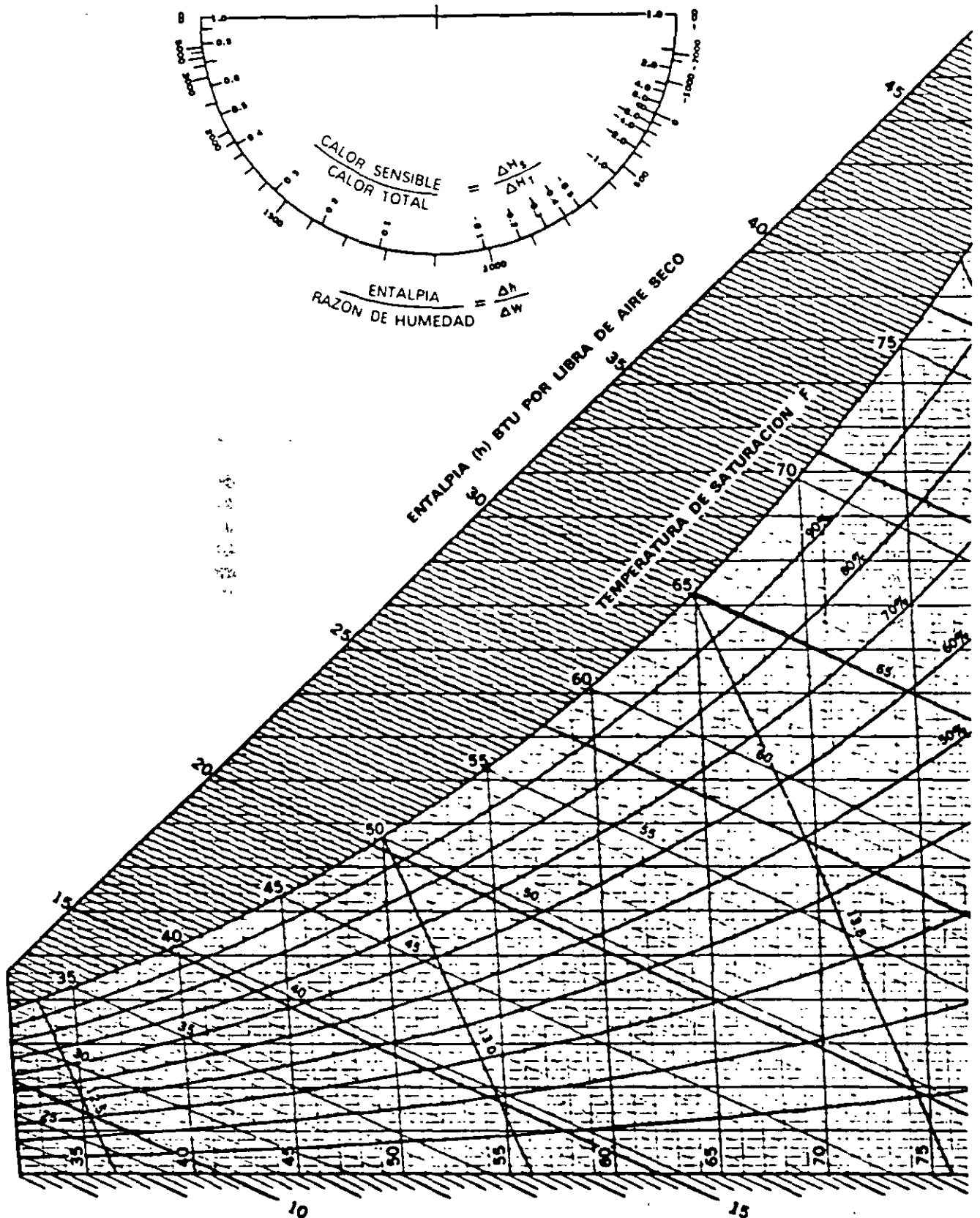
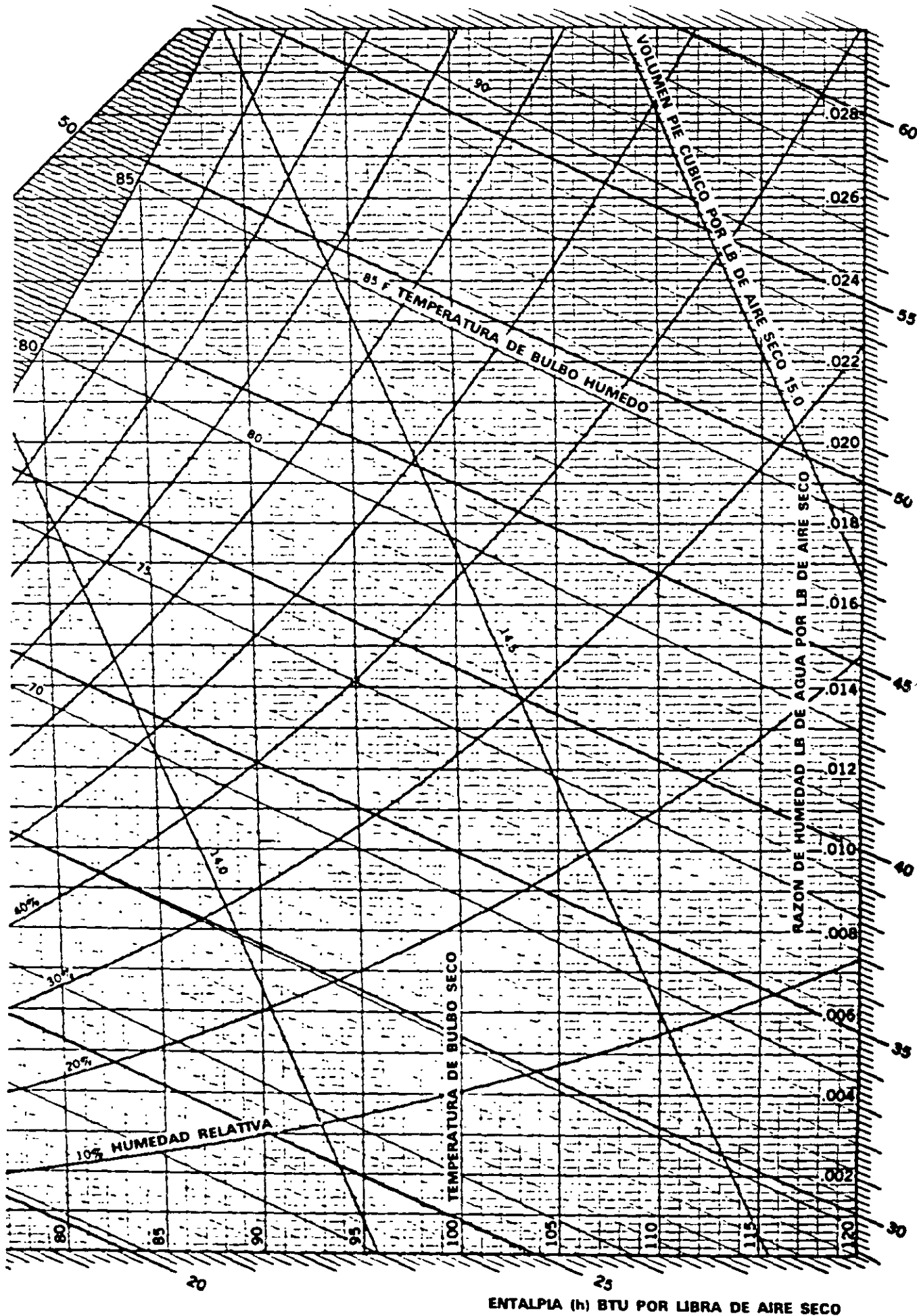


FIGURA A3-3 Carta psicrométrica



ENTALPIA (h) BTU POR LIBRA DE AIRE SECO

FIGURA A3-3 (Continuacion)

ENTALPIA\* EN BTU POR LIBRA DE AIRE SECO

Temperatura de bulbo humedo F	DECIMAS DE GRADO									
	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
35	13.01	13.05	13.10	13.14	13.18	13.23	13.27	13.31	13.35	13.40
36	13.44	13.48	13.53	13.57	13.61	13.66	13.70	13.75	13.79	13.83
37	13.87	13.91	13.96	14.00	14.05	14.09	14.14	14.18	14.23	14.27
38	14.32	14.37	14.41	14.46	14.50	14.55	14.59	14.64	14.68	14.73
39	14.77	14.82	14.86	14.91	14.95	15.00	15.05	15.09	15.14	15.18
40	15.23	15.28	15.32	15.37	15.42	15.46	15.51	15.56	15.60	15.65
41	15.70	15.75	15.80	15.84	15.89	15.94	15.99	16.03	16.08	16.13
42	16.17	16.22	16.27	16.32	16.36	16.41	16.46	16.51	16.56	16.61
43	16.66	16.71	16.76	16.81	16.86	16.91	16.96	17.00	17.05	17.10
44	17.15	17.20	17.25	17.30	17.35	17.40	17.45	17.50	17.55	17.60
45	17.65	17.70	17.75	17.80	17.85	17.91	17.96	18.01	18.06	18.11
46	18.16	18.21	18.26	18.32	18.37	18.42	18.47	18.52	18.58	18.63
47	18.68	18.73	18.79	18.84	18.89	18.95	19.00	19.05	19.10	19.16
48	19.21	19.26	19.32	19.37	19.43	19.48	19.53	19.59	19.64	19.70
49	19.75	19.81	19.86	19.92	19.97	20.03	20.08	20.14	20.19	20.25
50	20.30	20.36	20.41	20.47	20.52	20.58	20.64	20.69	20.75	20.80
51	20.86	20.92	20.97	21.03	21.09	21.15	21.20	21.26	21.32	21.38
52	21.44	21.50	21.56	21.62	21.67	21.73	21.79	21.85	21.91	21.97
53	22.02	22.08	22.14	22.20	22.26	22.32	22.38	22.44	22.50	22.56
54	22.62	22.68	22.74	22.80	22.86	22.92	22.98	23.04	23.10	23.16
55	23.22	23.28	23.34	23.41	23.47	23.53	23.59	23.65	23.72	23.78
56	23.84	23.90	23.97	24.03	24.10	24.16	24.22	24.29	24.35	24.42
57	24.48	24.54	24.61	24.67	24.74	24.80	24.86	24.93	24.99	25.06
58	25.12	25.19	25.25	25.32	25.38	25.45	25.52	25.58	25.65	25.71
59	25.78	25.85	25.92	25.98	26.05	26.12	26.19	26.26	26.32	26.39
60	26.46	26.53	26.60	26.67	26.74	26.81	26.87	26.94	27.01	27.08
61	27.15	27.22	27.29	27.36	27.43	27.50	27.57	27.64	27.71	27.78
62	27.85	27.92	27.99	28.07	28.14	28.21	28.28	28.35	28.43	28.50
63	28.57	28.64	28.72	28.79	28.87	28.94	29.01	29.09	29.16	29.24
64	29.31	29.39	29.46	29.54	29.61	29.69	29.76	29.84	29.91	29.99
65	30.06	30.14	30.21	30.29	30.37	30.45	30.52	30.60	30.68	30.75
66	30.83	30.91	30.99	31.07	31.15	31.23	31.30	31.38	31.46	31.54
67	31.62	31.70	31.78	31.86	31.94	32.02	32.10	32.18	32.26	32.34
68	32.42	32.50	32.59	32.67	32.75	32.84	32.92	33.00	33.08	33.17
69	33.25	33.33	33.42	33.50	33.59	33.67	33.75	33.84	33.92	34.01
70	34.09	34.18	34.26	34.35	34.43	34.52	34.61	34.69	34.78	34.86
71	34.95	35.04	35.13	35.21	35.30	35.39	35.48	35.57	35.65	35.74
72	35.83	35.92	36.01	36.10	36.19	36.29	36.38	36.47	36.56	36.65
73	36.74	36.83	36.92	37.02	37.11	37.20	37.29	37.38	37.48	37.57
74	37.66	37.76	37.85	37.95	38.04	38.14	38.23	38.33	38.42	38.52
75	38.61	38.71	38.80	38.90	38.99	39.09	39.19	39.28	39.38	39.47
76	39.57	39.67	39.77	39.87	39.97	40.07	40.17	40.27	40.37	40.47
77	40.57	40.67	40.77	40.87	40.97	41.08	41.18	41.28	41.38	41.48
78	41.58	41.68	41.79	41.89	42.00	42.10	42.20	42.31	42.41	42.52
79	42.62	42.73	42.83	42.94	43.05	43.16	43.26	43.37	43.48	43.58
80	43.69	43.80	43.91	44.02	44.13	44.24	44.34	44.45	44.56	44.67
81	44.78	44.89	45.00	45.12	45.23	45.34	45.45	45.56	45.68	45.79
82	45.90	46.01	46.13	46.24	46.36	46.47	46.58	46.70	46.81	46.93
83	47.04	47.16	47.28	47.39	47.51	47.63	47.75	47.87	47.98	48.10
84	48.22	48.34	48.46	48.58	48.70	48.83	48.95	49.07	49.19	49.31
85	49.43	49.55	49.68	49.80	49.92	50.05	50.17	50.29	50.41	50.54

\* Interpolada a décimas de grado, de la edición de 1963 del Guide And Data Book de ASHRAE. Publicado por la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.

FIGURA A3-4 Entalpia en Btu por lb de aire seco (Cortesía de ASHRAE)

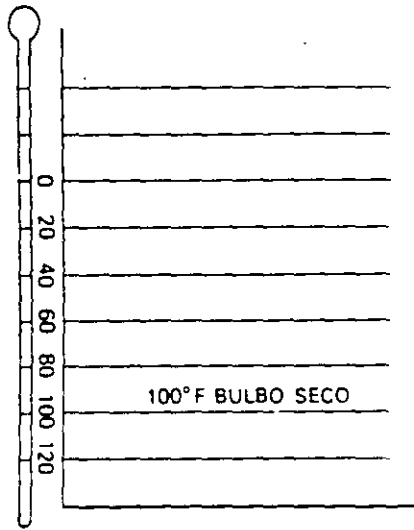


FIGURA A3-5 Escala de temperatura

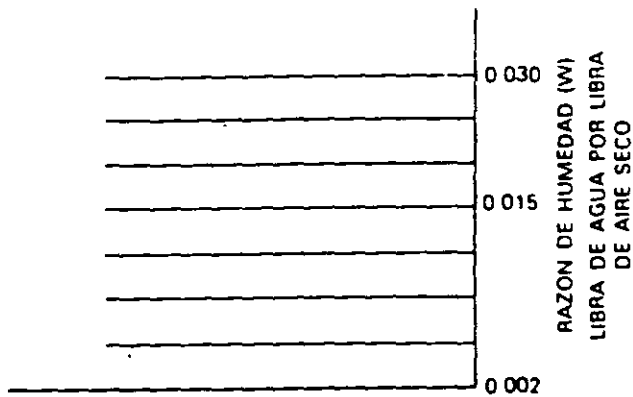


FIGURA A3-6 Escala de razón de humedad

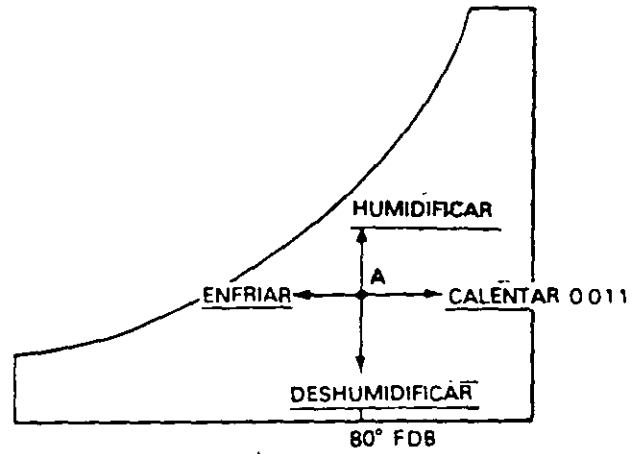


FIGURA A3-8 Muestra de aire

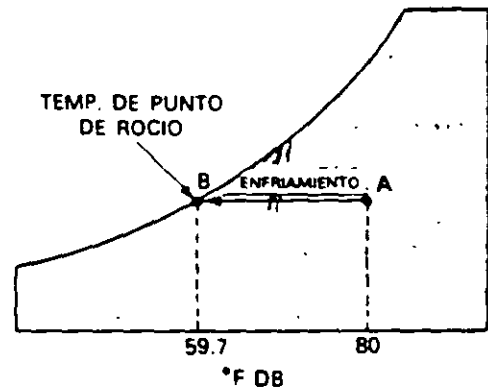


FIGURA A3-9 Línea de saturación (B).

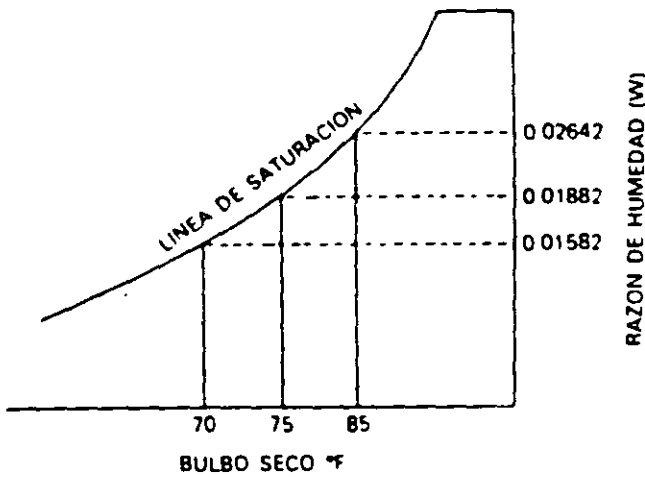


FIGURA A3-7 Puntos de saturación.

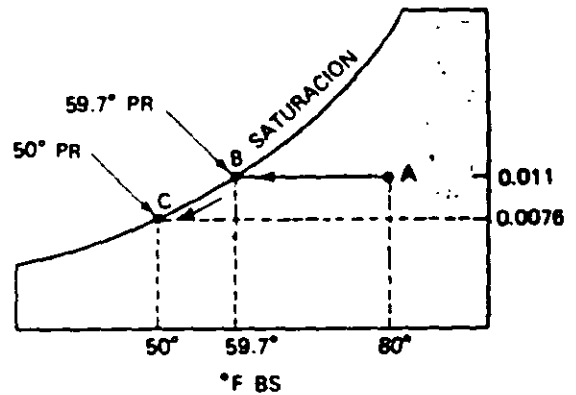


FIGURA A3-10 Línea de saturación (C).

humedad de sólo 0.0076. Así la muestra ha perdido 0.00034 lb de humedad. Se ha enfriado y deshumidificado.

Un ejemplo práctico de este proceso, es un ducto de suministro de aire frío (como se muestra en la figura A3-11), que va a través de un área húmeda no acondicionada.

¿Sudará el ducto y será necesario aislarlo? Asuma que la temperatura del aire dentro del ducto es 55°F y que el aire no acondicionado alrededor del ducto está a 95°F con 0.0142 lb de contenido de humedad. Esta condición significa que el aire exterior tendría una temperatura de su

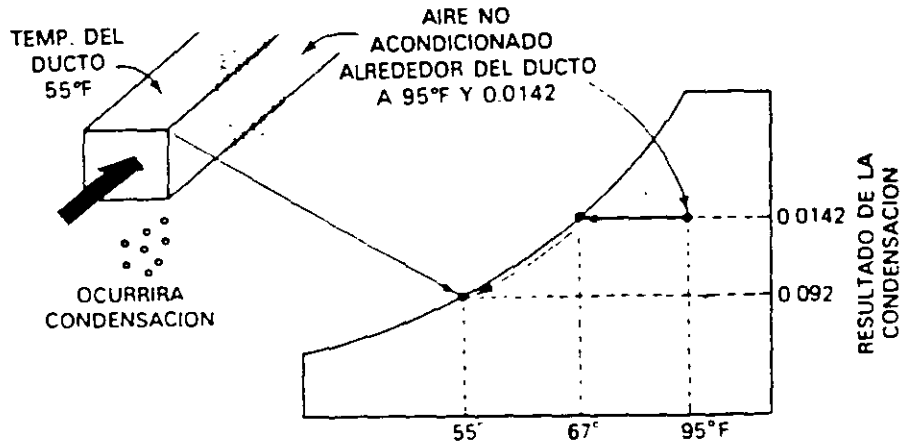


FIGURA A3-11 Ducto de suministro de aire frío

ción (punto de rocío) de 67°F. Así, cuando el ducto a 55°F, enfría el aire que toca su superficie por debajo de 67°F, ocurre la condensación. Dependiendo de las condiciones, será necesario tomar una acción correctiva usando aislamiento apropiado, para evitar la condensación.

El siguiente elemento en nuestra carta, es la construcción de las líneas de humedad relativa para condiciones parcialmente saturadas (figura A3-12). Sabemos que la humedad relativa es 100% en la línea de saturación. Pueden dibujarse líneas para 80%, 60%, 40%, etc., ya que sabemos el contenido de humedad específica en relación a las temperaturas. Como un ejemplo, una libra de aire a 75°F de bulbo seco, tendrá 0.01882 lb de agua (punto A) en la saturación (100% de humedad relativa). El punto B (50% de humedad relativa), puede localizarse aproximadamente a 0.0094 lb de agua ( $0.01882 \text{ lb} \div 2$ ). El mismo método puede usarse para cada temperatura de bulbo seco y eventualmente se dibuja una línea que representa el 50% de humedad relativa para cada condición escogida de temperatura de bulbo seco. Pueden dibujarse líneas similares para diferentes condiciones de humedad relativa. Ya, sabemos,

por el capítulo 2 qué tan útil es poder expresar la humedad relativa, ya que afecta el confort humano.

Desafortunadamente, no es práctico ni conveniente, medir la cantidad de contenido de humedad o el punto de rocío del aire, excepto bajo condiciones de laboratorio, así que necesitamos dibujar otro elemento que nos dé un método más fácil. Se anotó en el capítulo 2 que la temperatura de bulbo húmedo también refleja la cantidad de humedad en el aire. La rata de evaporación en el psicrómetro de volteo determina la depresión de bulbo húmedo por debajo de la temperatura de bulbo seco. Y de la figura A2-7 podemos determinar la humedad relativa.

Por ejemplo, la figura A2-7 mostraba que para una temperatura de bulbo seco de 80°F y una depresión de bulbo húmedo de 11° (69°F de BH), la humedad relativa es 57%. Transfiriendo esta información a nuestra carta psicrométrica, podemos situar el punto A (figura A3-13). Si se bajara la temperatura de bulbo seco a 76°F, manteniendo la temperatura de bulbo húmedo en 69°F en el psicrómetro de volteo, se tendría una depresión de BH de sólo 7°F y de la figura A2-6, una humedad relativa de 70%. El punto B

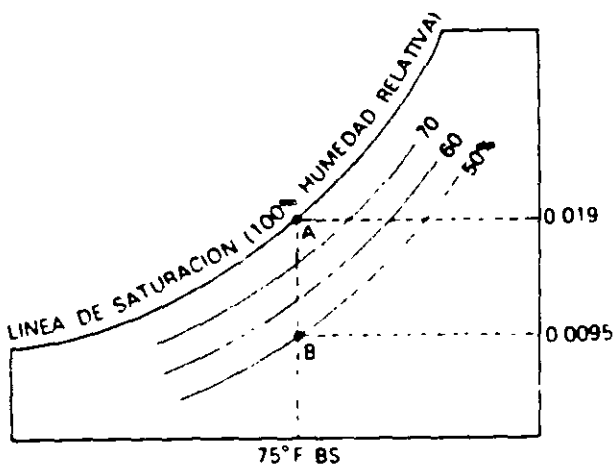


FIGURA A3-12 Líneas de humedad relativa

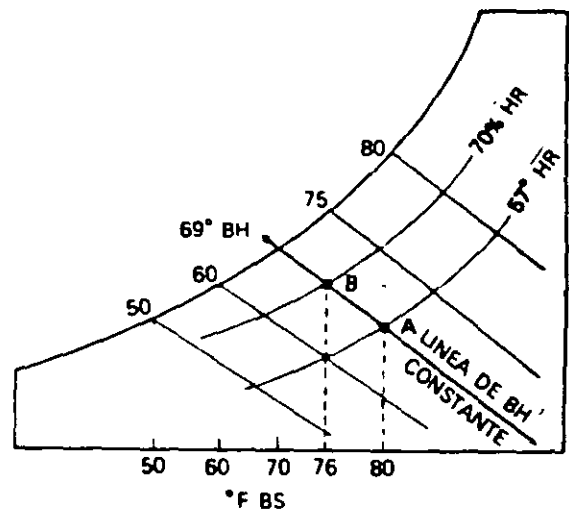


FIGURA A3-13

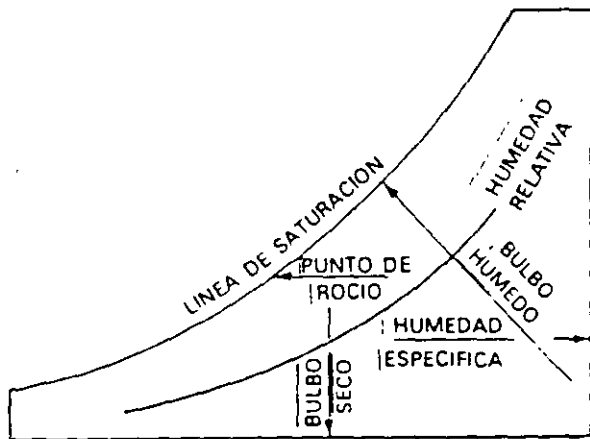


FIGURA A3-14 Carta psicrometrica simplificada

puede ahora localizarse. Conectando los puntos A y B, creamos una línea de bulbo húmedo constante. Este proceso se repetirá varias veces hasta completar una malla de líneas de bulbo húmedo. La temperatura de bulbo húmedo se lee en la línea de saturación, a causa de que en ese punto no puede contener más humedad y viene a ser igual a la temperatura de bulbo seco y punto de rocío.

Esto completa la construcción de la carta psicrométrica simplificada (figura A3-14). Aunque no es 100% precisa, esta descripción le ayudará a entender las relaciones de las líneas en la carta real. Afortunadamente la carta ASHRAE, tiene información extensa y precisa y puede ser utilizada con confianza. Recuerde, si se conocen dos de las cinco propiedades del aire, las otras tres pueden hallarse en la carta psicrométrica, localizando el punto de intersección de las líneas que representan las dos condiciones conocidas.

Antes de avanzar, se presentan aquí unos pocos problemas prácticos, que utilizan la carta ASHRAE incluida.

1. El propietario de un edificio quiere mantener una condición interior de 80°F BS y 50% de humedad relativa. Encuentre las temperaturas de bulbo húmedo y punto de rocío. (Respuesta: 66.7°F BH, 59.8°F PR.)
2. Asuma una temperatura de bulbo húmedo de 60°F y una temperatura de bulbo seco de 72°F. ¿Cuál es la

humedad relativa? ¿La razón de humedad? (Respuesta: 50% de humedad relativa y 0.0084 lb de humedad.)

3. Asuma 68.6°F BS y 60.4°F BH. ¿Cuál es la humedad relativa? (Respuesta: 63%.)
4. ¿Cuál es la temperatura de BH del aire que tiene una humedad relativa de 80% y 70°F BS? (Respuesta: 65.7°F.)
5. Las condiciones exteriores de diseño en Portland, Oregon, son 90° BS y 68° BH. Encuentre la temperatura de punto de rocío y la humedad relativa. (Respuesta: 56.0°F BS y 32% de humedad relativa.)

A3-4

### MEZCLAS DE AIRE

Antes de plantear un problema de aire acondicionado sobre la carta psicrométrica, debemos saber primero la temperatura inicial del aire que va a ser enfriado (o calentado según sea el caso). En la mayoría de los sistemas de aire acondicionado, habrá aire de ventilación del exterior que se mezcla con aire que retorna del salón a la unidad. En la figura A3-15, el sistema maneja 4000 pies<sup>3</sup>/min de aire total. También 1,500 pies<sup>3</sup>/min de aire exterior a 95°F BS y 78°F BH se mezclan con 2500 pies<sup>3</sup>/min del aire de retorno (cuarto) a 80°F DB y 67°F WB. ¿Cuál es la temperatura de la mezcla de aire? Primero determine el porcentaje de aire de ventilación en la mezcla. Podemos hacerlo dividiendo 1,500 por 4,000 = 0.375. El aire de ventilación es el 37.5% y el aire de retorno recirculado es 62.5%. ¡El porcentaje es muy importante! Multiplique la temperatura de bulbo seco de cada condición del aire, por su porcentaje en la mezcla. Si el aire exterior está a 95°F BS y es el 37.5% de la mezcla, contribuye un 35.6°F BS a la mezcla (95° x 0.375). El aire de retorno es 80° BS, así éste contribuye con 80° x 0.625 = 50°F BS a la mezcla. El aire mezclado tendrá 35.6° + 50° = 85.6°F BS. Ubicado en la tabla psicrométrica, estará representado por la figura A3-16. La temperatura de bulbo húmedo de la mezcla será 71.2°F, la temperatura de punto de rocío será 65°F, la humedad relativa 50% y razón de la humedad 0.131 lb.

Veamos otro problema práctico:

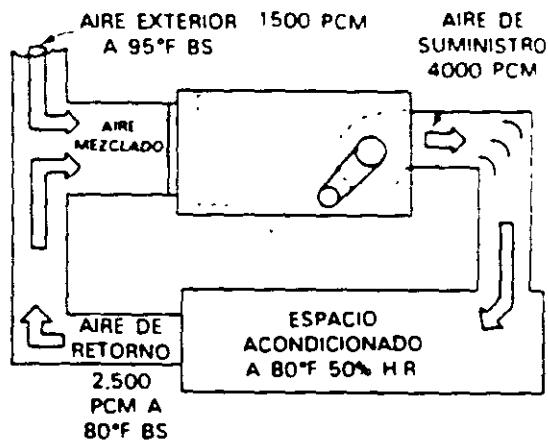


FIGURA A3-15

### EJEMPLO

- Exterior 95°F BS, 78°F BH
- Interior 80°F BS, 67°F BH
- Aire total 20,000 pies<sup>3</sup>/min
- Aire exterior 4,000 pies<sup>3</sup>/min

Encuentre las condiciones resultantes de la mezcla.

### SOLUCION

$$\frac{4000}{20,000} = 0.20 \quad \begin{matrix} (20\% \text{ de aire exterior y} \\ 80\% \text{ aire de retorno)} \end{matrix}$$



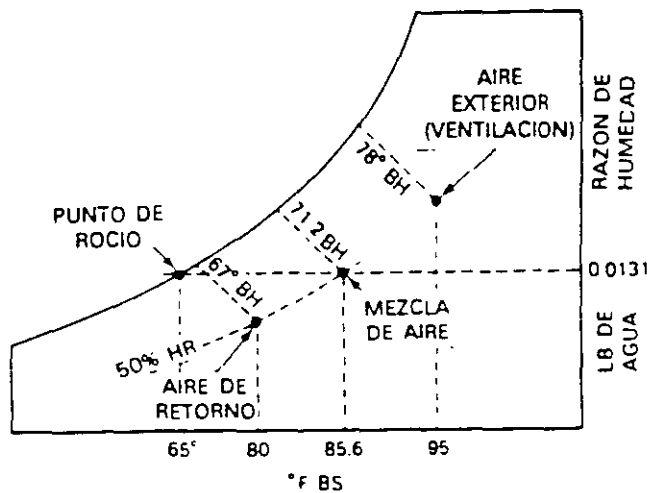


FIGURA A3-16

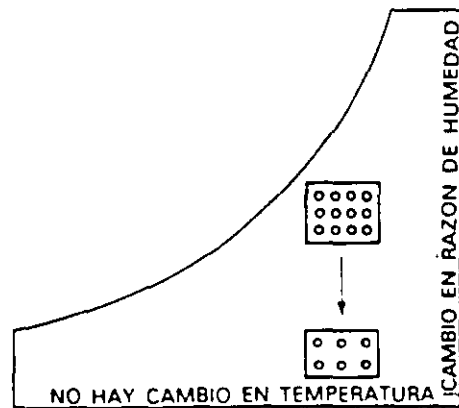


FIGURA A3-18

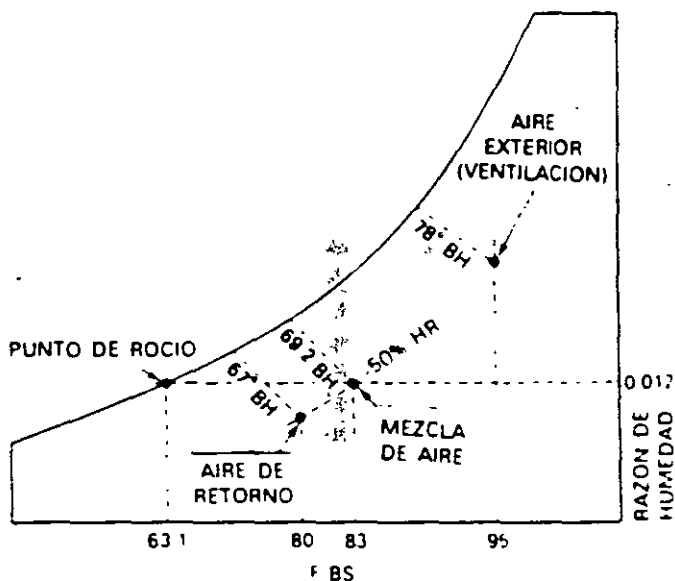


FIGURA A3-17

$$95^{\circ} \text{ BS} \times 0.20 = 19.0^{\circ} \text{ F}$$

$$80^{\circ} \text{ BS} \times 0.80 = 64.0^{\circ} \text{ F}$$

$$\text{Temp de mezcla} = 83.0^{\circ} \text{ F BS}$$

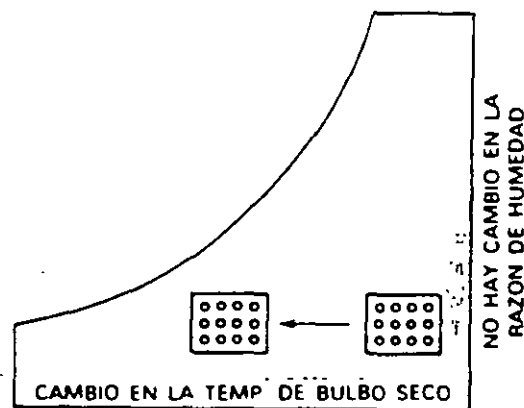


FIGURA A3-19

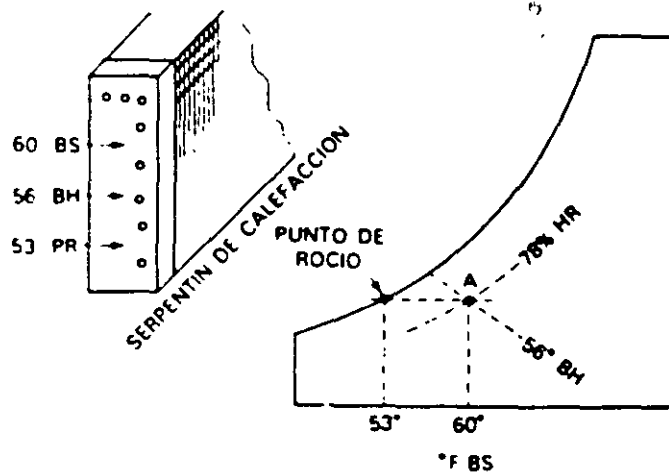


FIGURA A3-20 Proceso de calefacción

Localice en la figura A3-17, el punto A (aire exterior) y el punto B (aire de retorno). Dibuje una línea recta entre ellos. Localice 83.0°F BS sobre esta línea; tenga en cuenta el punto C. Desde el punto C, registre una temperatura de bulbo húmedo de 69.2°F, una humedad relativa del 50% y una razón de humedad de 0.012 lb

Usemos la carta ahora para otro proceso de aire acondicionado. Primero buscaremos cambios en calor latente y sensible. Un cambio en calor latente ocurre cuando se evapora o condensa agua, sin cambio en la temperatura de

bulbo seco. Esto se muestra como una línea vertical sobre la carta, en la figura A3-18. De otro lado, el calor sensible se muestra como un cambio de temperatura sin cambio en la cantidad de vapor de agua, como se indica con la línea horizontal en la carta psicrométrica, en la figura A3-19.

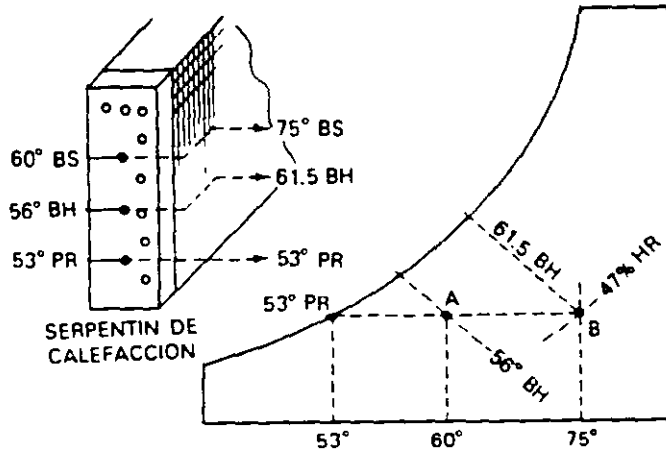


FIGURA A3-21

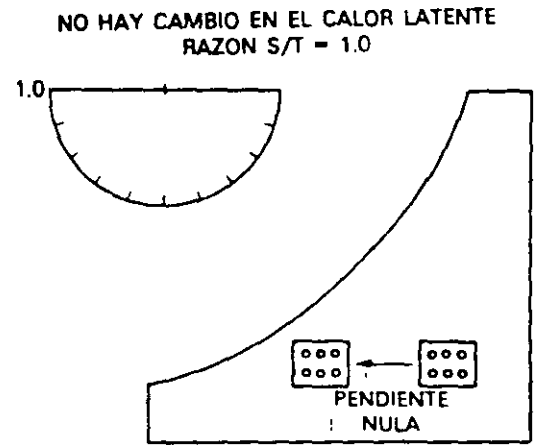


FIGURA A3-23

$$\text{FACTOR DE CALOR SENSIBLE} \\ (\text{RAZON S/T}) = \frac{\text{CALOR SENSIBLE}}{\text{CALOR TOTAL (SENSIBLE + LATENTE)}}$$

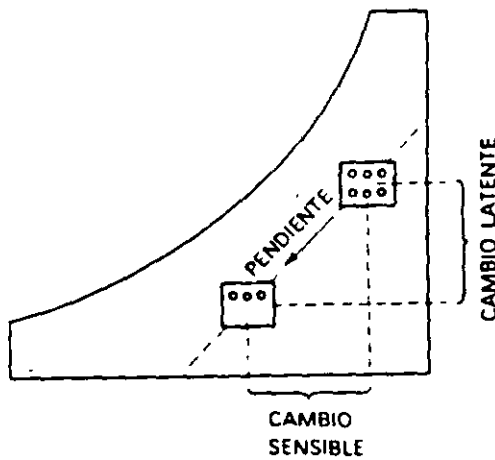


FIGURA A3-22

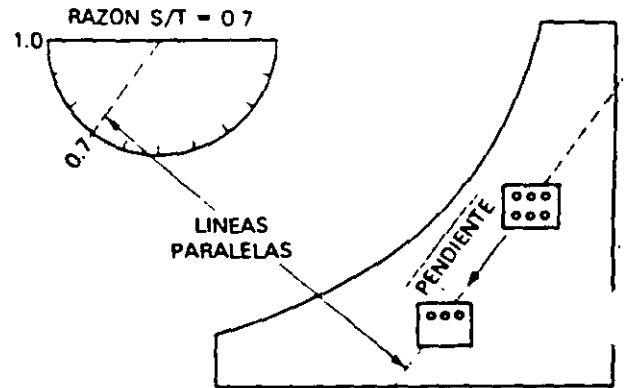


FIGURA A3-24

Para ilustrar un proceso de calor sensible (figura A3-20), calentemos aire pasándolo sobre un serpentín de calefacción. Si el aire parte del punto A (60°F de bulbo seco y 56°F de bulbo húmedo) su punto de rocío es 53°F. Después de calentar el punto B, 75°F BS (figura A3-21), el punto de rocío permanece igual, porque no se ha añadido vapor de agua. La temperatura de bulbo húmedo, sin embargo, se ha incrementado a 61.5°F. Note también que la humedad relativa ha decrecido. Esto explica por qué la humedad relativa, muy de mañana es alta, pero decrece cuando el día se hace más cálido.

Si el proceso se invierte y la temperatura de 75°F BS (con un punto de rocío de 53°F), se rebaja a 60°F BS, se tiene un proceso de enfriamiento sensible. La temperatura de bulbo húmedo cae, pero el punto de rocío permanece igual (no hay cambio en humedad)

Sin embargo, si el enfriamiento se combina con deshumidificación, el aire tiende a seguir la pendiente hacia la izquierda, mostrada en la figura A3-22. La cantidad de calor sensible y calor latente, determina si la línea tiene una

pendiente suave o pronunciada. Esta combinación de enfriamiento sensible y latente ocurre tan frecuentemente en el aire acondicionado que la pendiente de la línea ha sido llamada, el *factor de calor sensible* o *razón S/T*, la cual es el calor sensible dividido por la suma de calor sensible más calor latente, o calor total.

En la carta ASHRAE, hay un círculo en la parte superior izquierda. Note las razones de calor sensible dentro del círculo, con 1.0 sobre la línea horizontal base. Este se usa para estimar la pendiente de la línea entre dos puntos en la carta y así determinar la relación S/T, mediante líneas paralelas en lugar de cálculos.

Si no ocurre un cambio en el calor latente, entonces el factor de calor sensible es 1.0 y la línea dibujada entre los dos puntos es horizontal (figura A3-23). Si el factor de calor sensible es 0.7, la línea que empieza tiene una pendiente medible (figura A3-24). Esto significa que 70% del calor total es sensible y 30% latente. En otra forma si una unidad enfriadora de 10 ton, 7 ton serían para la

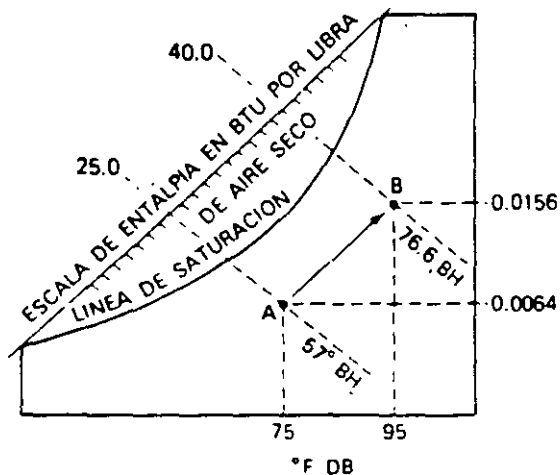


FIGURA A3-25

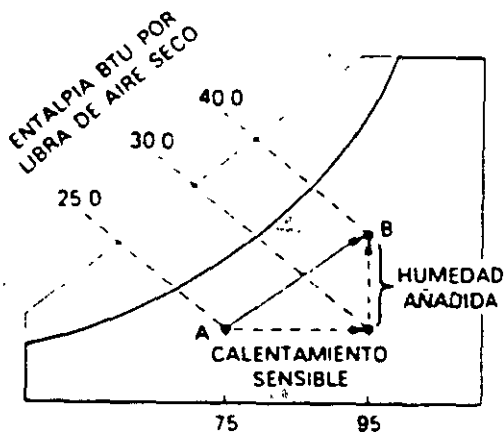


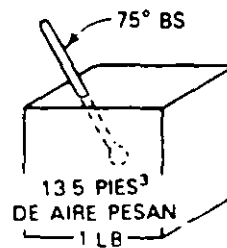
FIGURA A3-26

de calor sensible y 3 ton para el latente. Los aires acondicionados tipo paquete se diseñan con un factor fijo, usualmente 0.75 S/T. Los sistemas mayores pueden seleccionarse para una variedad más amplia, de condiciones.

Otro término utilizado es el de *contenido de calor total* o *entalpía*, de la mezcla de aire y vapor de agua. La entalpía es muy útil para determinar la cantidad de calor añadido o retirado del aire en un proceso dado. Se encuentra sobre la carta psicrométrica en la figura A3-25 siguiendo las líneas de temperatura de bulbo húmedo; pasando la línea de saturación, está la escala de entalpía. El punto A representa aire a 75°F BS y 0.0064 lb de humedad y cerca a 35% de humedad relativa, su entalpía es 25.0 Btu por lb de aire seco. Calentando y humedeciendo el aire hasta el punto B, 95°F BS y 0.0156 lb de humedad y cerca a 44% de humedad relativa, la entalpía es ahora 40 Btu por lb de aire seco. El incremento en calor total sería 40 - 25, o 15 Btu por lb de aire seco.

Si se dibuja un triángulo como se muestra en la figura A3-26, la distancia vertical representa la cantidad de humedad añadida; esto es calor latente. La distancia horizontal

BAROMETRO ESTANDAR (NIVEL DEL MAR)



@ 95°F OCUPA 14 PIES<sup>3</sup>  
@ 55°F OCUPA 13 PIES<sup>3</sup>

FIGURA A3-27

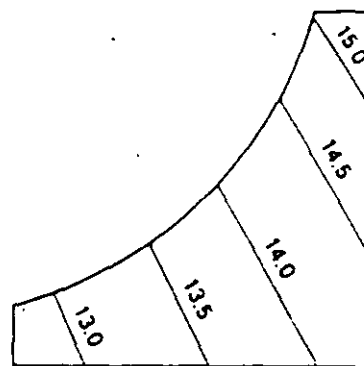


FIGURA A3-28

representa el calentamiento sensible del aire. La entalpía en la intersección de las líneas vertical y horizontal es 30 Btu por lb. Por consiguiente, la cantidad de calor latente añadido es 40 menos 30, o sea 10 Btu por libra. El calor sensible añadido es la diferencia entre 25 y 30 igual a 5 Btu por lb.

La última propiedad que va a ser examinada es el *volumen específico*, el cual es el número de pies cúbicos (pies<sup>3</sup>), ocupados por una libra de aire seco, por ejemplo, en la figura A3-26 una libra de aire a 75°F tiene un volumen de cerca a 13<sup>1</sup>/<sub>2</sub> pies<sup>3</sup> al nivel del mar. Si el aire se calienta a 95°F tiene aproximadamente 14 pies<sup>3</sup> puesto que el aire es menos denso a mayor temperatura. Si se enfría a 55°F, ocuparía sólo 13 pies<sup>3</sup>, porque es más denso a menor temperatura.

Las líneas para estos volúmenes específicos se muestran en la carta psicrométrica en la figura A3-27. Los volúmenes específicos se usan principalmente para verificar el comportamiento del ventilador y para determinar los tamaños del motor del ventilador, para aplicaciones de alta y baja temperatura.

Como se mencionó al comienzo del capítulo, el grado en el cual usted utilice la carta psicrométrica, depende de su actividad particular. En la mayoría de los casos un técnico de aire acondicionado usa únicamente las temperaturas de bulbo seco y húmedo para determinar el comportamiento del sistema, sin embargo, si usted necesita más información de la presentada aquí, hay excelente material disponible de fuentes industriales para lectura y comprensión adicionales.

## PROBLEMAS

- A3-1. ¿Qué es la psicrometría?
- A3-2. La atmósfera está compuesta de \_\_\_\_\_
- A3-3. El vapor de agua se mide en \_\_\_\_\_ o en \_\_\_\_\_
- A3-4. La temperatura de bulbo seco se mide con un \_\_\_\_\_
- A3-5. La temperatura de bulbo húmedo mide la \_\_\_\_\_ con un termómetro ordinario con su bulbo dentro de una mecha mojada
- A3-6. Un instrumento que mide al mismo tiempo las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo es un \_\_\_\_\_
- A3-7. A la diferencia entre la temperatura de bulbo seco y la de bulbo húmedo se le llama \_\_\_\_\_
- A3-8. ¿Qué es la temperatura de rocío?
- A3-9. La humedad específica es una medida de \_\_\_\_\_
- A3-10. ¿Cuántos granos hay por libra de humedad?
- A3-11. Definir "humedad relativa"
- A3-12. La humedad relativa es \_\_\_\_\_ % en la saturación
- A3-13. El calor total del aire está compuesto de \_\_\_\_\_ y de \_\_\_\_\_
- A3-14. Definir "volumen específico".
- A3-15. Definir "entalpía".
- A3-16. ¿Cómo se expresa la entalpía?
- A3-17. ¿Qué indican las líneas verticales de una carta psicrométrica?
- A3-18. Las líneas horizontales de la carta psicrométrica indican \_\_\_\_\_
- A3-19. El aire que tiene toda la humedad que es capaz de contener se llama \_\_\_\_\_
- A3-20. La línea curva en el límite de la carta psicrométrica se llama la \_\_\_\_\_
- A3-21. La escala que corre a lo largo de la línea curva de la izquierda de la carta psicrométrica indica las temperaturas \_\_\_\_\_
- A3-22. Las líneas curvas que corren paralelas a la curva de la izquierda indican \_\_\_\_\_
- A3-23. Los cambios de condiciones a lo largo de una recta horizontal en la carta indican cambios en calor \_\_\_\_\_
- A3-24. Los cambios de condiciones a lo largo de una recta vertical en la carta indican cambios en calor \_\_\_\_\_



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 4 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL FLUJO DE AIRE**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# Principios básicos del flujo de aire

=====  
=====  
=====  
=====  
A4-1

## GENERALIDADES

En el capítulo A3 se describieron las propiedades del aire (psicrometría). Se repasaron temas como contenido calorífico y contenido de humedad. Esto nos dice que la fuente de calor para el sistema de aire acondicionado es el aire que pasa por el serpentín evaporador o de enfriamiento. Para lograrlo se debe tener un método de impulsar al aire desde el recinto que se va a acondicionar hasta la unidad de acondicionamiento de aire, para su tratamiento específico, y para regresarlo al recinto acondicionado.

Este sistema consta de ductos o tubos para conducir el aire, sopladores que suministran la potencia para moverlo, y registros y parrillas para distribuirlo por el recinto acondicionado. El sistema debe ser silencioso, distribuir el aire sin corrientes incómodas, pero al mismo tiempo tener la cantidad correcta de aire para mantener las condiciones deseadas en el recinto ocupado.

Se ha sacado de este libro el cálculo de las necesidades de calefacción y/o enfriamiento de un recinto acondicionado, sea residencial, comercial, etc., por su naturaleza rápidamente cambiante. En la última década se han desarrollado tantos tipos y composiciones nuevas de aislamientos y materiales de construcción, que no es posible estar actualizados en un texto como éste.

Para tratar el tema de cálculo de cargas, al igual que el de diseño de ductos, se deben emplear los manuales publicados por Air-Conditioning Contractors of America (ACCA). La naturaleza de su biblioteca de aplicaciones es tal, que los manuales sobre temas individuales se actualizan con regularidad. Comenzando con el Manual B, *Principles of Air-Conditioning*, el diseño de ductos, cálculos de cargas, prácticas de instalación, y selección de equipo, se tratan en 12 secciones.

Una fuente adicional de información acerca de diseño de ductos es las normas de diseño publicadas por la Asociación Nacional de Contratistas en Aire Acondicionado y Lámina, en Estados Unidos. Están formuladas por los contratistas en instalación de lámina que se dedican al aire

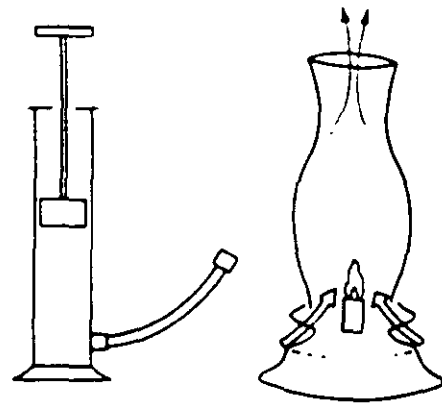
acondicionado, y publica una serie de normas de construcción que abarcan ductos de baja presión, de alta presión, y de fibra de vidrio. También publican un manual, *Heating and Air Conditioning Systems Installation Standards* (Normas de instalación de sistemas de calefacción y aire acondicionado) que es excelente material de referencia.

Por lo tanto, debido a la publicación de esos materiales, los cálculos de cargas de calefacción y enfriamiento se han sacado de este libro. Sin embargo, el técnico de servicio debe tener un conocimiento básico de manejo de aire y dimensionamiento de ductos. A continuación presentamos algunos de los fundamentos, que deben comprenderse.

=====  
=====  
=====  
=====  
A4-2

## MOVIMIENTO DE FLUIDOS

El movimiento de un fluido (figura A4-1), se debe a una diferencia de presión originada por el incremento de la presión misma en algún punto del recorrido del flujo, incremento ocasionado por un dispositivo mecánico como una bomba de aire, o por un cambio en la densidad del fluido, ocasionado por una diferencia en temperatura, así como en



BOMBA PARA LLANTAS

LAMPARA DE ACEITE

FIGURA A4-1 Bomba para inflar llantas y lámpara de aceite.

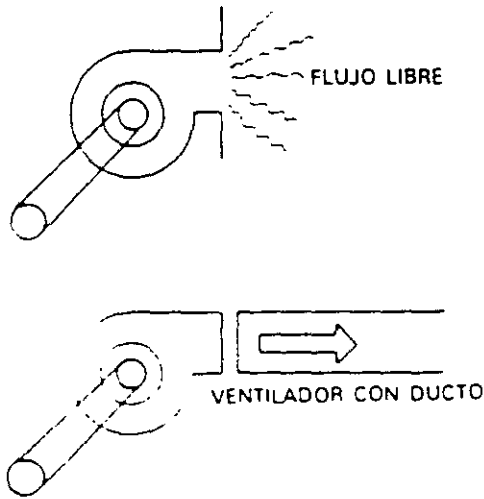


FIGURA A4-2 Ventilador con ductos

una lámpara de aceite. El propósito de esta discusión no son los movimientos de tipo térmico. Sin embargo, en diseños exactos los ingenieros sí consideran la temperatura del aire como factor importante, ya que su densidad varía en función de la temperatura.

Si el movimiento mecánico del pistón es sustituido por un ventilador (figura A4-2), el aire se pondrá en movimiento. Si se le permite al aire fluir directamente hacia la atmósfera, no habrá resistencia al flujo, ni tampoco tendrá dirección de flujo definida, ni control. Si un ducto es instalado en la descarga del ventilador, para dar sentido y distribución al flujo de aire, entonces la energía requerida por el ventilador aumentará debido a la resistencia adicional del sistema de ductos.

A4-3

### RESISTENCIA AL FLUJO

La resistencia al movimiento del aire en un sistema de ductos (figura A4-3), tiene varias causas. Primero la fricción del aire al moverse sobre las paredes del ducto, aun en

un ducto recto. El aire no fluye de un modo parejo. Se mueve más bien en la forma de *flujo turbulento*, término usado por ingenieros para describir un flujo en constante mezcla y agitación. Los ductos flexibles, metálicos, de fibra de vidrio tienen efectos de fricción algo diferentes entre sí. Restricciones o cambios en la sección del ducto exigen también más presión para aumentar la velocidad del aire y así mantener el volumen de flujo igual. Se necesita un empuje adicional para hacer que el aire cambie de dirección en un codo de 90°, por ejemplo. Restricciones como filtros, serpentines, ampers y rejillas también aumentan la presión requerida para mantener un flujo constante.

La presión total ( $P_t$ , figura A4-4) requerida para mover una determinada cantidad de aire a través de un ducto, está compuesta de dos elementos. La presión estática ( $P_s$ ), que es la presión ejercida por el aire contra las paredes del ducto en todas las direcciones. Se puede interpretar como una presión que trata de inflar el ducto. Puede ser positiva (+) en el lado de descarga del ventilador o negativa (-) en el lado de succión. La presión de velocidad ( $P_v$ ), es la presión debida al flujo. Se puede interpretar como el empuje o impacto necesario para desplazar el aire. La presión total es la suma de las presiones estática y de velocidad en el punto en que se mida. Para ilustrar esto se usa un manómetro de tubo en U.

A4-4

### INSTRUMENTOS PARA MEDIR FLUJO DE AIRE

La presión en un sistema de ductos es medida frecuentemente con un manómetro inclinado (figura A4-5), que está lleno con un líquido que será desplazado por presiones ejercidas en cualquiera de los extremos. Una escala móvil permite la calibración del instrumento en cero, cuando está expuesto a la presión atmosférica solamente.

El rango de la escala dependerá de la aplicación. Para trabajo residencial el rango va comúnmente desde 0.10

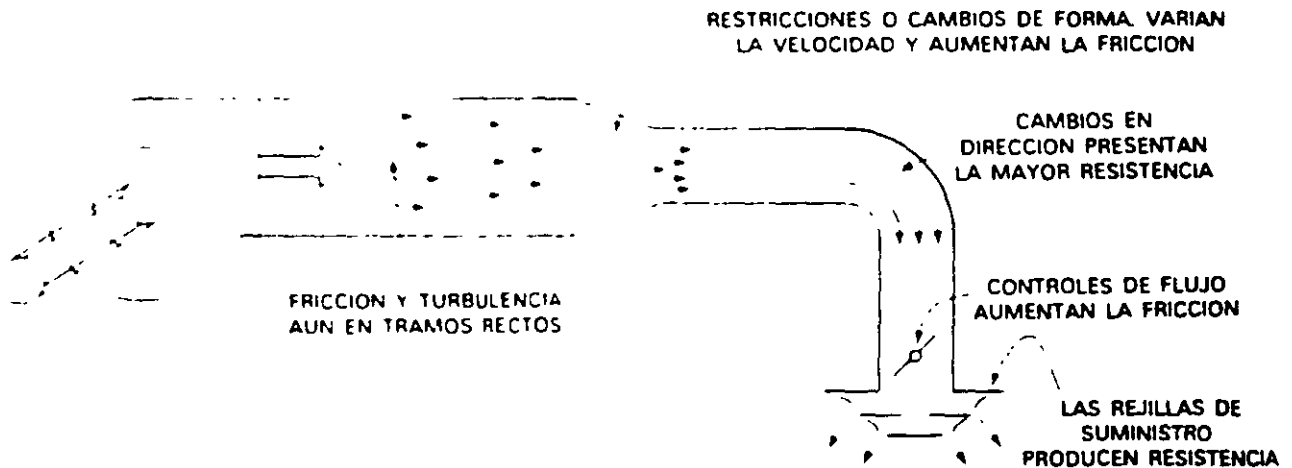


FIGURA A4-3 Sistema de ductos

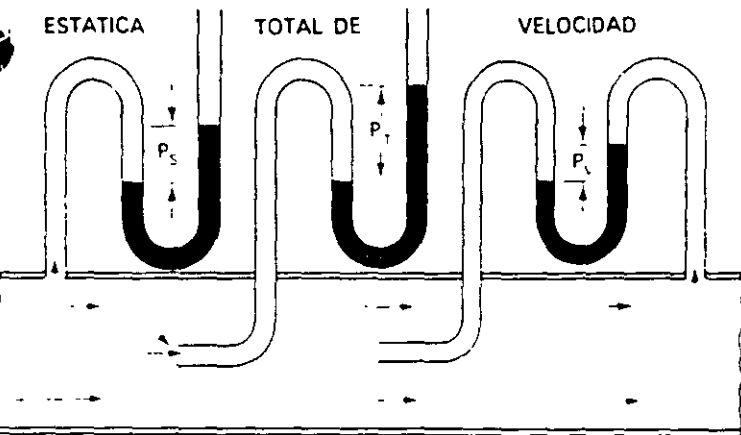


FIGURA A4-4 Mediciones de presión en ductos

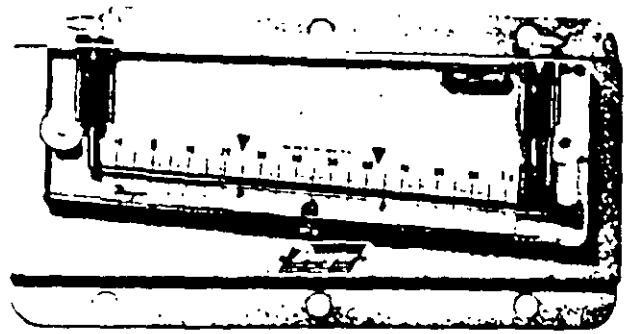


FIGURA A4-5 Manómetro inclinado (Cortesía de Dwyer Instruments, Inc.)

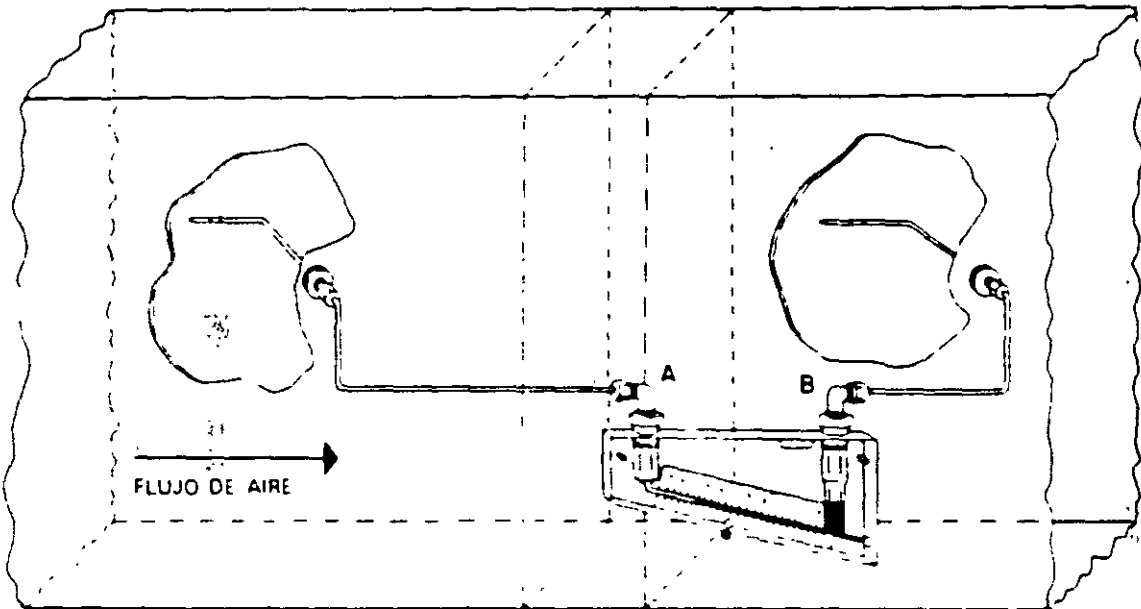


FIGURA A4-6 Midiendo la presión en un ducto

hasta 10 pulgadas de columna de agua. Los sistemas de ductos comerciales de alta presión pueden requerir rangos tan altos como 6 pulgadas o más.

El manómetro puede ser usado de diferentes formas, aplicando una presión positiva en el extremo A (figura A4-6), el líquido se desplazará hacia la derecha registrando un valor numéricamente positivo. De modo similar, aplicando una presión negativa o succión en el extremo B, se obtendrá un registro negativo. Si se aplican presiones positivas en ambos extremos aparecerá en la escala una diferencia de presión que puede ser medida para el caso de un serpentín o filtro, como se muestra en la figura. La presión estática total de un sistema podrá ser medida, aplicando una presión positiva en el extremo A y una negativa en el B.

Como se indica en la figura A4-4, las presiones estáticas, de velocidad y totales pueden ser registradas, por un manómetro como se ilustró anteriormente para el caso de los ductos. En trabajos de laboratorio, un tubo Pitot conectado al manómetro (figura A4-7) permite al ingeniero medir

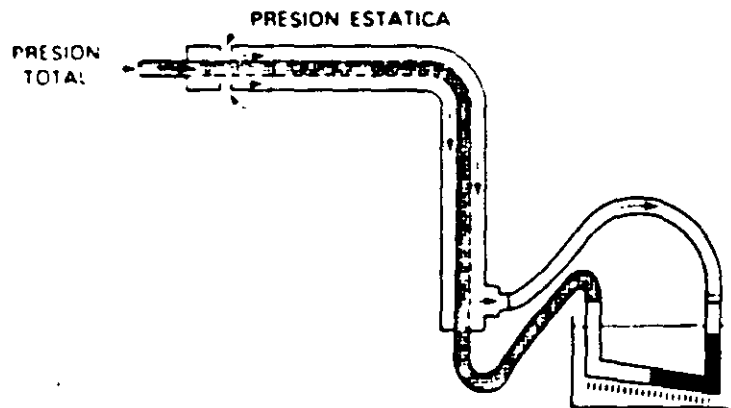
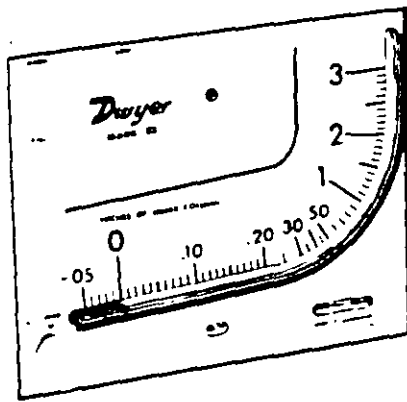


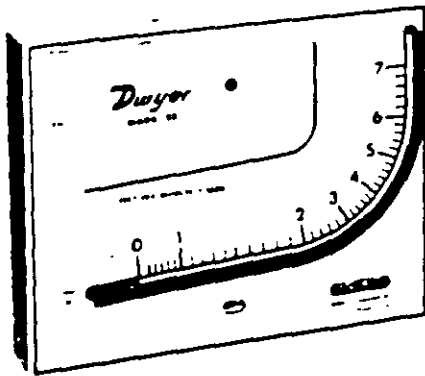
FIGURA A4-7 Tubo Pitot y manómetro midiendo la presión de velocidad

las presiones estáticas y totales usando sólo una sonda. Cuando están conectados como se indica, el manómetro





a



b

**FIGURA A4-8** a) Manómetro para medir presión en pulgadas de agua b) Manómetro para medir velocidad en pies por minuto (Cortesía de Dwyer Instruments Inc.)

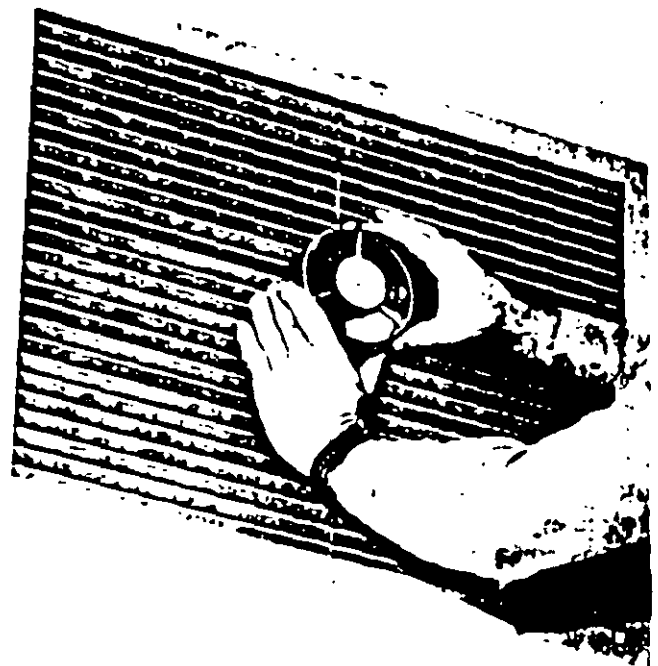
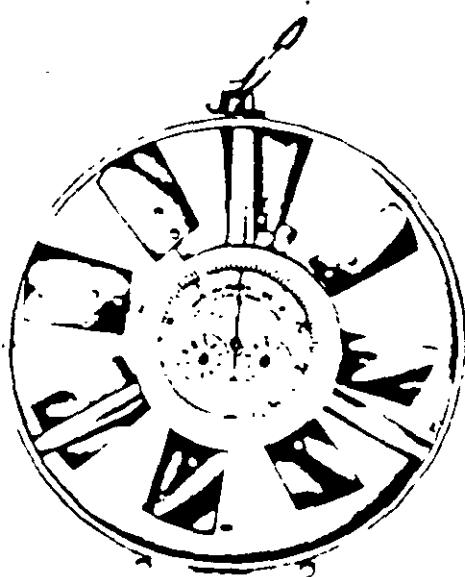
registrará la diferencia entre la presión total y la estática, sea la presión de velocidad.

En el trabajo normal de aire acondicionado, no es necesario generalmente determinar la presión de velocidad. Sin embargo la velocidad en términos de desplazamiento o movimiento en pies por minuto (pies/min) sí es importante porque está relacionada con el ruido y el balanceo del sistema.

Los fabricantes de instrumentos han modificado el manómetro inclinado básico para convertirlo en un instrumento de trabajo compacto y portátil como se ilustra en la figura A4-8a. Un método idéntico puede ser usado con un tubo Pitot, la escala registrará así la velocidad en pies por minuto en vez de pulgadas de agua (figura A4-8b).

Otro instrumento usado para medir la velocidad del aire que sale por un suministro, es el *anemómetro* (figura A4-9). Consiste en unas aspas montadas en un eje que gira cuando se introduce en una corriente de aire. En el centro está un indicador que muestra la velocidad en pies por minuto (pies/min). Un cronómetro es necesario para tomar registros de diferente cantidad de tiempo. Algunas situaciones pueden requerir que el anemómetro trabaje por más de un minuto. Mientras más dure el registro los promedios serán más exactos. Una vez determinada la velocidad, el volumen en pies<sup>3</sup>/min puede ser hallado multiplicando el área del suministro en pies<sup>2</sup> por la velocidad en pies/min. Por ejemplo, asuma que la rejilla de la figura A13-9 tiene 2 pies<sup>2</sup> de área neta (dato obtenido en el catálogo del fabricante). Si la velocidad registrada es de 500 pies/min, el volumen de aire, sería entonces 500 pies<sup>3</sup>/min  $\times$  2 pies<sup>2</sup> = 1,000 pies<sup>3</sup>/min.

Los conocimientos básicos sobre presión, flujo y el uso de instrumentos pueden ser muy útiles en dis-



**FIGURA A4-9** Anemómetro (Cortesía de Davis Instruments Manufacturing Company)



FIGURA A4-10 (Cortesía de Alnor Instrument Company)

balanceo y servicio de sistemas de distribución de aire. El diseño de un sistema comienza con el conocimiento de las pérdidas por fricción en ductos rectos

Se han desarrollado instrumentos que eliminan la necesidad de indicaciones de presión y cálculos, porque miden la cantidad real que sale por registros y/o parrillas individuales. Se pueden agregar para obtener la cantidad real de aire manejada por el sistema de ductos de distribución. La figura A4-10 muestra uno de esos instrumentos, llamado *balómetro* (medidor de balance). La figura A4-11 muestra el empleo del instrumento para medir la cantidad de aire que sale de un registro en el techo (figura A4-11-1) o de una salida de pared (figura A4-11-2). La figura A4-11-3 muestra el indicador de lectura directa con cuatro escalas distintas de pies cúbicos.

≡≡≡ A4-5  
 ≡≡≡ **CARTAS DE PERDIDAS POR FRICCIÓN**

La carta de pérdidas por fricción de ASHRAE (figura A4-12), es nada más ni menos que un gráfico en el que las coordenadas son las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por cada 100 pies de longitud equivalente de ducto y los pies cúbicos de aire por minuto (pies<sup>3</sup>/min), que transporta el ducto. Como resultado de estudios y cálculos de laboratorio, una línea separada para cada tamaño de ducto, ha sido dibujada en el gráfico. La velocidad del aire en el ducto también ha sido incluida en el gráfico. En este caso se usa papel logarítmico para gráficos a fin de obtener líneas casi rectas. Esto hace que las coordenadas tengan una apariencia un poco extraña, pero la carta se hace mucho más fácil de usar. La carta ilustrada cubre hasta los 2,000 pies<sup>3</sup>/min, volumen de aire para instalaciones comerciales y residenciales pequeñas hasta de 5 toneladas. La figura

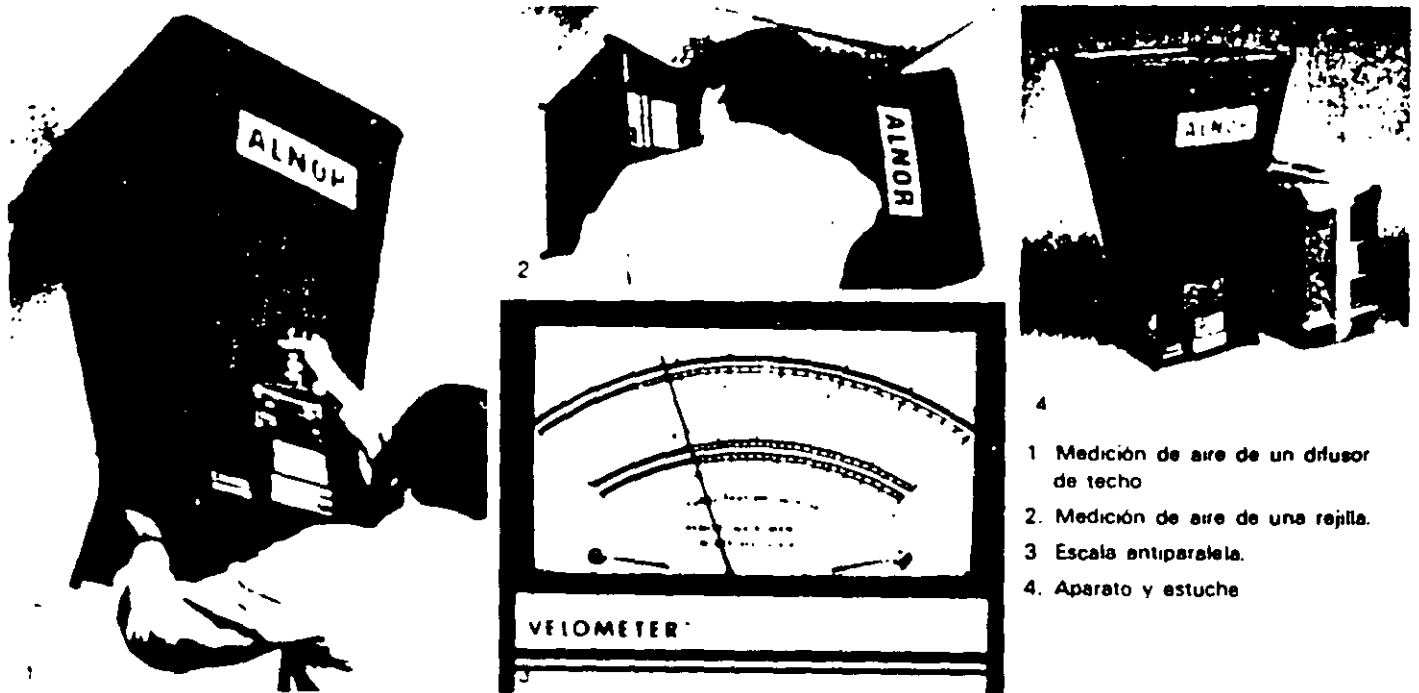
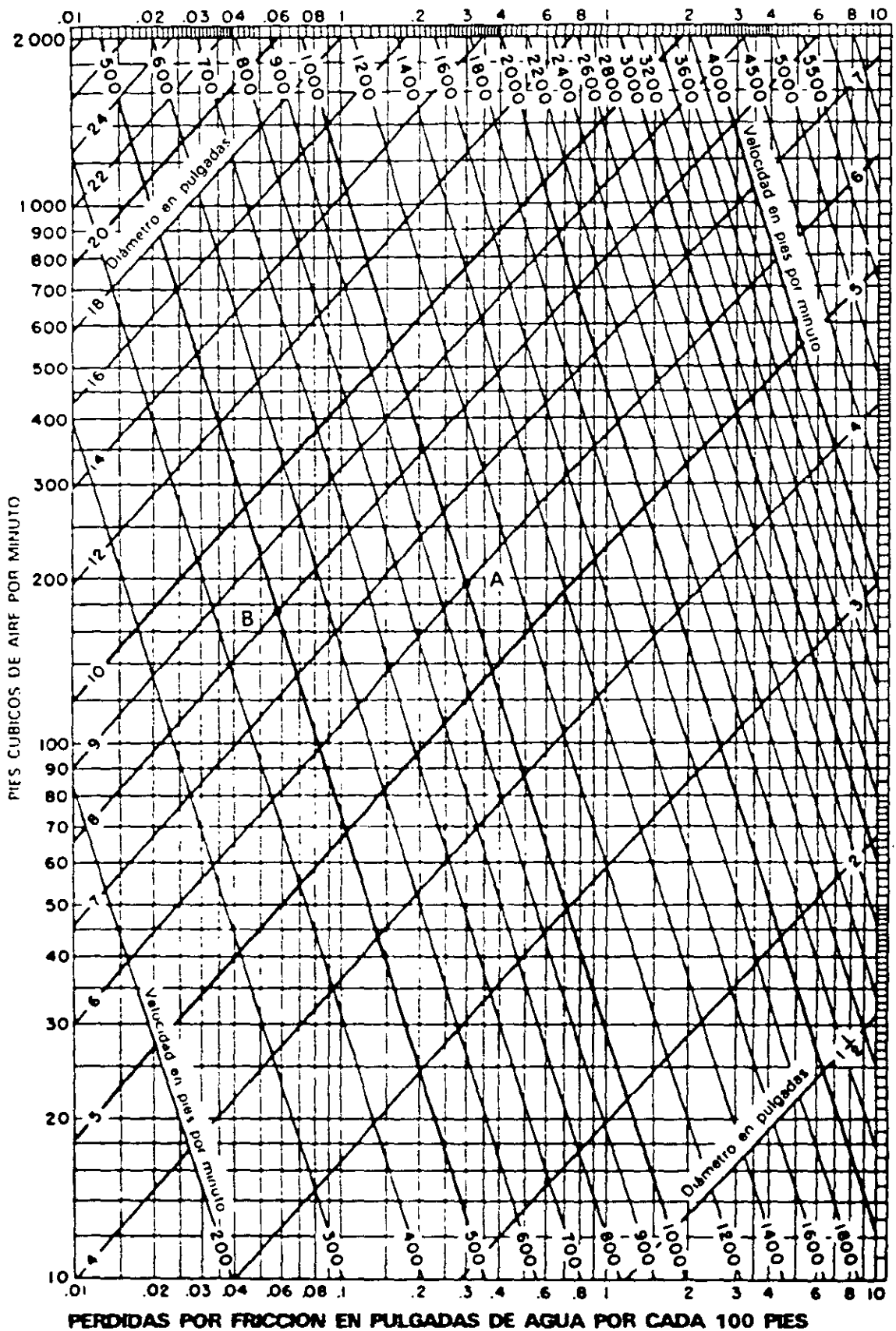
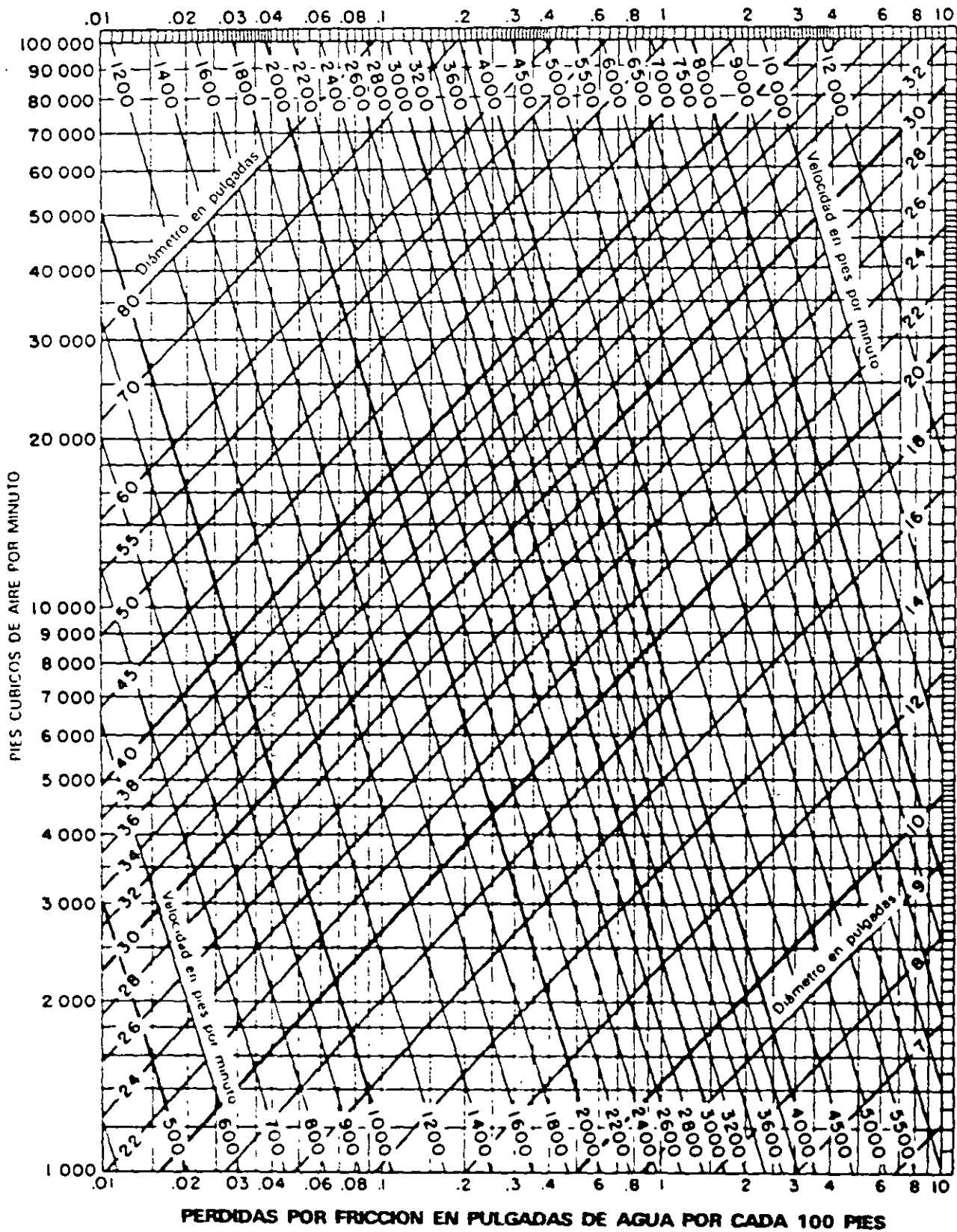


FIGURA A4-11 (Cortesía de Alnor Instrument Company.)



(Basado en aire en condiciones estándar, densidad de 0.075 lb por pie<sup>3</sup>, fluyendo a través de ductos en lámina galvanizada, redondos y limpios, con 40 uniones aproximadamente por cada 100 pies) Precaución: No extrapole por debajo de la carta

FIGURA A4-12 Pérdidas por fricción en ductos rectos para volúmenes desde 10 hasta 2.000 pies<sup>3</sup>/min (Impreso con per ASHRAE Guide and Data Book )



**PERDIDAS POR FRICCIÓN EN PULGADAS DE AGUA POR CADA 100 PIES**

(Basado en aire en condiciones estándar: densidad de 0.075 lb por pie<sup>3</sup> fluyendo a través de ductos en lámina galvanizada, redondos y limpios con 40 uniones aproximadamente por cada 100 pies.)

**FIGURA A4-13** Pérdidas por fricción en ductos rectos para volúmenes desde 1 000 hasta 100.000 pies<sup>3</sup>/min (Impreso con permiso de ASHRAE Guide and Data Book )

LADO	6		8		10		12		14		16		18		20		22		
	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	Area pies <sup>2</sup>	Diámetro pulg	
10	39	8.4	52	9.8	65	10.9													
12	45	9.1	62	10.7	77	11.9	94	13.1											
14	52	9.8	72	11.4	91	12.9	109	14.2	128	15.3									
16	59	10.4	81	12.2	102	13.7	124	15.3	145	16.1	167	17.5							
18	66	11.0	91	12.9	115	14.5	140	16.3	163	17.3	187	18.5	212	19.7					
20	72	11.5	99	13.5	126	15.2	154	17.6	181	18.2	207	19.5	234	20.7	261	21.9			
22	78	12.0	108	14.1	138	15.9	169	17.6	199	19.1	227	20.4	257	21.7	286	22.9	317	24.1	
24	84	12.4	116	14.6	150	16.6	183	18.3	214	19.8	247	21.3	278	22.6	311	23.9	343	25.1	
26	89	12.8	126	15.2	161	17.2	197	19.0	231	20.6	266	22.1	301	23.5	335	24.8	371	26.1	
28	95	13.2	133	15.6	171	17.7	209	19.6	247	21.3	286	22.9	325	24.4	360	25.7	400	27.1	
30	101	13.6	141	16.1	182	18.3	222	20.2	264	22.0	306	23.7	346	25.2	389	26.7	427	28.0	
32	107	14.0	148	16.5	193	18.8	236	20.8	281	22.7	325	24.4	368	26.0	412	27.5	455	28.9	
34	113	14.4	158	17.0	203	19.3	249	21.4	296	23.3	343	25.1	389	26.7	437	28.3	481	29.7	
36	118	14.7	165	17.4	214	19.8	261	21.9	311	21.9	363	25.8	409	27.4	458	29.0	507	30.5	
38	123	15.0	173	17.8	225	20.1	276	22.5	327	24.5	380	26.4	430	28.1	484	29.8	537	31.4	
40	128	15.3	181	18.2	233	20.7	288	23.0	343	25.1	397	27.0	452	28.8	507	30.5	562	32.1	
42	133	15.6	188	18.5	243	21.1	298	23.4	357	25.6	415	27.6	471	29.4	531	31.2	586	32.8	
44	138	15.9	195	18.9	252	21.5	311	23.9	371	26.1	433	28.2	490	30.0	555	31.9	612	33.5	
46	143	16.2	201	19.2	261	21.9	322	24.3	388	26.7	449	28.7	510	30.6	576	32.5	637	34.2	
48	148	16.5	209	19.6	271	22.3	335	24.8	403	27.2	465	29.2	530	31.2	597	33.1	664	34.9	
50			216	19.9	281	22.7	346	25.2	415	27.6	481	29.8	551	31.8	619	33.7	687	35.5	
52			222	20.2	291	23.1	357	25.6	430	28.1	500	30.3	572	32.4	641	34.3	714	36.0	
54			229	20.5	298	23.4	371	26.1	443	28.5	517	30.8	590	32.9	664	34.9	738	36.8	
56			238	20.9	309	23.8	383	26.5	455	28.9	531	31.2	608	33.4	687	35.5	762	37.4	
58			243	21.1	319	24.2	394	26.9	468	29.3	548	31.7	626	33.9	706	36.0	787	38.0	
60			250	21.4	327	24.5	406	27.3	484	29.8	565	32.2	650	34.5	726	36.5	812	38.6	
64			264	22.0	346	25.2	434	27.9	510	30.6	591	33.1	687	35.5	771	37.6	859	39.7	
68					363	25.8	449	28.7	537	31.4	626	33.9	718	36.3	812	38.6	903	41	
72					383	26.5	471	29.4	569	32.3	660	34.8	754	37.2	850	39.5	932	41	
76					409	27.4	491	30.0	586	32.8	683	35.4	795	38.2	890	40.4	998	42.8	
80					435	27.6	517	30.8	615	33.6	722	36.4	829	39.0	921	41.2	104	43.8	
84							541	31.5	641	34.5	754	37.2	855	39.6	975	42.1	108	44.6	
88							558	32.0	664	34.9	787	38.0	894	40.5	1011	43.1	112	45.4	
92							579	32.6	691	35.6	812	38.6	929	41.5	104	43.8	117	46.3	
96							590	33.0	714	36.2	840	39.2	970	42.1	108	44.5	121	47.2	
100								740	36.9	850	39.5	980	42.5	113	45.5	123	47.6		
104									760	37.4	890	40.5	103	43.5	118	46.2	130	48.8	
108									790	38.0	920	41.2	106	44.0	120	47.0	134	49.6	
112									810	38.6	950	41.8	109	44.7	123	47.5	138	50.3	
116											980	42.4	113	45.5	126	48.1	143	51.3	
120											100	42.8	115	46.0	131	49.1	144	51.5	
124											103	43.5	119	46.7	134	49.6	150	52.4	
128											106	44.1	121	47.1	138	50.4	153	53.3	
132													125	47.9	141	50.9	158	53.9	
136													128	48.5	145	51.6	163	54.5	
140													130	48.8	147	52.0	165	55.0	
144													133	49.4	152	52.9	168	55.6	

FIGURA A4-14 Dimensiones de ductos: áreas de sección, diámetro equivalente circular y clase de ductos (Cortesía de ASHRAE).

A4-13. es para volúmenes hasta los 100,000 pies<sup>3</sup>/min. Ambas cartas han sido tomadas del ASHRAE Guide and Data Book y están basadas en condiciones estándar de flujo de aire en ductos normales de lámina galvanizada, circular-

res y limpios, con un promedio de 40 juntas por cada 100 pies.

Un ejemplo del uso de la figura A4-12, seleccionando un ducto redondo de 6 pulgadas de diámetro...

flujo de 200 pies<sup>3</sup>/min. El objetivo será encontrar la velocidad y la pérdida por fricción. Siguiendo la línea de los 200 pies<sup>3</sup>/min de la escala vertical de la derecha, se busca la intersección, marcada con A, con la línea para diámetros de 6 pulgadas. Bajando hasta la escala horizontal se encontrará una pérdida de 0.3 pulgadas de agua por cada 100 pies de longitud. La velocidad se puede encontrar usando el otro juego de líneas diagonales y será de un poco más de 1,000 pies<sup>3</sup>/min. Si el ducto es realmente de sólo 75 pies de longitud la pérdida se calcula multiplicando  $0.3 \times 0.75 = 0.225$  pulgadas de columna de agua para pérdidas por fricción.

Con cualquier par de coordenadas que se conozcan, todas las demás podrán ser determinadas. Asumiendo que 500 pies/min es la máxima velocidad permisible y que el ducto no puede sobrepasar las 8 pulgadas de diámetro, ¿cuál será entonces el volumen en pies<sup>3</sup>/min y la pérdida por fricción? A partir de la línea diagonal de 500 pies/min se busca su intersección con la línea de las 8 pulgadas de diámetro. En la escala vertical se puede leer un volumen de 175 pies<sup>3</sup>/min y en la horizontal una pérdida de 0.058 pulgadas de columna de agua por cada 100 pies de conducto.

La importancia de graficar pérdidas por fricción por cada 100 pies de longitud equivalente no puede ser más significativa. La relación entre las pérdidas por fricción y la presión de diseño debe ser comprendida para poder usar la carta correctamente. Si, por ejemplo, la longitud total equivalente del ducto es 200 pies y la presión de diseño del sistema es de 0.20 pulgadas de columna de agua, en donde las pérdidas por fricción totales no deben sobrepasar las 0.20 pulgadas. O sea que por cada 100 pies de longitud equivalente las pérdidas por fricción no pueden exceder 0.10 pulgadas de columna de agua. En otras palabras si el ducto fuera acortado a 100 pies de longitud equivalente, el mismo volumen de aire sería transportado, si la presión se reduce de 0.20 a 0.10 pulgadas en dicha columna.

===== A4-6

## ===== DIMENSIONES DE DUCTOS

Las tablas de fricción están basadas en los diámetros de ductos circulares; para obtener las dimensiones de ductos rectangulares equivalentes se usa la tabla de la figura A4-14. Nótese los números grandes impresos sobre la tabla. Estos son llamados *números de clase de ductos* y son la representación numérica del costo inicial del sistema de ductos. Mientras mayor sea el número de clase mayor será el costo del ducto. Siempre que sea posible use el ducto de menor número de clase. Las áreas de sección transversal equivalentes de ductos redondos y rectangulares nunca coinciden exactamente así que cuando se usa la tabla siempre se toma el valor siguiente más alto. Por ejemplo si se desea convertir un ducto de 10 pulgadas de diámetro nominal a ducto rectangular con un lado de 8 pulgadas, se seleccionaría uno de 12 x 8 pulgadas, según la tabla. El de 10 x 8 pulgadas resultaría un poco por debajo del tamaño necesario.

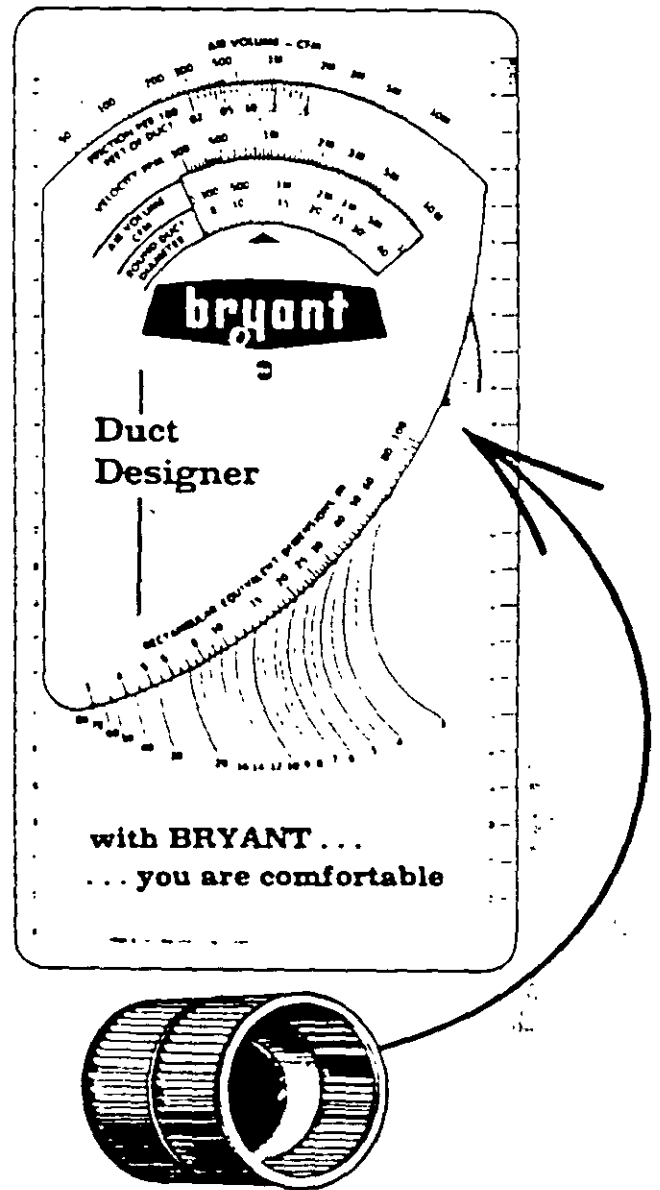


FIGURA A4-15 Calculador de ductos (Cortesía de Bryant Air Conditioning Company)

Para sistemas de ductos hechos con otros materiales distintos de lamina galvanizada o aluminio, se recomienda que sea consultada la información técnica suministrada por el fabricante, para encontrar tablas de pérdidas por fricción similares, o factores de conversión que puedan ser aplicados a la información sobre ductos metálicos suministrada aquí. Ductos de fibra de vidrio y ductos flexibles tienen características de flujo algo diferentes y deben ser tratados de acuerdo a ellas. También es importante no olvidar que los ductos metálicos forrados con aislamientos térmicos o acústicos tienen diferentes factores de fricción y que la dimensión interior se ve reducida por el grosor del aislamiento, por lo tanto no olvide eso en la determinación del tamaño original.

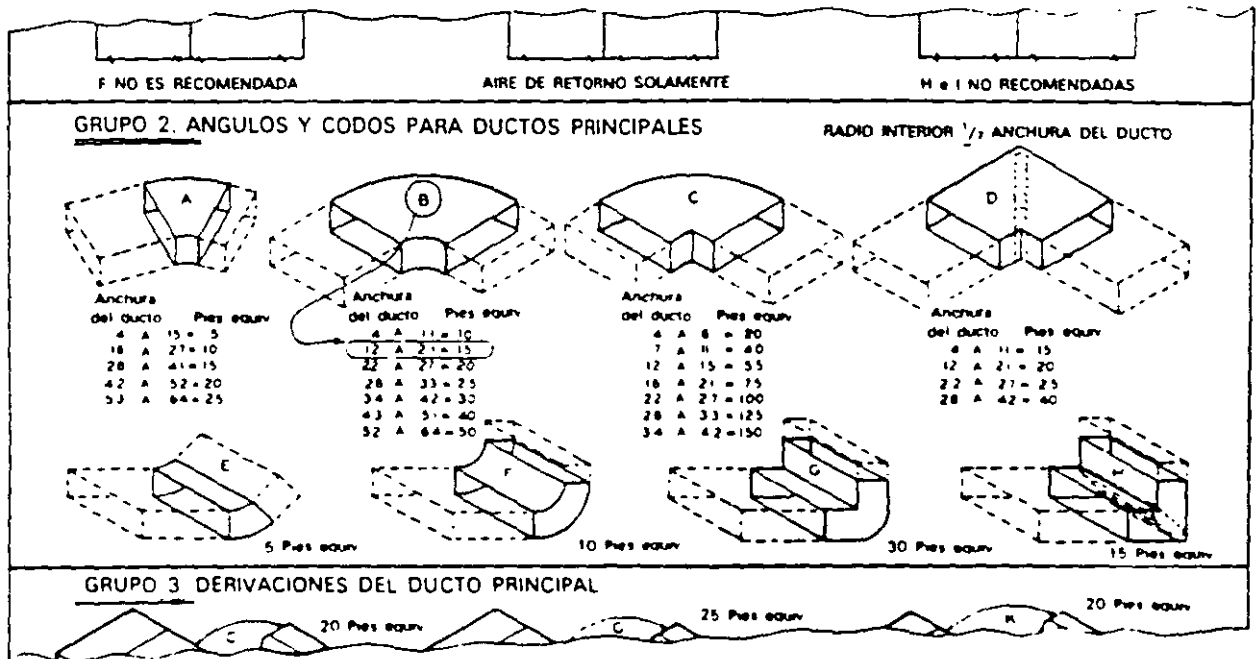


FIGURA A4-16 Accesorios para ductos (Cortesía de ACCA)

==== A4-7  
**CALCULADORES DE DUCTOS**

Para aquellos que constantemente trabajan en el diseño de ductos existen calculadores manuales (figura A4-15), que están basados en las tablas de pérdidas por fricción y que suministran la misma información sobre volúmenes, velocidades, presiones estáticas, etc. Las escalas también dan una conversión instantánea de ductos redondos a ductos rectangulares equivalentes.

==== A4-8  
**ACCESORIOS DE DUCTOS**

Accesorios es el nombre dado a diferentes partes en un sistema de ductos tales como, codos, derivaciones, cuellos, etc. Ellas ofrecen resistencia al flujo del aire y representan la mayor parte de las pérdidas por fricción; también afectan las características de ruido del sistema. El ASHRAE Guide, los manuales NESCA y los catálogos de fabricantes listan los accesorios convencionales (figura A4-16) y expresan las pérdidas en términos de longitudes equivalentes de ductos rectos. Por ejemplo, un codo de 90° tipo B del grupo 2, con una anchura de 12 a 21 pulgadas tendrá la misma pérdida que un ducto recto del mismo tamaño, de 15 pies de largo. Una rápida mirada a la tabla revelará que no se necesitan muchos accesorios para sumar una resistencia apreciable.

La figura A4-17 da ejemplos de varios tipos de derivaciones y cuellos. Nótese que el método G, un cuello circular, tiene una longitud equivalente de 35 pies comparada con B, un cuello de transición, con sólo 15 pies. Los accesorios superiores como A, C y F tienen resistencias aún mayores

porque ellas requieren realmente dos quiebres de 90° del aire en comparación con uno solo a que obliga la derivación lateral.

Los filtros, cuando están instalados en el sistema de ductos, antes que en cualquier otra parte del equipo, junto con los suministros y las rejillas de retorno, también presentan restricciones al flujo del aire que deben ser consideradas en el cálculo general. La resistencia de filtros y rejillas está dada, directamente en términos de pulgadas de presión estática de columna de agua, por los catálogos del fabricante. Varían considerablemente desde sistemas residenciales de baja presión hasta sistemas comerciales de alta presión. El uso de esta información será explicado más a fondo en la sección de diseño de sistemas.

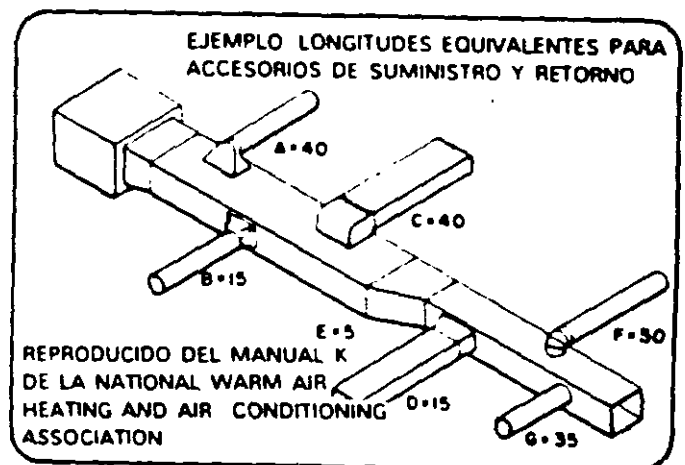


FIGURA A4-17 Derivaciones (Cortesía de ACCA)

==== A4-9  
 NIVELES DE RUIDO

El ruido o nivel de sonido de un sistema de ductos es función de la velocidad, y los límites permisibles están tabulados en la figura A4-18. Estos no deben ser excedidos y si el ruido es un factor de importancia, los valores para ramificaciones deben ser usados en el diseño de todo el sistema. Aunque la mayoría de los diseños de ductos son inicialmente hechos por el sistema de pérdidas estáticas por fricción, es aconsejable hacer luego un chequeo cuidadoso de la velocidad para reducir al mínimo la posibilidad de ruidos indeseables.

Se han discutido las restricciones básicas al flujo de aire y las velocidades recomendadas en el sistema de ductos, pero ¿qué se ha dicho acerca del "empuje" necesario para causar el movimiento del ventilador?

==== A4-10  
 VENTILADORES

Ventiladores de aspas, como los ilustrados en el resumen de productos para aire acondicionado, no son usados para mover aire en ductos; son convenientes sin embargo, en situaciones que requieren una presión estática pequeña, como en el caso de condensadores enfriados por aire y sistemas de extracción de descarga libre.

Los ventiladores centrífugos son usados extensamente en trabajos HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) debido a su capacidad para mover aire eficientemente contra una presión. El empuje o movimiento de una rueda ventiladora centrífuga, está ilustrado en la figura A4-19. La rotación es siempre la misma y con un ángulo de 90° con respecto al eje. El movimiento impartido por la forma de la aleta varía considerablemente dependiendo del diseño. Una aleta plana radial como se ilustra en la figura A4-19, se usa muy poco en trabajos HVAC. Se usa eficientemente para extracción de humos que contengan mugre,

APLICACION	DUCTO PRINCIPAL		RAMIFICACIONES	
	SUMINISTRO	RETORNO	SUMINISTRO	RETORNO
Apartamentos	1000	800	600	600
Auditorios	1100	1100	1000	800
Bancos	700	1500	1600	1200
Piezas de maquinaria	1500	1300	1200	1000
Piezas de hornos	1500	1300	1200	1000
Industrias	1000	1800	2200	1500
Bibliotecas	2000	1500	1600	1200
Salas de reunión	2000	1500	1600	1200
Oficinas	2000	1500	1600	1200
Residencias	1000	800	600	600
Restaurantes	2000	1500	1600	1200
Almacenes	2000	1500	1600	1200
Teatros	1300	1100	1000	800

\* Cuando el nivel de ruido es crítico use los valores para ramificaciones

FIGURA A4-18 (Cortesía de ACCA)

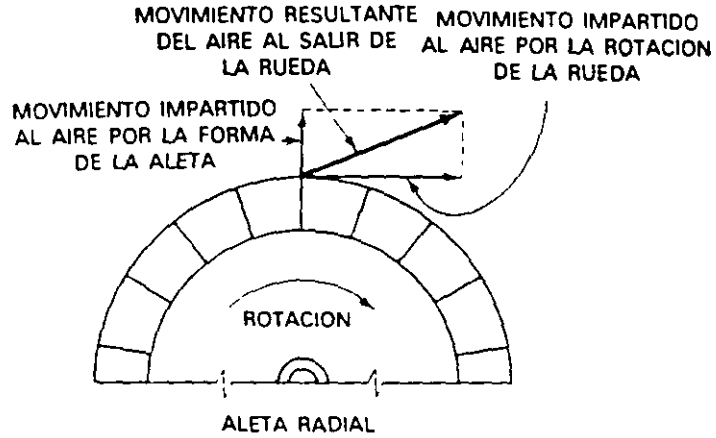
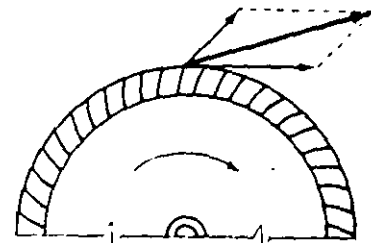
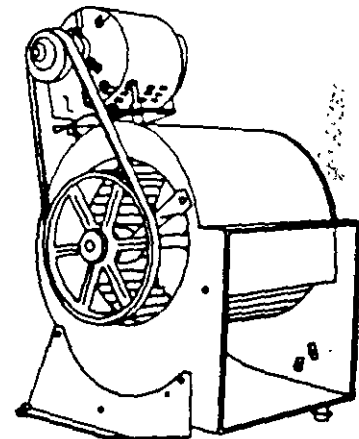


FIGURA A4-19 Ventilador de aletas radiales

grasa o ácidos y en el manejo de materiales abrasivos y polvo.

El ventilador típico para calefacción y aire acondicionado tiene una rueda de muchas aletas curvas hacia adelante (figura A4-20), con una fuerza resultante como la mostrada en el diagrama. Mueve grandes volúmenes de aire para aplicaciones donde se necesitan pocas revoluciones y presiones medianas, lo que cubre la mayoría de las instalaciones residenciales y comerciales pequeñas.

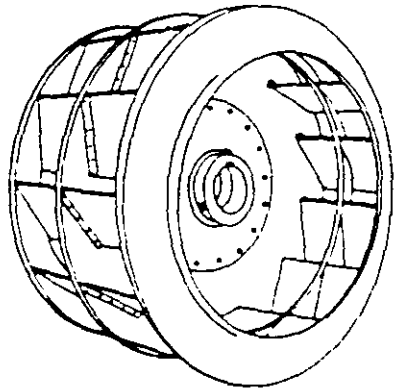
VENTILADOR TÍPICO PARA CALEFACCION Y AIRE ACONDICIONADO (RUEDA DE ALETAS MÚLTIPLES CURVEADAS HACIA ADELANTE)



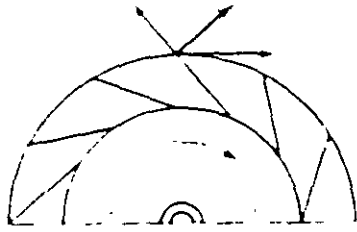
ALETAS CURVADAS HACIA ADELANTE

FIGURA A4-20 Ventilador de aletas múltiples curvadas hacia adelante.





TIPO DE ALETA INCLINADA HACIA ATRAS



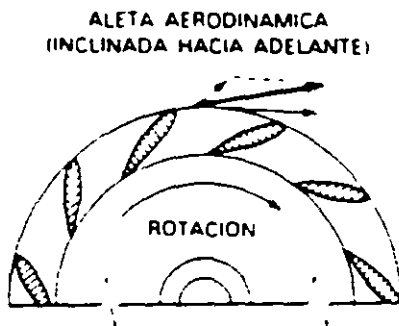
ALETA INCLINADA HACIA ATRAS

FIGURA A4-21 Ventilador de aletas inclinadas hacia atrás

Los ventiladores de aletas curvas hacia adelante son más pequeños y se consideran relativamente silenciosos, de modo que son universalmente usados en equipos integrales de calefacción y enfriamiento.

La rueda de aleta inclinada hacia atrás (figura A4-21), tiene las aletas dirigidas en el sentido contrario a la rotación. Estas pueden ser curvas también. Estas ruedas ventiladoras son resistentes, de alta velocidad y de bajo nivel de ruido, con la característica de que no se sobrecargan. Su eficiencia mecánica es alta y requiere poca potencia.

Una variación de la aleta inclinada hacia adelante o inclinada hacia atrás es la rueda de tipo "airfoil" (figura A4-22) con unas pocas aletas de perfil aerodinámico. Nótese que el vector resultante está más hacia adelante, lo que aumenta su presión estática para usos en sistemas de alta



ALETA AERODINAMICA (INCLINADA HACIA ADELANTE)

FIGURA A4-22 Rueda con aletas de perfil aerodinámico

VENTILADOR DE ALETAS CURVADAS HACIA ATRAS      VENTILADOR DE ALETAS CURVADAS HACIA ADELANTE

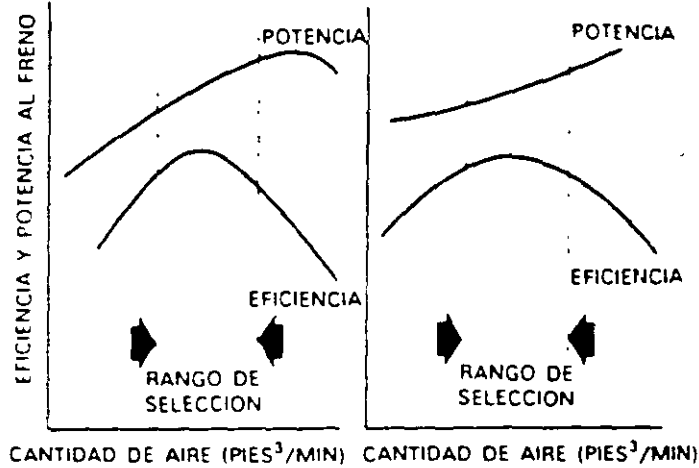


FIGURA A4-23 Comparación de eficiencias

presión, pero manteniendo una velocidad y consumo relativamente bajos. Las aletas con perfil aerodinámico y las ruedas son muy costosas de fabricar y por consiguiente son usadas en equipos grandes solamente.

Una comparación de las curvas de rendimiento para ruedas de aletas curvadas hacia adelante y curvadas hacia atrás (figura A4-23), muestra la eficiencia y potencia de freno y su relación con el volumen (pies<sup>3</sup>/min) a revoluciones constantes. Un punto significativo puede ser observado en estas curvas. Para los ventiladores de aletas curvadas hacia atrás, la potencia sube hasta un máximo y luego cae rápidamente y se dice que tiene *característica de no sobrecarga*. Por contraste, la potencia requerida por un ventilador de aletas curvadas hacia adelante continúa aumentando este tipo por consiguiente, si produce sobrecargas. La selección se hace entonces dentro de los rangos señalados. El punto ideal sería aquel de máxima eficiencia y mínima potencia. Cuando la eficiencia de estos dos tipos de ventiladores se compara, se puede ver que el de aletas curvadas hacia atrás tiene un pico de eficiencia más alto pero también tiene una variación en eficiencia mucho más amplia. Así pues, para aplicaciones comunes de tamaño promedio, el ventilador de aletas múltiples curvadas hacia adelante constituye la mejor alternativa.

El ventilador de tipo axial (figura A4-24), el cual tiene una configuración tubular con aletas o alabes sobre un eje central, muy parecido a una turbina de avión, es de interés general por su versatilidad, diseño simple y económico, para aplicaciones de ventilación y extracción industrial. Su alta velocidad y el ruido resultante impiden su uso en sistemas de aire acondicionado para confort.

Los ventiladores son generalmente clasificados por la AMCA (Air Moving and Conditioning Association) por categorías de acuerdo a los límites de operación en cuanto a presión estática:

Ventiladores de:

Clase I—3; pulgadas de presión total máxima

Clase II—6; pulgadas de presión total máxima

### VENTILADOR AXIAL DE ALABES

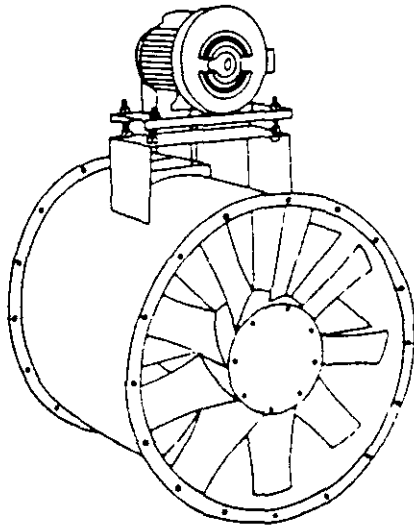


FIGURA A4-24 Ventilador de tipo axial

Clase III—12½ pulgadas de presión total máxima

Clase IV—por encima de 12½ pulgadas

La mayoría de las aplicaciones de aire acondicionado de tamaño promedio están dentro de los requisitos de la Clase I o II

===== A4-11

### ===== METODOS PARA DISEÑO DE DUCTOS

La función básica de un sistema de ductos es llevar el aire desde la unidad manejadora hasta los distintos espacios que serán acondicionados. El diseñador debe tener en cuenta el espacio disponible, los niveles de ruidos, las pérdidas por fricción, el costo inicial y los factores de transferencia o ganancia de calor. El objetivo principal es considerarlos todos y determinar qué sistema satisface mejor todos los requisitos.

Un sistema sencillo de ductos (figura A4-25), consiste en un ventilador, ductos, accesorios, rejillas de suministro y ducto de retorno. El ventilador saca aire del espacio acondicionado, a través del ducto de retorno, a una velocidad de 25 pies/min y lo descarga a una velocidad de 1,500 pies/min. En este proceso desde el punto 1 al punto 2, cuatro cosas han ocurrido al aire:

1. La velocidad ha sido incrementada
2. La presión estática ha sido incrementada
3. La temperatura ha sido incrementada
4. El aire ha sido comprimido un poco

Estos cuatro puntos representan el trabajo hecho por el ventilador.

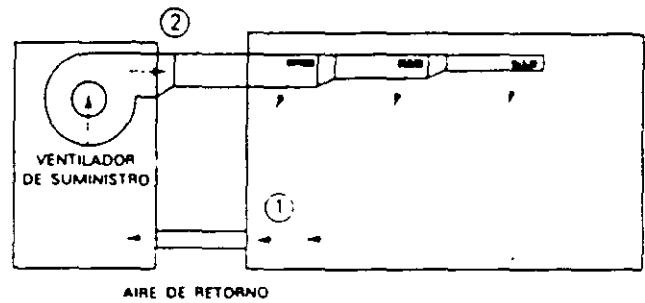


FIGURA A4-25 Diagrama de un sistema de ductos

En el área del aire acondicionado, la compresión del aire no es de importancia ya que las presiones son muy bajas. El incremento de temperatura debido al trabajo del ventilador ha sido tomado en cuenta en los cálculos de la carga de calor. Pero los factores de verdadera importancia en el diseño de ductos son, la presión estática y la velocidad en el punto 2.

La presión estática dentro del ducto y detrás de las rejillas impulsa el aire a través de éstas (figura A4-26). La selección de estas rejillas se hace basada en una cantidad de aire específica, a una velocidad y presión estática dadas. Si la presión estática desde el punto 2 hasta el punto 3 fuera constante, sería posible colocar los deflectores de cada rejilla de la misma manera y obtener el mismo rendimiento y la misma cantidad de aire en cada una de ellas. Pero si se tomaran lecturas de la presión estática a medida que el aire fluye por el ducto, se encontraría tal vez una presión de 1.0 pulgada en el punto A y 0.9 pulgada en el punto B. Así que una pérdida de 0.1 pulgada de columna de agua, se ha producido entre los dos puntos. Los suministros en el extremo del ducto tendrán menos aire que aquellos del comienzo. Se debe entonces poder calcular las pérdidas en un sistema de ductos si se quiere tener la cantidad de aire adecuada en todos los espacios acondicionados.

Hay tres métodos para diseñar ductos y calcular su rendimiento:

1. Reducción de velocidad
2. Igualación de fricciones
3. Recuperación estática

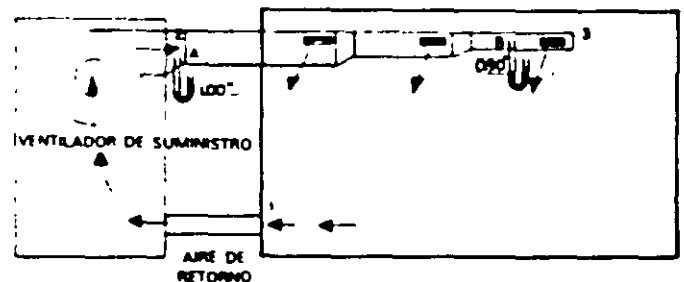


FIGURA A4-26

adicional compensará las pérdidas por fricción de la siguiente sección del ducto.

Esto es similar a lo que le pasa a un esquiador en una loma (figura A4-29). En la parte alta de la cuesta toda la energía disponible es potencial. A medida que el esquiador baja de la loma gana velocidad y en la parte plana toda la energía es de movimiento. Esta energía es suficiente para llevarlo cuesta arriba en la siguiente loma, pero la fricción y la resistencia del viento le impedirán alcanzar la cima de nuevo. Esto es comparable a lo que pasa en el ducto. La presión estática es la energía potencial. Si el aire se mueve a lo largo del ducto con una presión de velocidad cada vez mayor, la presión estática disminuirá. De igual modo, si la velocidad del aire en el ducto disminuye la presión estática aumenta.

Este efecto de conversión es llamado *recuperación estática* en ductos. La eficiencia recuperada es aproximadamente el 60% y en sistemas de alta velocidad el uso de esta energía puede significar reducciones en el tamaño de los ductos y por consiguiente en los costos iniciales. Pero en sistemas de baja presión como los usados en instalaciones residenciales o comerciales pequeñas, el efecto no es tan significativo como para incluirlo en el proceso de diseño.

Para comprender más el diseño de ductería y equipos de manejo de aire, le sugerimos que consulte los manuales de aplicaciones publicados por la Air-Conditioning Contractors of America (ACCA) y la Sheet Metal and Air-Conditioning Contractors National Association Inc. (SMACTA).

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- A4-1. El flujo de fluidos puede ser causado por cambios en \_\_\_\_\_
- A4-2. Las pérdidas por fricción en los ductos son causadas por \_\_\_\_\_
- A4-3. La presión total es la suma de \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_
- A4-4. El instrumento para medir la presión del aire se llama \_\_\_\_\_
- A4-5. El instrumento para medir la velocidad del aire se llama \_\_\_\_\_
- A4-6. El instrumento que se conecta a un manómetro para medir la presión total y la presión estática se llama \_\_\_\_\_
- A4-7. Una gráfica que da la resistencia que presentan los ductos rectos al paso de diversas cantidades de aire se llama \_\_\_\_\_
- A4-8. La resistencia al flujo del aire que tienen diversas conexiones de ductos se basa en su \_\_\_\_\_
- A4-9. ¿Cuáles son las velocidades recomendadas en ductos principales y ramales para sistemas residenciales?
- A4-10. La mayor parte de los acondicionadores paquete de aire emplean un impulsor de soplador \_\_\_\_\_
- A4-11. ¿Cuáles son los tres métodos que se usan para dimensionar ductería?



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **GA-302 REFRIGERACIÓN**

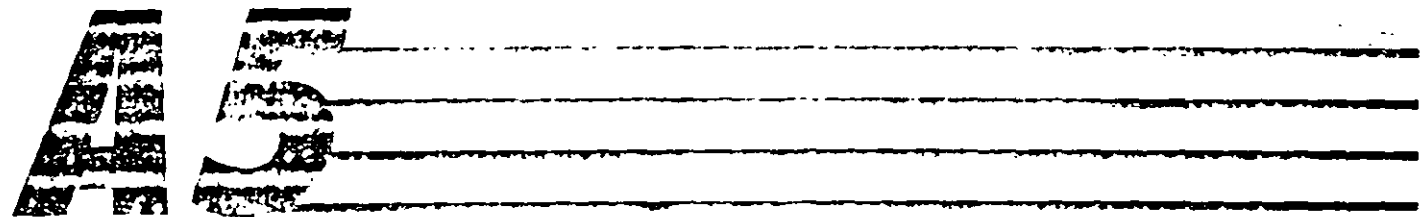
### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 5 ACONDICIONAMIENTO EN INVIERNO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Acondicionamiento en invierno

## A5-1 COMBUSTIBLES

Para el calentamiento se requiere el empleo de alguna forma de energía para subir la temperatura del agua o aire, dependiendo del tipo de equipo usado. Descontando el calentamiento solar, es posible clasificar cuatro tipos de fuentes de energía (combustibles) como los principales medios para calefacción doméstica: carbón, aceite, gas y electricidad. La escogencia del combustible usualmente se basa en suministro (disponibilidad), economía, requisitos de operación, confiabilidad, limpieza y control. La mayor atención se hace hoy día sobre el costo de operación.

### A5-1.1 Carbón

El carbón es un combustible sólido que consiste de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y ceniza. Dependiendo de la proporción de cada uno se pueden clasificar dos tipos —duro y suave (figura A5-1). La antracita (dura) es un carbón, limpio, denso que genera poco polvo. Es difícil de encender pero quema uniformemente y con poco humo. El carbón suave se clasifica como bituminoso, enciende fácilmente y quema libremente con una llama larga, produciendo mucho humo y hollín si se quema en forma inapropiada. Ambas variedades tienen un contenido de calor aproximadamente de 14,000 Btu/libra pero difieren

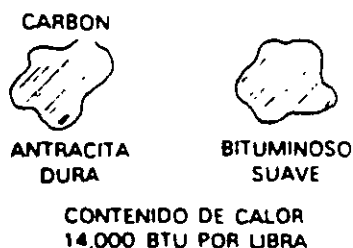


FIGURA A5-1 Muestras de carbon

en el contenido de carbón y oxígeno, lo cual produce la diferencia en las características de combustión.

Esta descripción es una simplificación de las clasificaciones del carbón, pero, a causa de que el carbón ya no es una fuente importante de combustible para calentar casas o edificios comerciales, no necesitamos mayor detalle sobre el tema. El carbón, sin embargo, es aún una fuente de energía vital para las compañías generadoras de potencia eléctrica y ciertas aplicaciones industriales. Y debido a la conservación de la energía y a los altos costos de combustibles, puede suceder que el carbón retorne a escena con nuevas tecnologías y equipo de combustión.

### A5-1.2 Aceites

El aceite combustible es una fuente importante de energía para calefacción en hogares y edificios comerciales. Es muy popular en el Norte y en el Este de los Estados Unidos y se encuentra en muchas áreas rurales en donde la disponibilidad de gas o energía eléctrica no son opciones alternas. Los aceites combustibles son mezclas de hidrocarburos derivados del petróleo crudo por varios procesos de refinación. Se clasifican dividiéndolos de acuerdo a sus características, principalmente viscosidad; sin embargo, otras propiedades como el punto de llama, el punto de fluencia, el contenido de agua y sedimento, el residuo de carbón y ceniza, son importantes en el almacenamiento, manejo y tipos de equipo de combustión para el aceite. La viscosidad determina si el aceite combustible puede fluir o ser bombeado a través de líneas o si puede atomizarse en pequeñas gotas.

Para aplicaciones de calentamiento de confort, estamos interesados principalmente en dos clases de aceite combustible: número 1 y número 2 (figura A5-2), los cuales contienen de 84 a 86% de carbono, hasta 1% de azufre y el resto es principalmente hidrógeno. Las clases más pesadas, número 4 y número 5, tienen aún mayor contenido de carbono, pero también considerablemente más azufre del que es

ACEITE COMBUSTIBLE



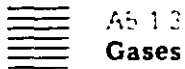
CARBONO 85%

CONTENIDO DE CALOR

140.000 BTU POR GALON

FIGURA A5-2 Aceite combustible

permisible en hogares. El aceite combustible número 1 es considerado de primera calidad y su costo es mayor; se usa en calentadores para cuartos que no usan quemadores de alta presión y dependen de flujo por gravedad; por esto es necesario la menor viscosidad del número 1. La clase número 2 es el aceite estándar vendido por la mayoría de las firmas proveedoras de aceite. Pesa entre 7.296 y 6.870 lb/galón. El agua pesa 8.34 lb/galón. El aceite número 2 se usa en equipo que tiene atomización presurizada, lo cual cubre la mayoría de hornos y calderas para aire caliente forzado. El valor de calefacción es aproximadamente 135.000 a 142.000 Btu/galón. Así el efecto de calefacción horaria se encuentra multiplicando los galones quemados por el poder calorífico por galón.



A5-13  
Gases

Los gases combustibles se emplean para varios procesos de calefacción y aire acondicionado (enfriamiento) y caen en tres amplias categorías: natural, manufacturado y licuado de petróleo. Las historias acerca del descubrimiento y el uso del gas datan de 2.000 años A. C. La historia narra que los chinos condujeron gas desde pozos a través de tubos de bambú e hirvieron agua de mar para obtener sal. Los antiguos exploradores de América reportaron "chorros combustibles", los cuales eran probablemente gases escapando por agujeros en la tierra. Los colonos a menudo encontraron gas cuando perforaban pozos de agua.

Hoy el gas tiene mil y un usos. Además de la industria de calefacción, la industria de generación de potencia, las

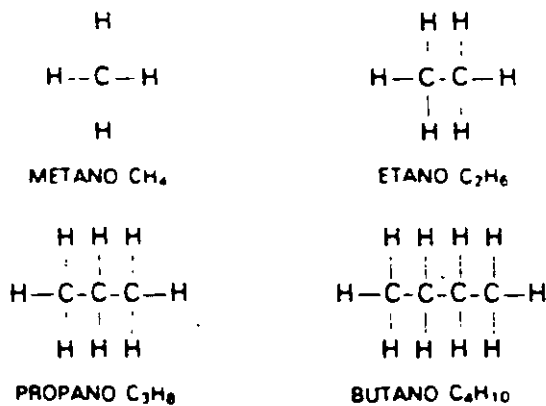


FIGURA A5-3

siderúrgicas, las refinерías de aceite, las industrias alimenticias, de vidrio, cemento, son grandes usuarios de gas. En 1973, AGA (American Gas Association) reportó 38 millones de casas con servicio de gas.

El gas natural viene de pozos. Es el producto de material orgánico de plantas y animales que durante millones de años se convirtieron químicamente en gas o aceite. La mayoría de las reservas de gas en los Estados Unidos no están disueltas o en contacto con aceite. El gas natural (figura A5-3) es principalmente *metano*, el cual consiste de un átomo de carbono unido a cuatro átomos de hidrógeno y *etano*, el cual tiene dos átomos de carbono y seis de hidrógeno. Los gases licuados de petróleo (LP) son *propano* y *butano* o una mezcla de los dos. Estos gases combustibles se obtienen de gas natural o como un subproducto en la refinación de aceite. En la figura A5-3, usted notará que contiene más átomos de carbono e hidrógeno que los gases naturales, son así más pesados y por consiguiente tienen más poder calorífico por pie cúbico.

El gas manufacturado, como su nombre lo indica es hecho por el hombre como un subproducto de otras operaciones industriales. Por ejemplo, en metalurgia se produce gran cantidad de gases que pueden usarse como combustibles. El uso de gases combustibles manufacturados ha declinado grandemente en los Estados Unidos. Hoy más del 99% de las ventas por distribución de gas, son de gas natural. Sin embargo, la clase elaborada por el hombre es aún un combustible popular en Europa.

El gas mezclado, como su nombre lo indica, es también una mezcla de gases elaborada por el hombre. Un ejemplo común es una mezcla de gas natural y gas manufacturado.

Es importante saber la gravedad específica de un gas. Comparado con el aire estándar (figura A5-4), el cual tiene una gravedad específica de 1.0, el gas natural va de 0.4 a 0.8 siendo así más liviano que el aire. De otro lado para los gases de petróleo líquido, la gravedad específica del propano es 1.5 y la del butano es 2.0, significando con esto que son más pesados que el aire. La densidad de los gases es importante a causa de que afecta el flujo del gas a través de orificios (pequeños agujeros en el quemador). Si se desea

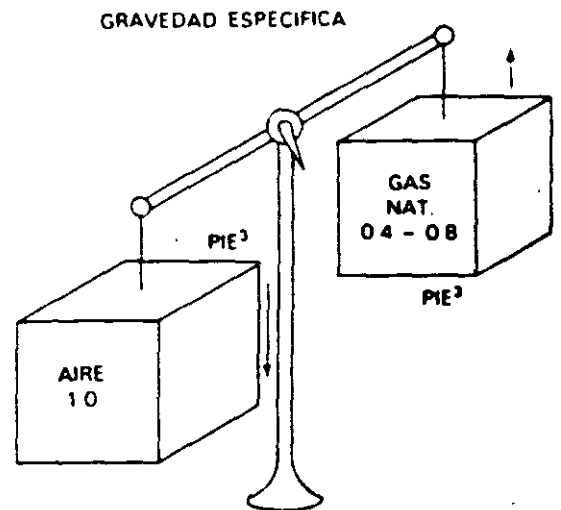
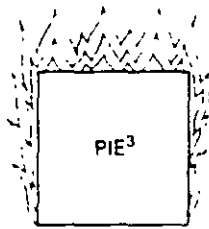


FIGURA A5-4



GAS NATURAL	950 A 1.150 BTU/PIE <sup>3</sup>
PROPANO	2.500 BTU/PIE <sup>3</sup>
BUTANO	3.200 BTU/PIE <sup>3</sup>

FIGURA A5-5 Contenido de calor cuando se quema

AIRE PARA COMBUSTION  
EN RELACION AL GAS

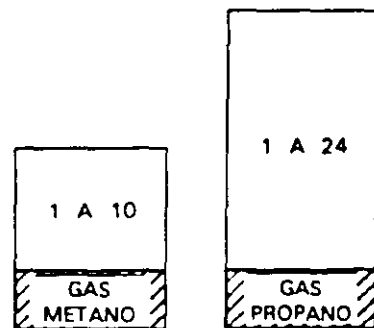


FIGURA A5-7

rolla una fuga en una tubería de gas, el gas natural subirá mientras los gases LP no lo harán, formando charcos y creando un riesgo si hay llama abierta presente. La gravedad específica también afecta el flujo de gas en las tuberías de suministro y la presión necesaria para mover el gas.

El *poder calorífico* de un gas es la cantidad de calor liberada cuando se quema completamente un pie cúbico del gas (figura A5-5). El gas natural (el cual es en gran parte metano) tiene un poder calorífico de cerca de 950 a 1.150 Btu por pie cúbico. El propano tiene un poder calorífico aproximadamente de 2.500 Btu/pie<sup>3</sup> y el butano cerca de 3.200 Btu/pie<sup>3</sup>. La tasa horaria de calefacción es por consiguiente el número de pies cúbicos quemados por el poder calorífico. Por ejemplo Si un horno quema 75 pies<sup>3</sup> de gas natural en una hora y el poder calorífico es 1.000 Btu/pie<sup>3</sup>, la *adición* total de calefacción es 75 × 1.00 = 75.000 Btu/h. El aprovechamiento real depende de la eficiencia operativa del horno. Los valores exactos de poder calorífico de gases en un área en particular pueden obtenerse de la compañía de gas o del distribuidor de gas LP. El propano es el gas LP principalmente usado en calefacción doméstica. El butano tiene más aplicaciones agrícolas e industriales.

La combustión y la ventilación son elementos muy importantes que deben ser entendidos por los técnicos. La combustión (figura A5-6) tiene lugar cuando se queman combustibles en presencia del aire. El gas metano se combina con el oxígeno y el nitrógeno presentes en el aire y la reacción de combustión resultante produce calor y sus productos como: dióxido de carbono, vapor de agua y nitrógeno. *Por cada pie cúbico de gas metano se necesitan 10 pies cúbicos de aire para completar la combustión* (figura A5-

7). Aunque el gas natural requiere una razón de aire de 10 a 1, los combustibles LP requieren mucho más debido a la concentración de carbono y átomos de hidrógeno. La combustión de LP debe tener más de 24 pies<sup>3</sup> de aire por pie cúbico de gas para mantener una combustión apropiada.

Los subproductos llamados *productos de combustión*, deben ser extraídos al exterior. La renovación insuficiente de aire puede producir riesgos peligrosos. Si se suple muy poco oxígeno, parte de los subproductos será el peligroso monóxido de carbono (CO) en lugar del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el cual es inofensivo. En segundo lugar, la carencia de aire de renovación hace que haya una acción pobre de extracción de gases de combustión y que se queden dentro del cuarto y el monóxido de carbono en un área habitable es un serio problema. Las recomendaciones específicas sobre ventilación y aire de renovación se verán posteriormente, pero recuerde, en la combustión la ventilación es muy importante.

Hay un excelente manual titulado *Fundamentos de la combustión de gas* preparado por AGA (American Gas Association), 1515 Wilson Boulevard, Arlington, Virginia 22209, el cual cubre combustión y el diseño de quemadores, su operación y su mantenimiento. Este autor lo recomienda para todo aquel que desee especializarse en calefacción por gas.

===== A5-14  
===== **Energía eléctrica**

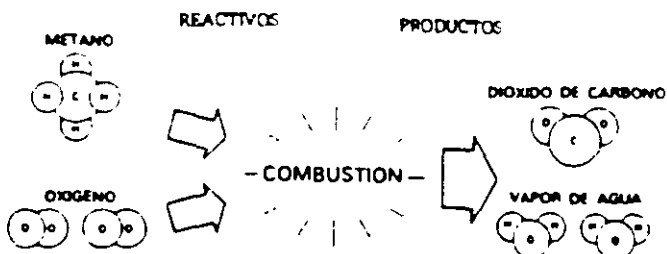


FIGURA A5-6

El crecimiento de la calefacción eléctrica vino inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial y halló su principal uso en áreas de potencia pública barata tal como el TVA (Tennessee Valley Authority) y la costa noroeste en el Pacífico. En ambas situaciones, el costo de la potencia y el clima de invierno fueron favorables para usar calefacción eléctrica. Al final de la década del 50, cuando llegó a ser aparente el crecimiento en la utilización de aparatos domésticos en casas privadas y sobre todo la adición de grandes cargas de enfriamiento en verano, las plantas eléctricas y los productores de calefacción empezaron a promover la calefacción eléctrica para balancear la carga de

VALORES CALORIFICOS DE  
RESISTENCIA ELECTRICA



1 WATT = 3.4 BTU  
1 KILOWATT = 3.400 BTU  
1 KILOWATT/H = 3.400 BTU/H

FIGURA A5-8

invierno. Programas especiales de promoción como "viva mejor eléctricamente", "casa eléctrica total", etc., fueron introducidos en los años 60 y el mercado se desarrolló rápidamente. La situación a mediados de la década del 70 cambió algo debido a mayores costos de generación de potencia, los cuales fueron trasladados al consumidor. También, el gobierno federal exigió que el uso de programas especiales de promoción fuera suspendido, sin embargo, aun con éstos obstáculos el uso de la calefacción eléctrica continúa creciendo, debido a la disponibilidad, conveniencia y otras consideraciones. Con la construcción de más y más estaciones nucleares de generación, el costo de la potencia puede estabilizarse y puede aún empezar a disminuir en el futuro.

El poder calorífico de la resistencia eléctrica es fácil de calcular y recordar (figura A5-8). Por cada vatio de potencia consumido, 3.4 Btu de calor serán generados. La calefacción con resistencia es 100% eficiente, no hay pérdidas como las experimentadas en los procesos de combustión de gas y aceite. Las ratas eléctricas son medidas en kilovatios (un kilovatio es mil vatios). Por consiguiente, consumir un kilovatio en una hora se llama un kilovatio-hora. Y si la relación de calor es 3.4 Btu/h, por vatio, entonces un kilovatio-hora de calefacción con resistencia eléctrica producirá 3.400 Btu.

Esta discusión de calefacción con resistencia eléctrica no incluye la bomba de calor. Su ciclo único reversible de refrigerante puede producir calefacción con razones de eficiencia de 1 de entrada a 3 de salida bajo condiciones ideales y 1 a 2 o 2.5 bajo condiciones normales. Esto significa que por cada unidad de electricidad introducida se producen de 2 a 2.5 unidades de calor, las cuales son mayores que la relación de 1 a 1 para el calor con resistencia directa. La operación de bombas de calor se explicará más completamente bajo capítulos posteriores, pero a causa de su habilidad para producir calefacción y enfriamiento mediante energía eléctrica, son factores vitales en los desarrollos futuros.

Sin entrar en una "batalla de los combustibles", cubriremos los tipos más comunes de equipo de calefacción que usan gas, aceite y energía eléctrica y trataremos de establecer las ventajas y desventajas de cada uno.

Es común para todos los tipos de aparatos de calefacción vendidos en Estados Unidos la necesidad de ser aprobados, certificados o listados por las agencias reguladoras apropiadas.

AGA (American Gas Association) establece las nor-



FIGURA A5-9 Sello AGA (Cortesía de American Gas Association)

mas mínimas de construcción, seguridad y comportamiento para el equipo de calefacción a gas. AGA mantiene laboratorios para examinar y probar hornos y también mantiene un servicio de inspección de campo. Los hornos sometidos y encontrados de acuerdo a las normas se listan en el directorio AGA; también ostentarán el sello de la estrella azul de certificación (figura A5-9).

El equipo de calefacción con aceite y los productos de calefacción eléctrica están sujetos a examen y aprobación de UL (Underwriters Laboratories Inc.). La mayoría de nosotros estamos familiarizados con la estampilla UL (figura A5-10) la cual aparece en todo, desde tostadores a inantías eléctricas, pero UL también está profundamente involucrada en la aprobación y listado de equipo de calefacción y aire acondicionado, aunque se trate de grandes máquinas centrífugas de 100 toneladas y más. Los códigos locales y los inspectores se guían por las normas UL y no ajustarse a ellas puede ser costoso para el productor e instalador. Underwriters Laboratories mantienen aparatos de prueba para ciertos tipos de productos. Ellos a menudo realizan las pruebas necesarias en la planta del fabricante.

Los fabricantes que venden sus productos en Canadá buscan las aprobaciones de CSA (Canadian Standards Association). CSA es la contraparte canadiense a UL. Así si usted ve el símbolo CSA (figura A5-11) sobre un producto podrá reconocer su significado.



FIGURA A5-10 Sello UL (Cortesía de Underwriters Laboratories, Inc.)



FIGURA A5-11 Sello CSA (Cortesía de Canadian Standards Association.)



**CALENTADORES DE ESPACIO**

## A5-2.1

**Gas y aceite**

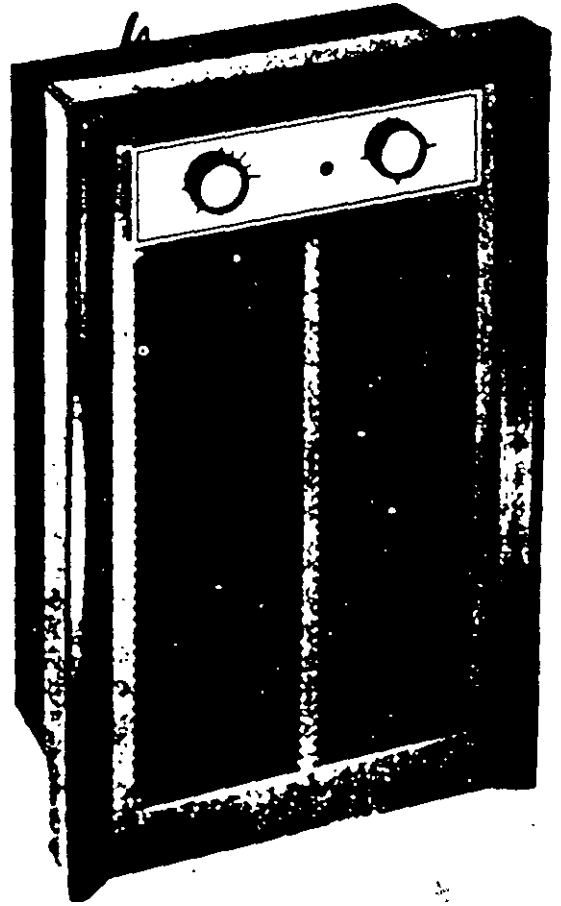
*Calentador de espacio* es un término general aplicado a calentadores para cuarto, hornos de pared y hornos para pisos, que quemen combustibles de aceite y gas.

Un calentador de cuarto (figura A5-12) es un aparato autocontenido, no empotrado, que quema gas o aceite, para calentar aire y se instala en el espacio a ser calentado y no necesita ductos. Un calentador de cuarto puede tener circulación por gravedad o mecánica y ser ventilado o no ventilado. Si es no ventilado el suministro de gas no debe exceder 50.000 Btu/h. A causa de que los calentadores de cuarto no ventilados descargan sus productos de combustión en el espacio que está siendo calentado y obtienen su aire de combustión en el mismo espacio, es importante que se utilice en cuartos bien ventilados. AGA y muchos códigos locales prohíben su uso en espacios públicos como hoteles, moteles, o instituciones tales como enfermerías y sanatorios. Esta forma de calefacción es de bajo costo pero deja mucho que desear en el control del confort.

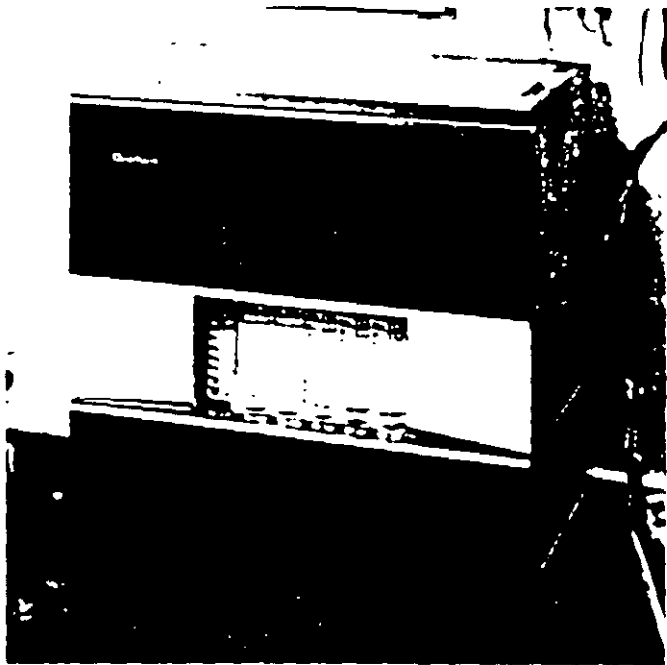
Los hornos de pared (figura A5-13) son también aparatos autocontenidos ventilados con rejillas o su equivalente, diseñados para incorporación dentro o permanente colocados a una pared o partición. Suministran aire caliente, circulado por gravedad o por ventilador, directamente al espacio. La ventilación es usualmente lograda por un sistema de ventilación integral en la pared exterior, aunque

algunos tienen ventilación vertical opcional a través del techo.

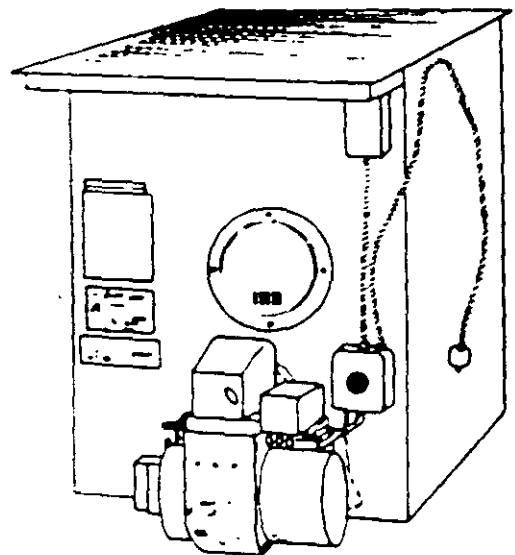
Los hornos de piso (figura A5-14) son unidades también completamente autocontenidas, diseñados para ser ins-



**FIGURA A5-13** Calentador para insertar en la pared (Cortesía de Gould, Inc.)



**FIGURA A5-12** Calentador de cuarto ventilado (Cortesía de Dearborn Stove Company)



**FIGURA A5-14** Horno de piso

talados en el piso del espacio a ser calentado y toman aire de combustión del exterior del espacio habitable. El usuario puede observar la unidad y su encendido. Los hornos de piso han sido muy populares en el sur para casas de bajo costo; el entrepiso de la casa se usa como la fuente de aire exterior y acceso para el servicio. El flujo de aire puede ser por gravedad o por circulación con ventilador dentro del cuarto. Su ancho se diseña para que se ubique entre los espacios estructurales, con suficiente tolerancia para proveer protección de los productos de combustión. La extracción de los productos combustibles. La extracción de conductos apropiados al exterior *no* a través del entrepiso. Los hornos de piso son una mejora en relación a los calentadores de espacio en el sentido de que no ocupan espacio utilizable, sin embargo, la circulación del aire tibio con este tipo de horno deja mucho que desear.

La selección y aplicación de calentadores de espacio con aceite y gas no es realmente un arte técnico y en la mayoría de los casos es el resultado de una recomendación de un representante de muebles, o de un almacén de menudeo. La operación y servicio de los calentadores de espacio es relativamente simple; así, un técnico que entiende el resto de este libro, que trata con productos más complejos puede fácilmente manejar este tipo de equipo.

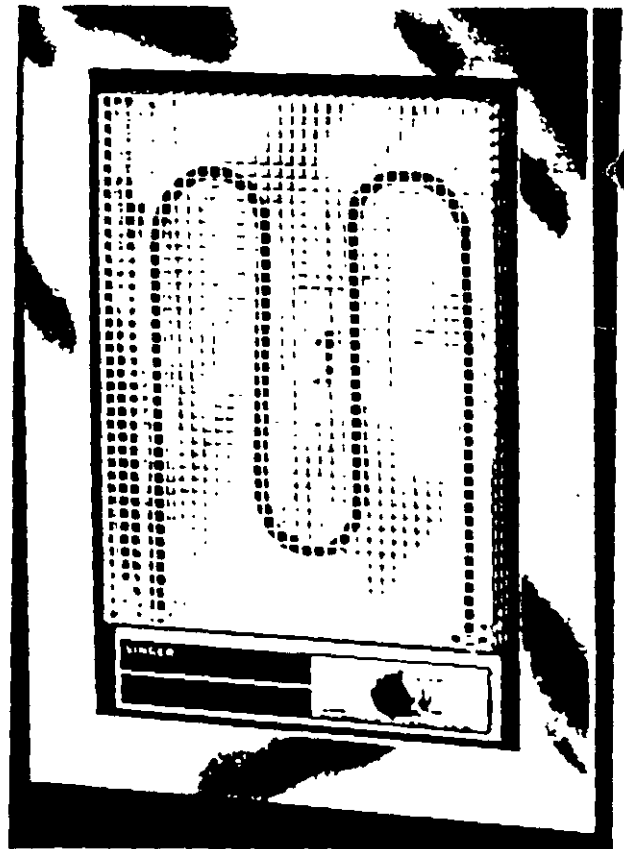
===== A5-22  
 ===== **Calentamiento eléctrico del espacio**  
 =====

Los calentadores radiantes para uso residencial se consiguen en varias formas. La variedad más popular es la que se monta en la pared (figura A5-15) que puede montarse empotrada o sobre la superficie. De sólo dos pulgadas de profundidad, tiene un elemento calefactor incorporado con un reflector de calor altamente pulido detrás. Un termostato controla automáticamente la temperatura. Estos calentadores son excelentes para baños y calefacción localizada en cuartos de trabajo, salas de juego, etc. Los tamaños varían de 500 a 1,000 vatios (1,700 a 3,400 Btu/h) y viene para operación a 120, 208 o 240 V. El servicio es fácil usualmente se trata del cambio de un termostato o elemento calefactor defectuoso.

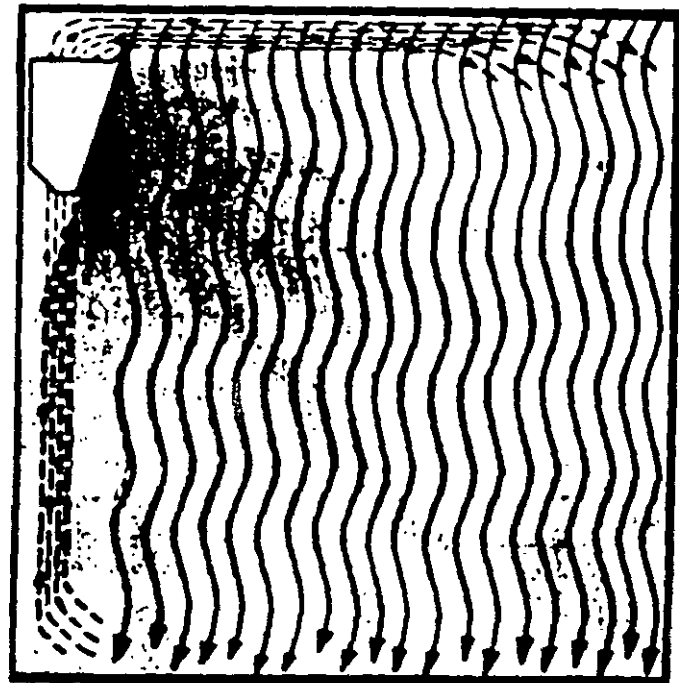
Otra variedad de calentador es el calentador radiante de embovedado (figura A5-16), el cual toma ventaja del movimiento convectivo del aire que se produce cuando la temperatura del cuarto sube por efecto de la radiación. La potencia va de 450 a 900 V, con diversos voltajes.

Los calentadores de radiación de panel en el cielorraso (figura A5-17) son igualmente útiles en edificios comerciales o residenciales. Se colocan fácilmente a las viguetas del cielorraso o se cuelgan en el cielorraso suspendido. Los tamaños del panel se hacen conforme a las dimensiones estándar de los materiales para cielorraso para que se ajusten fácilmente a éste.

Otra forma de calentador radiante montado en el cielorraso es el de diseño de rejilla redonda (figura A5-18). Frecuentemente este tipo se usa con un interruptor de pared temporizador o un termostato montado en la pared. Se adapta a los accesorios de salida estándar.

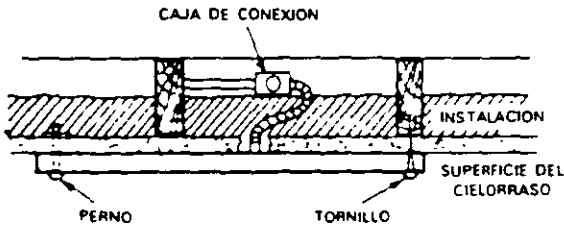


**FIGURA A5-15** Calentador radiante de pared (Cortesía de Singer Company)

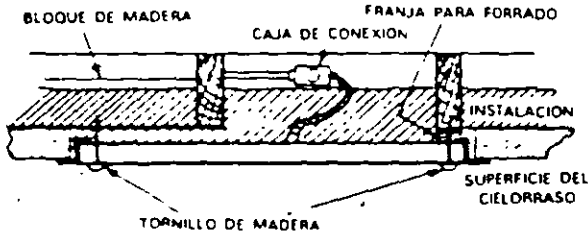


**FIGURA A5-16** Calentador radiante de embovedado (Cortesía de Federal Pacific Electric Company)

MONTADO EN LA SUPERFICIE



EMPOTRADO



MONTADO EN CIELORRASO SUSPENDIDO

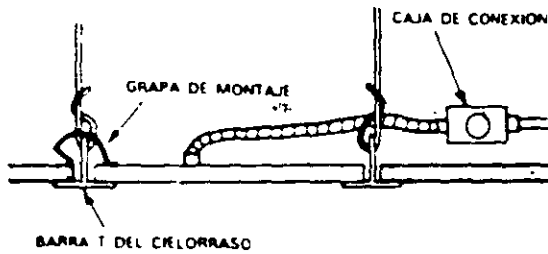


FIGURA A5-17 Calentadores radiantes de panel en el cielorraso. (Cortesía de Federal Pacific Electric Company.)

Comercialmente, hay un amplio rango de lámparas calentadoras infrarrojas para aplicaciones de calefacción localizada interior o exterior (figura A5-19). Típicamente, se usan en plantas industriales, hangares de aviación, garajes, etc., en donde la calefacción convectiva del aire no es factible. También pueden encontrarse bajo caminos de en-

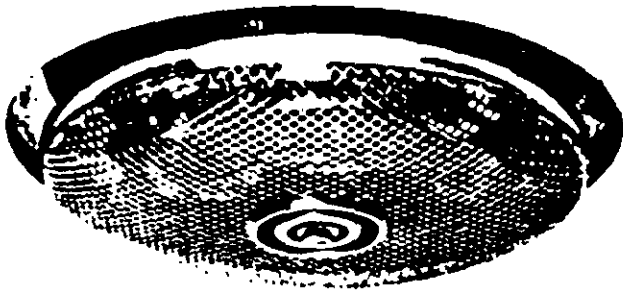


FIGURA A5-18 Calentador de cielorraso (Cortesía de Standard Refrigeration Company.)

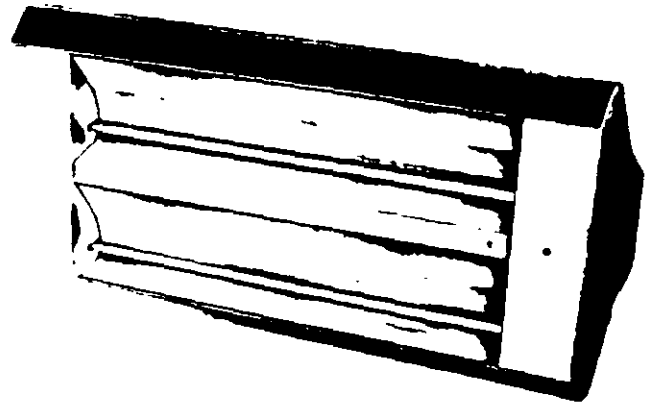


FIGURA A5-19 Calefactor de lámpara infrarroja (Cortesía de C P E - Electric Heat.)

trada cubierta a hospitales, almacenes, etc., para fundir hielo y nieve. Su control es por interruptor manual más bien que por termostato.

Los calentadores de aire forzado añaden un poco de confort al espacio calentado eléctricamente. En casas y oficinas los modelos empotrados (figura A5-20) combinan estilo con la circulación forzada de aire, resultando en un control más firme de la temperatura del cuarto. La mayoría son montados en paredes pero también existen modelos para colocar en el cielorraso si la instalación en la pared no

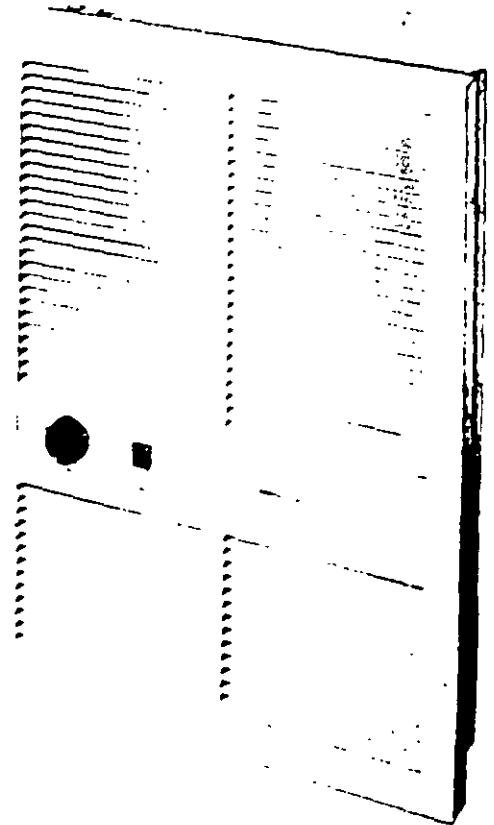
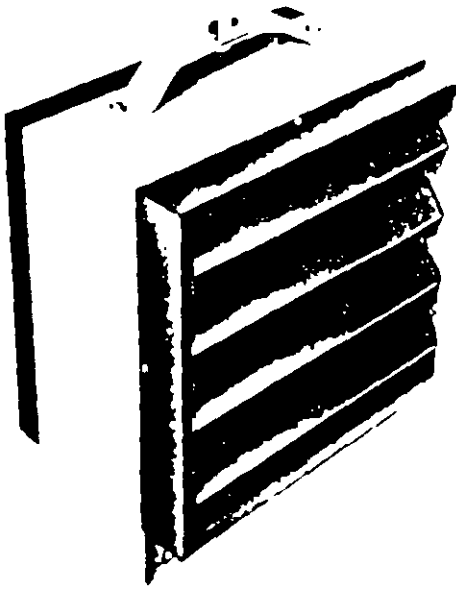


FIGURA A5-20 Calentador de aire forzado, para pared. (Cortesía de Federal Pacific Electric Company.)

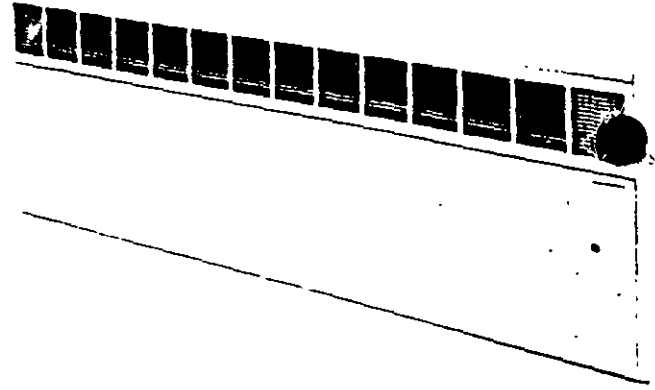


**FIGURA A5-21** Calentador suspendido con aire forzado (Cortesía de Federal Pacific Electric Company)

es práctica. Hay también calentadores de espacio para uso en instalaciones de cocina. Las unidades montadas en la pared van hasta 3,000 W (10,240 Btu/h).

Las unidades calentadoras suspendidas, con ventilador forzado (figura A5-21), son las más funcionales, siendo usadas en casas (garajes, cuartos de trabajo, salas de juego, etc.), donde gran capacidad y circulación positiva del aire es importante, asimismo establecimientos comerciales e industriales de toda clase. Pueden suspenderse de manera vertical u horizontal con varias opciones de control tales como el interruptor de pared únicamente, termostatos, temporizadores. Las capacidades generalmente varían de 3 kW a 12 kW y aun más rejillas de descarga pueden colocarse para regular el movimiento del aire. La construcción pesada de este tipo de calentador lo hace apto para aplicaciones comerciales.

Los calentadores de espacio tipo cabina (figura A5-22)

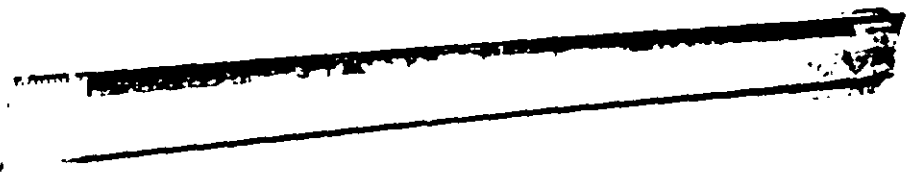


**FIGURA A5-22** Calentador de espacio cabina (Cortesía de Federal Pacific Electric Company)

se encuentran en salones de clase, corredores, vestíbulos y áreas similares de edificios comerciales e institucionales en donde no se considera enfriamiento. Los elementos de calefacción van hasta 24 kW y los ventiladores son usualmente de tipo centrífugo con gran caudal de aire y bajo ruido. Las cabinas tienen previsto entradas de aire exterior en donde el uso y/o los códigos locales requieren aire de ventilación mínima. La operación del damper de entrada del aire exterior puede ser manual o automática. Los sistemas de control pueden ser para operar una sola unidad o una zona con múltiples unidades, desde una estación central de control.

El calentador eléctrico de espacio más frecuentemente usado en el modelo convectivo de zoclo o rodapié (figura A5-23), que ha sido instalado en millones de casas, oficinas y también en incontables edificios comerciales. Un corte a través del calentador muestra un flujo convectivo de aire a través de un elemento calentador con tubo aleteado. El contorno de la carcasa provee movimiento del aire tibio lejos de las paredes manteniéndolas más frías y más limpias.

Es importante que no se obstruya el flujo de aire ya que puede producirse sobrecalentamiento, asimismo es importante que los tapetes no bloqueen la entrada de aire. La mayoría de las unidades de zoclo tienen incorporado una protección térmica de tipo lineal que evita el sobrecalentamiento. Si ocurre una obstrucción, el límite de seguridad para el flujo de corriente eléctrica lo apaga y prende hasta que la obstrucción es retirada. Los calentadores de zoclo vienen en longitudes de 2 a 10 pies en voltajes nominales de 120, 208, 240 y 277 V. La potencia estándar por pie es 250, al voltaje nominal. Pero puede obtenerse flujo de calor más bajo aplicando los calentadores a bajo voltaje. P



**FIGURA A5-23** Calentador para zoclo (Cortesía de Federal Pacific Electric Company)

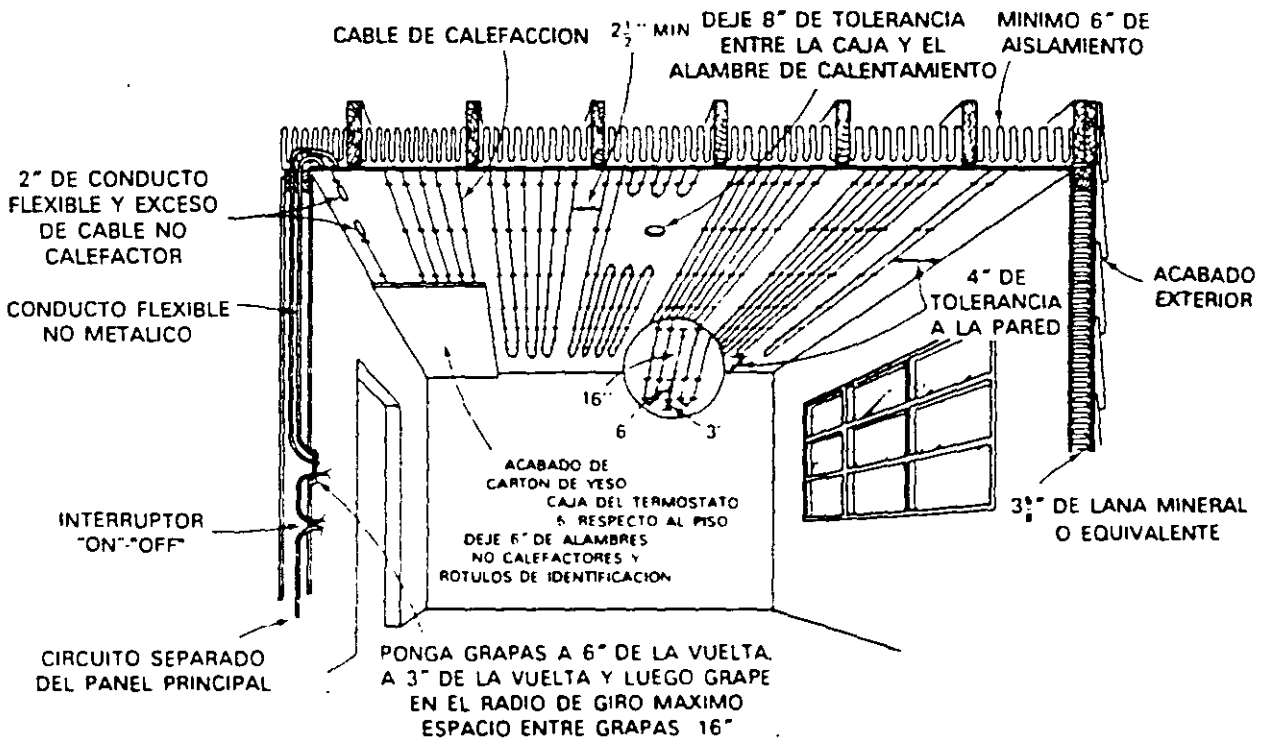


FIGURA A5-24 Cable eléctrico para calefacción (Cortesía de Singer Company)

STANDARDS PUBLICATION/NO. NE 1-1974

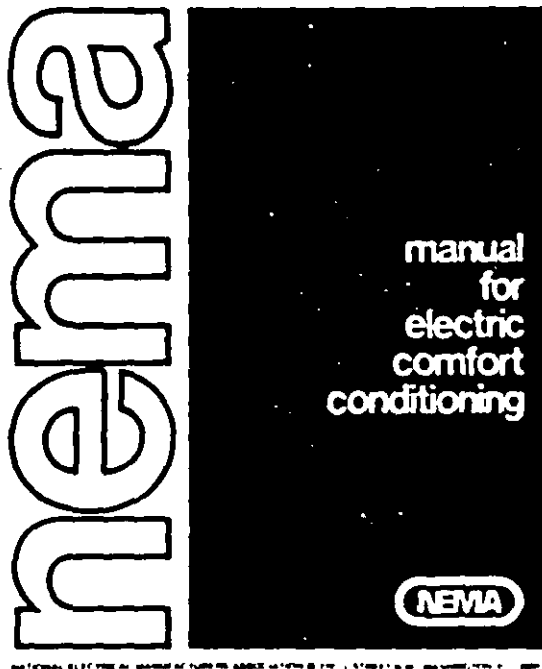


FIGURA A5-25 (Cortesía de National Electrical Manufacturers Association)

elemento calefactor a 187 W por pie. La baja densidad es preferida generalmente por los ingenieros y se recomienda para mayor confort. Los controles pueden incorporarse en el calentador de zócalo o con un termostato montado en la pared. Hay disponibles accesorios tales como cajas de esquina, salidas eléctricas y otras para acondicionadores de aire. Los calentadores de zócalo vienen con pintura como acabado, pero pueden repintarse para adaptarse a la decoración del cuarto.

El cable eléctrico para calefacción radiante (figura A5-24), fue uno de los métodos más populares de calefacción en los comienzos de esta tecnología. Es una fuente invisible de calor y no interfiere con la colocación de cortinas o muebles. La fuente de calor se distribuye parejamente en todo el área del cuarto. Puede instalarse dentro de cielorrasos de estuco o yeso. El alambre se sostiene con cinta en su lugar hasta que la capa de estuco o el repello se apliquen. Un termostato de pared controla la temperatura del espacio.

Una importante asociación de la industria de calefacción eléctrica es NEMA (National Electrical Manufacturers Association), la cual no solamente publica manuales sobre cálculo de cargas de calefacción eléctrica (figura A5-25) sino que provee normas para la operación de equipos de zócalo.

Esta discusión sobre el equipo de cuarto para calefacción del espacio cubre una amplia sección de este tipo de equipo para calefacción en invierno. No se han mencionado todos los modelos individuales pero lo que se ha discutido es representativo de la industria. Las ventas de los calentadores de espacio totalizan muchos millones de dólares y son importantes para ciertas fases de los requerimientos comer-

ejemplo, un calentador de 4 pies, de 1,000 W a 240 V, cuando se conecta a 208 V producirá cerca de 750 W. La mayoría de los fabricantes ofrecen estos modelos de capacidad reducida (baja densidad) simplemente cambiando el

ciales y residenciales. Sin embargo, hay un punto importante que debe considerarse —los calentadores de espacio no son diseñados para la adición de enfriamiento y ofrecen poco o ningún control de humedad y filtrado y únicamente limitada circulación de aire. Por consiguiente en términos de su contribución al confort total, debemos concluir que proveen un objetivo mínimo: únicamente calefacción.

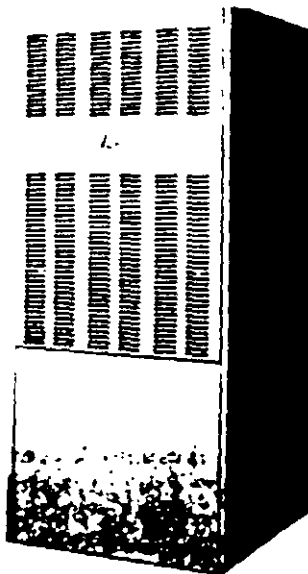
===== A5-3  
**CALEFACCION EN  
 INVIERNO—SISTEMA DE HORNO CON  
 GAS Y AIRE FORZADO**

El más popular sistema central de calefacción es el horno de gas con aire forzado. En 1979 más de 2.3 millones de unidades fueron encendidas. A causa de la diferencia en los tipos de casa, métodos de construcción y sistemas de distribución de aire, se necesitan diversas formas de este sistema.

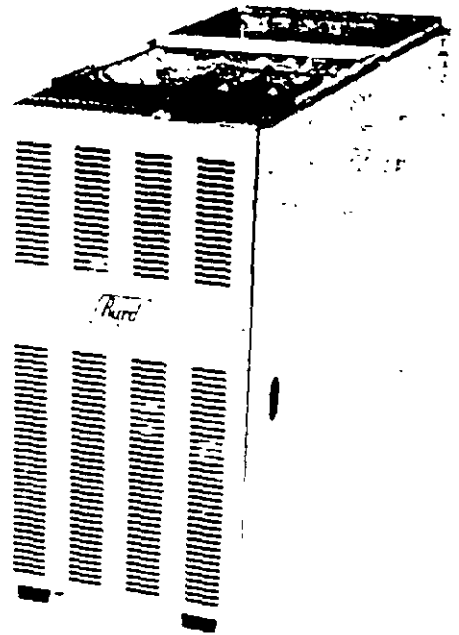
===== A5-3.1  
**Tipos de hornos**

Los hornos pueden catalogarse en cuatro estímulos: flujos hacia arriba, hacia abajo, de contraflujo y horizontal.

El de flujo hacia arriba (figura A5-26) es el más popular. Su poco ancho y profundidad permite localización en closets de primer piso y cuartos de servicios. Sin embargo, puede usarse en la mayoría de las aplicaciones de sótano para calefacción únicamente o con serpentines de enfriamiento donde la altura del cuarto lo permite. Los ventiladores son generalmente de múltiple velocidad. La toma del aire puede ser por los lados o por el fondo.



**FIGURA A5-26** Calefactor alto de flujo ascendente (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

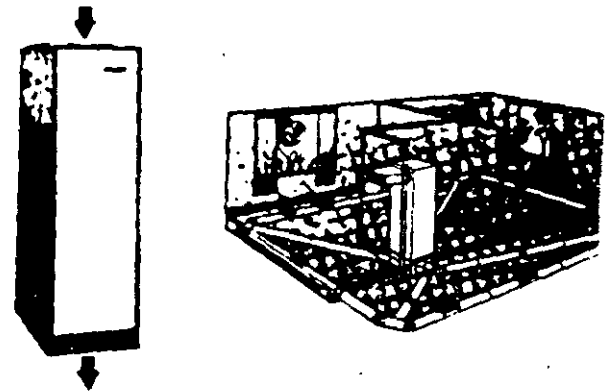


**FIGURA A5-27** Calefactor bajo (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

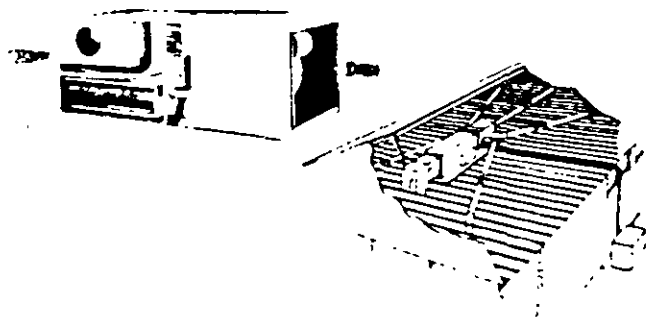
Los hornos bajos (figura A5-27) se construyen de poca altura y son opción necesaria donde la altura del cuarto es mínima. Estos hornos tienen alrededor de cuatro pies de alto, facilitándose por tanto su instalación en un sótano. Los ductos de retorno y suministro están en la parte superior para fácil colocación. Los ventiladores son principalmente accionados con bandas. Se venden también como equipo de remplazo en casas antiguas.

El de contraflujo o flujo hacia abajo (figura A5-28) es similar en diseño y estudio de flujo hacia arriba, excepto que la toma de aire y el ventilador están en la parte superior y la descarga en el fondo. Estos se usan ampliamente donde los sistemas de ductos se colocan en concreto o en un subsótano debajo del piso. Cuando se monta en un combustible, se requieren bases adicionales. Un límite de control de seguridad es también usado.

El cuarto tipo es el horno horizontal (figura A5-29) el cual es adaptable para instalación en espacios de sub-



**FIGURA A5-28** Horno de contraflujo. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)



descarga en el otro. Los quemadores son usualmente cambiables en el campo. La figura A5-30, es un dibujo compuesto de una instalación de horno típica.

A5-32  
Capacidades de hornos

Los hornos de gas y aún los calentadores de espacio a gas, tienen su capacidad dada en Btu/h de consumo por AGA. La salida es una función del diseño de cada horno en particular, pero es una práctica común asumir 80% de eficiencia. Por consiguiente, un horno con capacidad de 100,000 Btu/h de entrada tendrá una salida de 80,000 Btu/h.

Naturalmente, al seleccionar un horno para satisfacer la carga de calor, basaremos nuestra recomendación en la

FIGURA A5-29 Horno horizontal (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

nos, áticos o sótanos debido a su baja altura. No requiere espacio del piso. La toma de aire es en un extremo y la

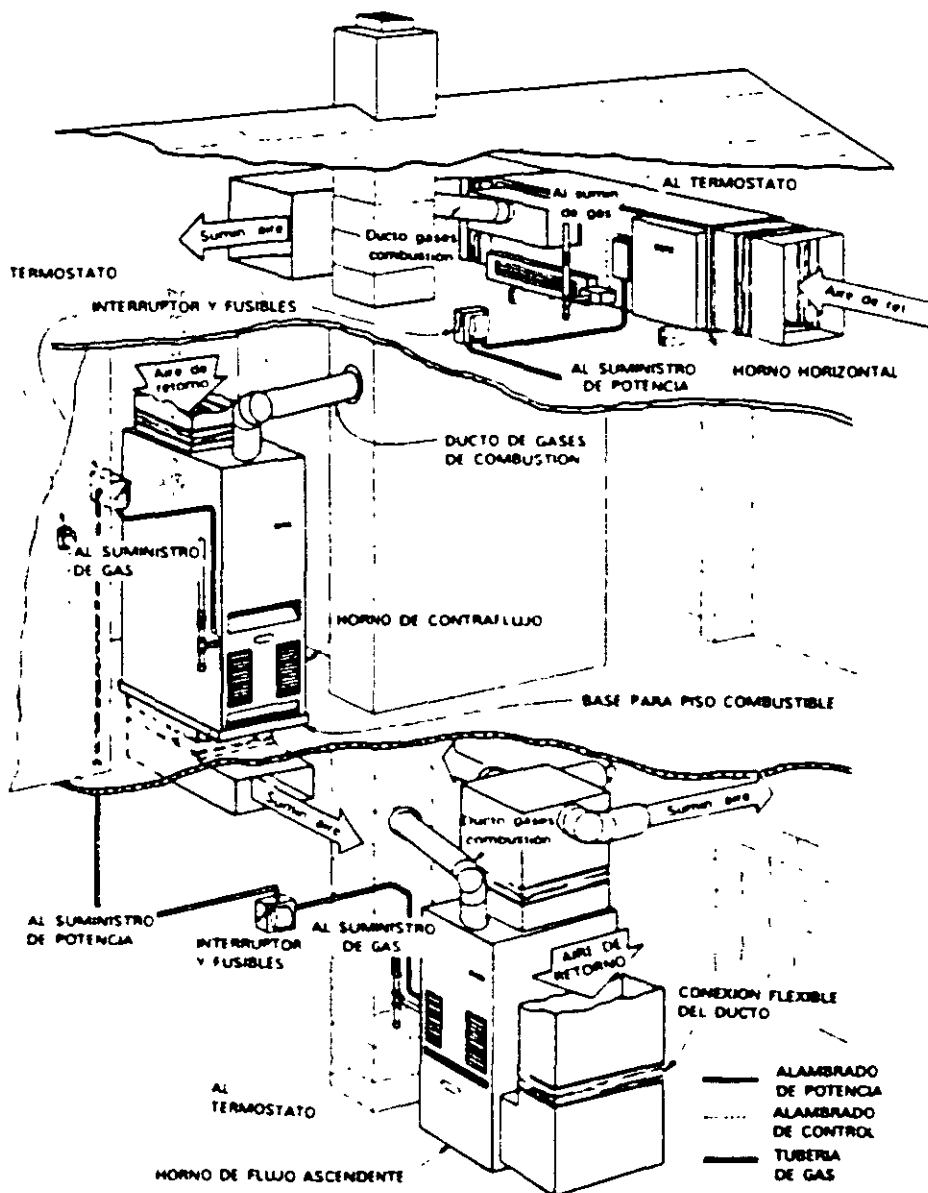


FIGURA A5-30 (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

salida establecida en las especificaciones del productor. Esto es cierto para todos los gases: natural, manufacturado, mezclado y LP. Los hornos de aceite, de otro lado, son probados y evaluados en su capacidad por UL.

===== A5-33  
===== Diseño básico de horno

En su forma más simple la sección de un horno de gas con flujo hacia arriba para calentar aire (figura A5-31) consiste de una cabina, un intercambiador de calor, un conjunto quemador, un ventilador para mover el aire sobre el intercambiador de calor, un filtro de aire, un sistema de extracción de gases y los controles necesarios para operación y seguridad. Examinemos cada uno

**Intercambiador de calor:** El intercambiador de calor típico para un horno de gas (figura A5-32) se hace de dos láminas de acero formado o estampado, las cuales luego se sueldan para construir una sección. Estas secciones son luego colocadas por la parte superior e inferior y soldadas en posiciones fijas. El número de secciones depende de la capacidad última. La mayoría de los fabricantes estima cerca de 25,000 a 40,000 Btu/h por sección. Así, un horno de 100,000 Btu/h tendrá 4 secciones. El intercambiador de calor se hace de acero de calibre pesado y luego se acaba con recubrimiento protector para ayudar a evitar corrosión con la condensación que ocurre en el proceso normal de combustión. Note los contornos en las superficies de las secciones. Esto es para crear turbulencia de aire para mejor transferencia de calor, en el exterior y en el interior.

**Quemador:** El conjunto del quemador que se coloca en las aperturas inferiores del intercambiador de calor se dimensiona y diseña para producir la cantidad de calor correcta, el perfil de llama y el efecto de los gases de combustión para una combustión eficiente del gas. La figura A5-33, es una sección de un quemador atmosférico típico. (Los quemadores de potencia no se usan en trabajo residencial.) El gas es conectado con tubería desde el medidor al horno y entra a la cavidad del quemador a través de la boquilla, la cual tiene un orificio taladrado con precisión para medir la cantidad correcta de gas. Este gas sale por sí mismo al venturi del quemador y de la física básica sabemos que una presión negativa o vacío se produce detrás del chorro de gas. El *aire primario* se introduce por este efecto dentro del tubo donde se mezcla con gas y forma una mezcla de presión positiva, lista para salir a través de los orificios del quemador. Cuando la mezcla sale de los orificios es encendida por un aparato piloto y se establece la llama. En una discusión previa notamos la importancia del aire para la combustión. Cerca de la mitad del aire se necesita como *aire primario*, pero con el fin de expeler los productos de combustión, es necesaria una fuente de *aire secundario* para ayudar a crear un buen efecto de chimenea. Este *aire secundario* a través de aberturas en el quemador es controlado con deflectores incorporados al intercambiador de calor. El *aire primario* se

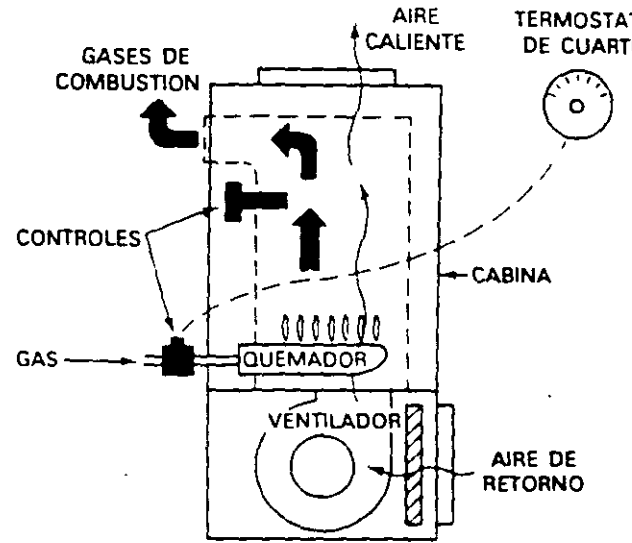


FIGURA A5-31 Horno de gas con flujo hacia arriba para calentar aire



FIGURA A5-32 Cambiador de calor. (Cortesía de Addison Products Company.)



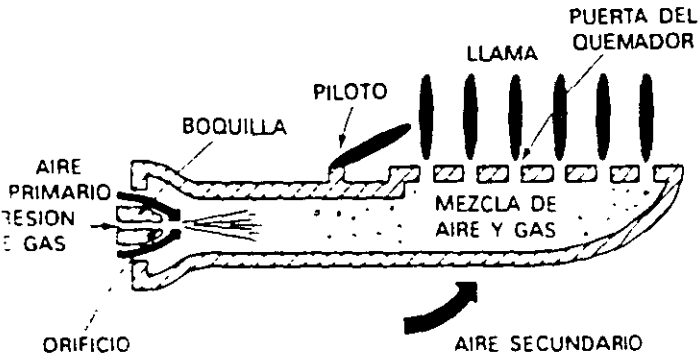


FIGURA A5-33 Sección de quemador:

controla con boquillas de aire (figura A5-34) que a veces pueden verse por el extremo del quemador. Girando las boquillas se abre o se cierra el venturi controlando la cantidad de aire primario inducido. Con un chorro de gas fijo se puede variar así las características de la llama, para mayor eficiencia de la combustión. La construcción, operación y ajuste del quemador se describe con más detalle en el capítulo A14.

**Piloto:** Note en la figura A5-35 la existencia de una boquilla piloto ubicada en el tubo principal del quemador. Su función es llevar llama a cada uno de los principales quemadores. La alineación de estos pilotos es muy importante para una ignición positiva y suave. Si está fuera de línea, una ignición retardada puede crear ruido, posiblemente con suficiente fuerza para apagar el piloto.

El encendedor del piloto y la llama (figura A5-36) son alimentados con gas desde la válvula principal de gas (que se discute posteriormente) con una pequeña línea de  $\frac{1}{8}$  pulg. Tiene incorporado un sensor de termopar que cuando se calienta produce un pequeño voltaje milivolt, que se dirige a la válvula de gas, para actuar un operador magnético. El ajuste de la llama debe dar una llama suave, estacionaria, que envuelva de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  pulg de la punta del termopar, el cual alcanzara un color rojo mate. La llama debe estar correctamente posicionada para suplir la ignición a lo largo de todos los quemadores.

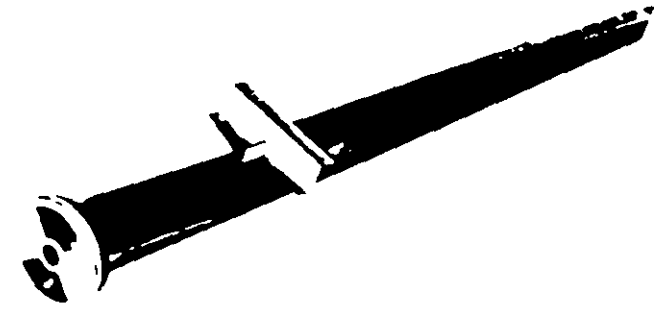


FIGURA A5-35 Quemador y piloto (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

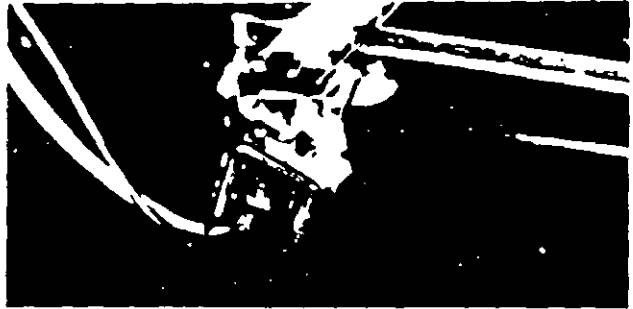


FIGURA A5-36 Llama piloto (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

**Válvula principal de gas:** Aunque el control de la llama principal se logra ajustando las boquillas del quemador, el flujo de gas se controla mediante el uso de una válvula de combinación de gas (figura A5-37) que realiza múltiples funciones. Las válvulas de varios fabricantes pueden diferir, pero todas realizan esencialmente las mismas funciones:

1. Control manual para ignición y operación normal.
2. Suministro al piloto, ajuste y parada de seguridad.
3. Regulación de presión del gas en el quemador.
4. Válvula solenoide abrir-cerrar, controlada por el termostato del cuarto.

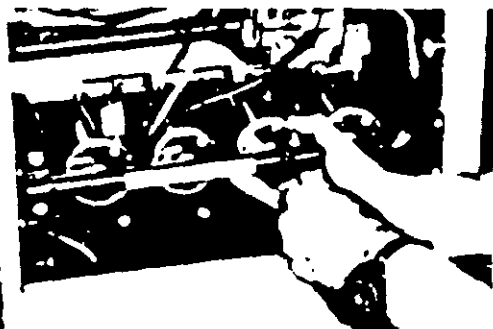


FIGURA A5-34 Ajuste del aire primario (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)



FIGURA A5-37 Válvula de gas combinada. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

La función de las válvulas de control de gas se describe en el capítulo A10.

**Ventilador:** Otro componente mayor de nuestro horno es el ventilador (figura A5-38), el cual provee la energía para distribuir aire acondicionado al espacio habitado. La mayoría de los hornos residenciales usan un ventilador centrífugo de doble entrada. El accionamiento directo es posible donde el motor es montado dentro del caracol del ventilador y su eje se conecta directamente al rotor del ventilador. La velocidad del ventilador entonces es la misma del motor. La mayoría de los ventiladores de accionamiento directo tienen motores de velocidad variable para ajustar los cfm. Los modelos de horno más grandes a menudo emplean accionamiento con correas donde el ajuste de los cfm puede variarse sobre un amplio rango mediante la relación de diámetro de las poleas.



FIGURA A5-38 Soplador: (Cortesía de Boro-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Los motores de velocidad variable están alambrados con terminales de velocidad de tal manera que las rpm puedan variarse bien sea en el motor o en una localización remota. Algunos productores usan aparatos de control de estado sólido para variar los cfm, dependiendo de las necesidades de invierno o verano o para compensar presiones adicionales en los ductos cuando se añada al sistema enfriamiento, humidificadores, limpiadores de aire y similares. Estos aparatos de estado sólido varían la velocidad del motor cambiando la frecuencia eléctrica de las ondas senoidales de la potencia de entrada.

**Cabina:** El elemento final de nuestro horno es la cabina en sí misma (figura A5-39). Su propósito primario, por supuesto, es soportar todos los componentes externos rigidamente; pero también deben proveer una apariencia razonablemente atractiva. Muchos hornos están instalados en áreas habitables, closets, cuartos de utilidad, etc., en donde son deseables una apariencia atractiva y un control de ruido. La cabina debe también incorporar importantes aspectos de seguridad; por ejemplo, mantener los niños fuera del área de combustión, presentar una temperatura superficial aceptable al tacto y proveer tolerancia apropiada de las superficies combustibles. El aire caliente que pasa sobre la superficie exterior del intercambiador de calor está naturalmente en contacto con la cabina. El aire caliente, más el calor radiante, produce una temperatura superficial que debe considerarse en los aspectos de seguridad del horno.

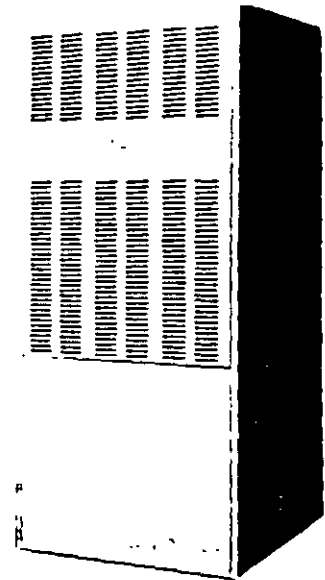


FIGURA A5-39 Gabinete: (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

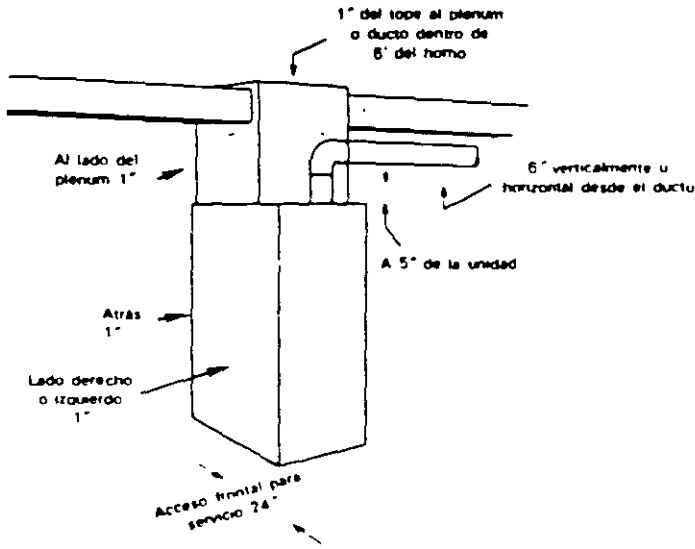
Esto luego conduce a una situación de tolerancia. Cuando los hornos a gas son aprobados y listados por AGA (American Gas Association), ellos se hacen con tolerancia mínimas aprobadas respecto a las superficies combustibles. Estas distancias son listadas en las instrucciones de instalación para cada modelo y sobre una placa en la cabina de horno. La figura A5-40 es una muestra de las tolerancias requeridas para un horno de flujo ascendente. Las distancias mostradas en la tabla de abajo son desde cualquier superficie a la cabina.

	Tolerancia pulg
Del tope al plenum	1
Del tope del ducto, dentro de 6 pies de la unidad	1
Del frente de la unidad	6
Horizontalmente desde la chimenea o campana de tiro	6
Verticalmente desde la chimenea o campana de tiro	6
De la parte trasera de la unidad	1
Del lado izquierdo	1
Del lado derecho	1
Del lado del plenum	1

Un acceso de servicio de 24 pulg debe proveerse en frente de la unidad. Es necesario cumplir estos estándares mínimos. Si éstos no son cumplidos, el riesgo de fuego y abolición de la cobertura del seguro son posibles.

Como se mencionó previamente, cuando un horno contraflujo se instala sobre un piso combustible, requiere del uso de una base de piso aprobada (figura A5-41). Se permite suficiente tolerancia para el paso plenum a través del piso en el caso de un problema sobrecalentamiento.

Cuando un entendimiento básico de la construcción del horno y la función de los componentes ir

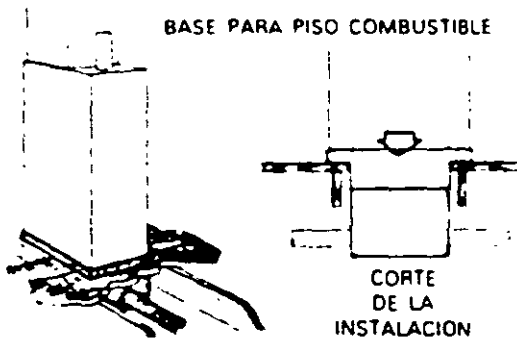


**FIGURA A5-40** Tolerancias de horno típicas (Cortesia de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

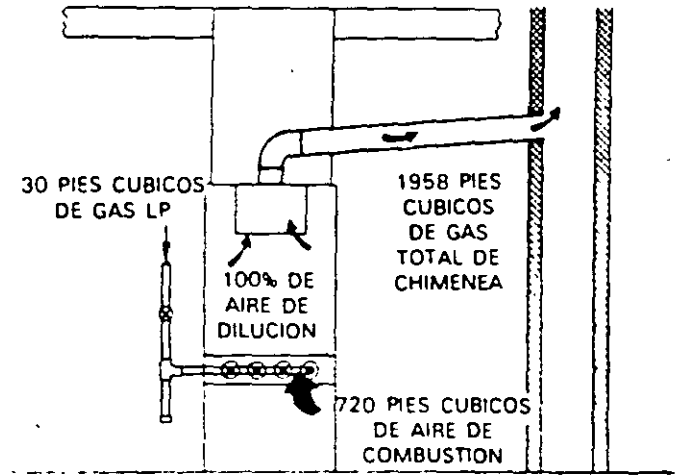
logrado, deben buscarse los datos de aplicación relacionados con esto; para que el horno no sea mejor que la instalación. Carencia de conocimiento o atención en estos elementos puede causar operación defectuosa o posiblemente riesgosa.

**Ventilación:** Otra consideración importante de las aplicaciones es el asunto de la ventilación adecuada de los gases de combustión. La función básica de ventilación a la que se conecta un calentador de gas es doble.

1. Tener un medio seguro y efectivo de impulsar los productos de combustión desde la caperuza de la chimenea hasta la atmósfera exterior sin contaminar el aire del recinto.
2. Tener la mecánica para producir y mantener un tiro, que succione el suministro de aire de repuesto al recinto en donde se encuentra el quemador.



**FIGURA A5-41** Quemador de contraflujo (Cortesia de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

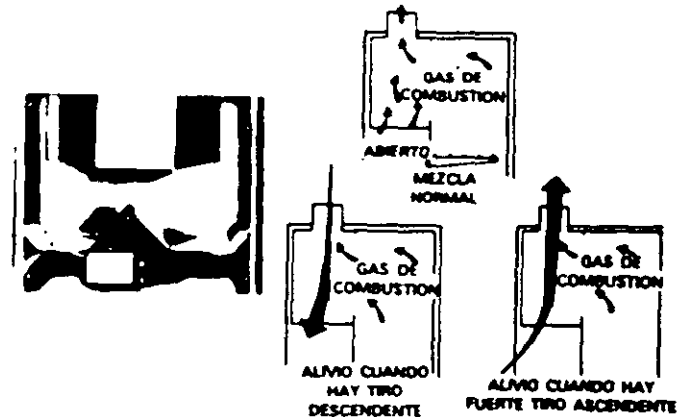


**FIGURA A5-42** Relación gas LP/aire (Cortesia de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Por ejemplo, un quemador de gas LP para 75,000 Btu/h (figura A5-42) quema 30 pies<sup>3</sup> de gas por hora. Si recordamos que el gas LP también necesita unos 24 pies<sup>3</sup> de aire por cada pie<sup>3</sup> de gas, para sostener la combustión, tenemos en total 720 pies<sup>3</sup> de aire. Cuando se queman esos dos volúmenes, el desprendimiento resultante de productos de combustión, más el 100% de exceso de aire que entra al divisor o desviador de tiro, hace que los gases totales por la chimenea sean 1440 pies<sup>3</sup>, más de 60 veces la cantidad de alimentación de gas. Un quemador de gas natural tendría aproximadamente la mitad de eso, pero ésta es la razón por la que la ventilación es tan importante en todos los aparatos de gas.

La campana o caperuza de tiro sobre un calentador (figura A5-43) es el lugar en el que se mezclan los gases de combustión y el aire de dilución. En operación normal, los gases de combustión que entran a la campana se mezclan con aire de dilución que entra por la abertura de alivio, para salir juntos por la chimenea a menor temperatura que la que tenían los gases de combustión.

Bajo condiciones de fuerte tiro ascendente, como las que podrían determinar condiciones de viento en el extremo de la chimenea, la baja resistencia al flujo del aire de



**FIGURA A5-43** Acción del desviador de tiro. (Cortesia de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

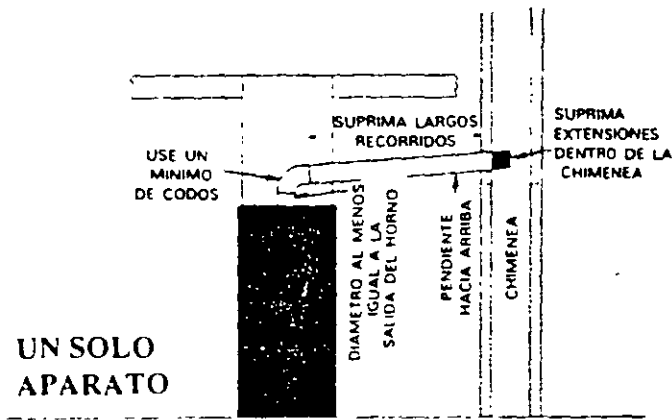


FIGURA A5-44 Ducto conector (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

dilución por la abertura de alivio de una campana de tiro correctamente diseñada tiende a neutralizar el efecto de demasiado tiro sobre el calefactor.

Si se tiene tiro descendente, también la abertura de alivio constituye una descarga para los gases de combustión y el aire que haja, y con ello se reducen al mínimo el apagamiento del piloto y otros efectos posibles.

**Chimenea y ductos:** El ducto que conecta la salida del horno con la chimenea se ilustra en la figura A5-44. Una gran parte de la resistencia al flujo de los gases de combustión ocurre en esta conexión. Es importante emplear un recorrido de accesorios mínimos y usar un ducto de tamaño al menos igual a la salida de la campana de tiro. Los recorridos horizontales largos y los accesorios incrementan la resistencia al flujo y también bajan la temperatura del gas antes de que alcance la chimenea vertical. Siempre dé una pendiente al ducto hacia arriba en dirección a la chimenea. El ducto conector luego se inserta dentro, pero no más allá de la pared interior de la chimenea.

Donde hay más de dos aparatos (horno y calentador de agua) conectados al mismo ducto de gases de combustión (figura A5-45), el conector debe ser al menos del tamaño de la salida del más grande, más 50% del otro aparato. La

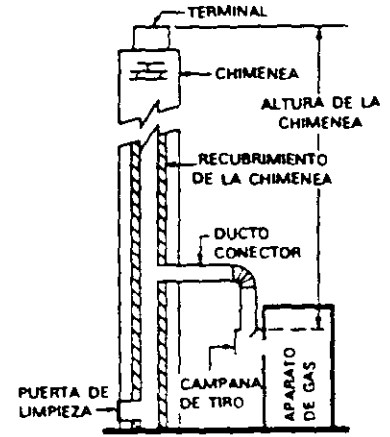


FIGURA A5-46 Chimenea vertical (de mampostería) (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

carta mostrada, da combinaciones de ventilación y está usualmente en el boletín de instalación del horno para rápida referencia. El punto crítico ocurre cuando un aparato no está en operación y entra aire de dilución al ducto común bajando el tiro en el otro aparato. Por ejemplo, un calentador de agua con una salida de 3 pulg. y un horno con 5 pulg. requerirán un ducto conector común de 6 pulg.

La chimenea vertical debe diseñarse e instalarse correctamente para crear condiciones de tiro apropiado. En algunos casos el técnico de calefacción y aire acondicionado tiene poco control sobre estas condiciones; en otros, la instalación de ductos prefabricados puede estar en el contrato de calefacción.

Las chimeneas de mampostería (figura A5-46) se construyen en el campo y deben cumplir con los códigos reconocidos local y/o nacionalmente. El tamaño de recubrimiento, las salidas y la altura de la chimenea, puede afectar materialmente el tiro.

La chimenea en la figura A5-47, es construida en fábrica y listada por una agencia reconocida nacionalmente. Se hace de metal de un espesor apropiado y se aísla, galvaniza y se junta mediante soldadura o bridas. Se llaman comúnmente un *ducto de ventilación de gas tipo B* y es

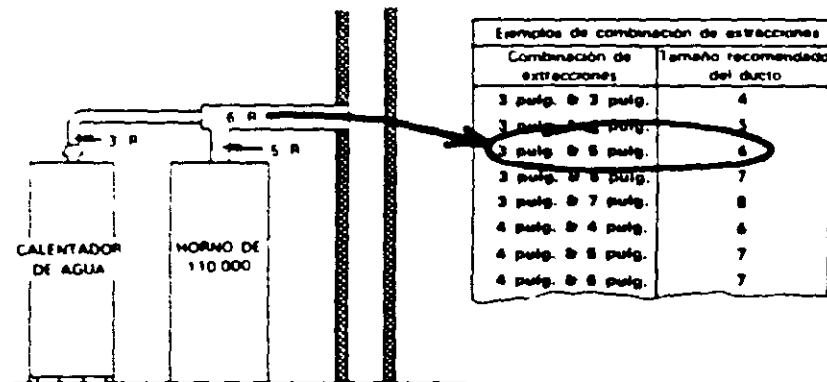
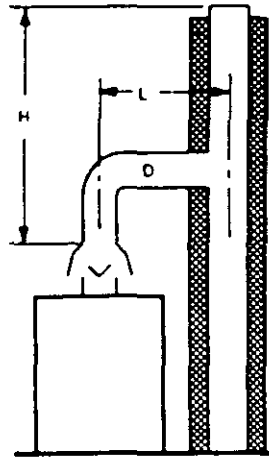


FIGURA A5-45 Ducto conector para múltiples aparatos (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A5-47** Chimeneas verticales (chimenea prefabricada) (Cortesía de Metalbestos Systems Wallace Murray Corporation)



Altura total pies	Longitud del conector horizontal pies	CALOR MÁXIMO PERMISIBLE EN (Aparatos con cap. en millos)					
		DIAM. DEL DUCTO CONECTOR					
H	L	3	4	5	6	7	8
6	2	29	52	86	130	180	247
	5	25*	48	81	118	164	230
8	2	29	55	93	135	197	285
	5	26*	51	87	133	187	266
	10	27*	44*	79	123	189	273
10	2	31	61	102	151	220	297
	5	28*	56	95	147	203	276
	10	24*	49*	86	137	199	281
	15	NR	42*	79*	125	175	246
15	2	35*	67	113	163	240	326
	5	31*	61	100	153	220	317
	10	27*	54*	96	151	214	294
	15	NR	48*	87*	138	198	278
	20	NR	NR	73*	126*	184	261
20	2	38*	73	123	200	273	374
	5	35*	67*	115	183	252	348
	10	NR	59*	105*	170	235	330
	15	NR	NR	95*	156	217	311
	20	NR	NR	80*	144*	202	292

**FIGURA A5-48** Chimenea de mampostería con un solo conector (Cortesía de American Gas Association)

doble pared. La pared doble ayuda a conservar el calor en los gases de combustión y así mejorar el tiro y también produce una temperatura superficial menor en el exterior, también requiere menos tolerancia que la de pared única.

Los ductos de metal de pared única, no son generalmente considerados apropiados para aplicaciones de tipo de calefacción residencial y son prohibidos por muchos códigos locales a causa de que no pueden usarse en espacios cerrados.

Como se dijo antes, aunque usted, como técnico de servicio, en la mayoría de los casos no tendrá parte en el tipo o diseño de la chimenea, sí puede observar aquellas prácticas pobres que pueden reflejarse en el comportamiento y operación del equipo o conducir a serios problemas de servicio. Esto es importante cuando se está reemplazando un horno; usted puede chequear el arreglo de ventilación.

En la mayoría de las ciudades los códigos de ventilación se basan en los estándares publicados por AGA, el *National Fire Protection Association Bulletin* o por el *National Board of Fire Underwriters (NBFU)* y el *Gas Vent Institute*. El inspector local de construcción y la compañía de gas guardan estas publicaciones en su archivo.

El reporte No. 1319 de AGA suministra tablas para el dimensionamiento apropiado de chimeneas de mampostería o metal basadas en la entrada de calor, la altura de la chimenea, el recorrido horizontal del conector, etc. La tabla mostrada en la figura A5-48 para chimeneas de mamposte-

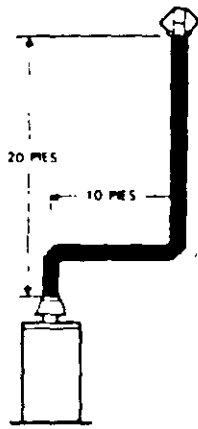
ría, da la máxima entrada de calor permisible basada en la altura de la chimenea, tamaño del ducto conector y recorrido horizontal. Por ejemplo, una altura de chimenea de 15 pies con un conector de 6 pulg y 5 pies de recorrido horizontal manejará 163.000 Btu/h.

Las chimeneas de doble pared tipo B son estimadas en forma similar. Las especificaciones del fabricante listarán la capacidad basadas en la altura, recorrido horizontal y tamaño del conector. Por ejemplo, en la figura A5-49 un solo aparato, con altura de chimenea de 20 pies, 6 pulg de tamaño redondo y 10 pies de recorrido horizontal llevará 228.000 Btu/h. Esto sería típico de una aplicación de casa-rancho, con un horno en el sótano y una salida corta en el techo. Las especificaciones también listan los tamaños para aplicaciones múltiples (horno y calentador de agua).

En adición al tipo y tamaño de la chimenea, el punto terminal respecto al techo es también importante (figura A5-50). Se aplican dos reglas específicas:

1. Si la chimenea termina sin un gorro o aparato similar y depende del tiro natural, debe extenderse al menos dos pies sobre el punto donde pasa a través del techo y debe ser al menos dos pies más alta que cualquier porción de un edificio que esté a una distancia de diez pies de la chimenea.
2. Si la chimenea termina con un tope aprobado, debe proyectarse de acuerdo con los términos bajo los cuales tal tope fue aprobado.

Adicionalmente las chimeneas tipo B deben equiparse con un gorro apropiado que tenga una capacidad igual al menos a la de la chimenea. También este gorro debe estar al menos 5 pies sobre el aparato conectado más alto.



		MAXIMA CAPACIDAD							
Altura total del ducto	Longitud del lateral	Metalabastos Ven							
		3"	4"	5"	6"	7"	8"	10"	
4	0	45	80	125	180	245	328	500	
	2	30	59	94	157	190	250	405	
	4	29	56	90	123	185	243	395	
	8	27	53	84	135	175	232	377	
6	0	46	86	141	205	285	370	570	
	2	36	67	105	177	217	285	455	
	6	32	61	100	159	205	273	435	
	12	28	55	91	177	190	255	406	
8	0	50	94	155	225	320	415	660	
	2	48	75	120	195	247	327	515	
	8	35	66	100	175	227	303	490	
	16	28	58	96	178	206	281	458	
10	0	53	100	166	245	345	450	728	
	2	42	81	129	195	273	355	560	
	10	36	70	115	175	245	330	525	
	20	-	60	100	174	217	300	486	
15	0	58	112	187	275	390	525	848	
	2	48	93	150	225	316	414	675	
	15	37	76	128	198	275	373	618	
	30	-	60	107	199	243	328	553	
20	0	61	119	202	307	430	575	930	
	2	51	100	166	255	346	470	755	
	10	44	89	140	220	321	443	710	
	20	35	78	134	200	295	410	666	
30	0	68	120	186	273	380	526	826	
	2	64	128	220	336	475	650	1000	
	2	56	112	185	280	394	535	865	
	30	20	90	154	237	343	473	784	

FIGURA A5-49 Tabla de selección de la chimenea tipo B (Cortesía de American Gas Association)

La altura tiene también un efecto pronunciado sobre el aire de combustión y el tiro y sobre 2,000 pies AGA recomienda reducir la entrada del horno 4% por cada 1,000 pies sobre el nivel del mar.

La parte exterior de la chimenea de mampostería o de metal, pierde calor más rápidamente y toma más tiempo calentarla que sus contrapartes interiores, así ocurrirá paso de productos de combustión por el alivio de la campana de tiro, cuando se ponen en operación los aparatos.

Una prueba simple de operación apropiada de la ventilación puede hacerse en la campana de tiro del aparato (figura A5-51). Encienda un fósforo cerca a la apertura de alivio y muevalo alrededor de todo el perímetro de la

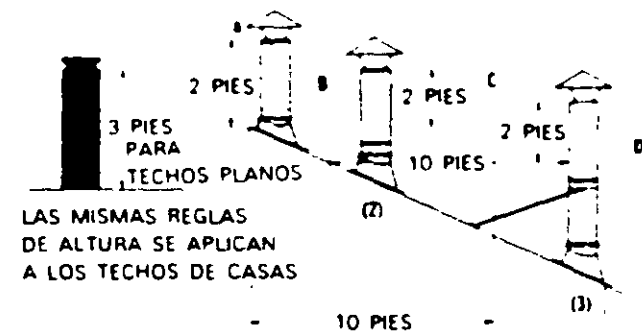


FIGURA A5-50 Terminación en techos de chimeneas verticales (Cortesía de American Gas Association)

## 422 Aire acondicionado

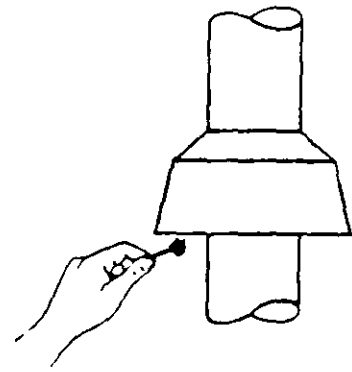


FIGURA A5-51 Prueba de chimenea

campana. Si hay fuga de gases de combustión, el fósforo se apagará a causa de la falta de oxígeno, no a causa de la velocidad del aire. La prueba debe hacerse bajo condiciones de operación reales o aún extremas.

A5-34  
Aire de combustión

Tan importante como la ventilación es el suministro de aire para mantener combustión apropiada y diluir los gases de combustión. Como se vio antes, un horno LP de 75,000 Btu/h requiere 1440 pies<sup>3</sup> de aire por hora. Cualquier otro aparato que queme gas dentro de la estructura se añade al problema. Con la construcción hermética de las casas modernas equipadas con puertas y ventanas contra tormentas la infiltración normal no puede usarse para proporcionar el volumen de aire, particularmente si hay un sistema de ventilación de cocina, un secador de ropa o una chimenea de ambiente compitiendo por aire para realizar su función. El peligro de corto suministro de aire para combustión es mayor en casas pequeñas de un solo piso o apartamento donde el horno es localizado en el área habitable.

El instalador de hornos debe asumir la responsabilidad de asegurar que haya suficiente aire en el cuarto del equipo. Las siguientes ilustraciones tomadas del manual 54 de NFPA (National Fire Protection Association) indican varios métodos de introducir aire de renovación.

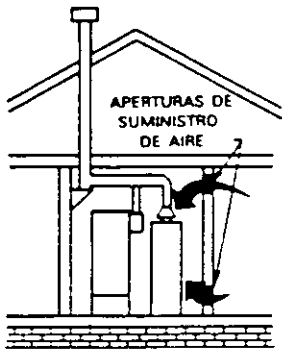
El método A (figura A5-52) es el más crítico y el menos deseable a causa de que depende de la infiltración de aire en la casa y luego a través de la apertura del suministro de aire. Esto es típico de aplicaciones de closets. Las rejillas se dimensionan dividiendo el consumo total (de todas las aplicaciones) entre 1,000. Recuerde que esto es el área libre en pulgadas y la rejilla en particular debe seleccionarse de las tablas del fabricante, para que dé al menos eso.

Método B (figura A5-53), provee todo el aire del exterior.

Método C (figura A5-54), es bueno para residencias de un solo piso donde el aire puede tomarse de un ático ventilado. Precaución: Asegúrese que las rejillas son adecuadas y abiertas en el invierno y que por supuesto no haya ventilador de extracción.

Finalmente, el Método D (figura A5-55)...

### METODO A

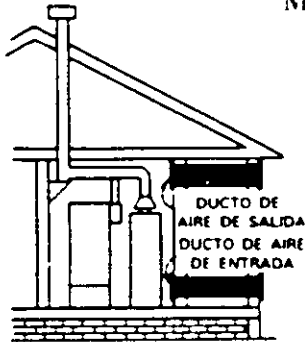


TODO EL AIRE DEL INTERIOR DEL EDIFICIO

NOTA Cada apertura deberá tener un área libre no menor de 1 pulg<sup>2</sup> por 1,000 BTU/h de la capacidad total de todos los aparatos

FIGURA A5-52 (Cortesía de American Gas Association)

### METODO B

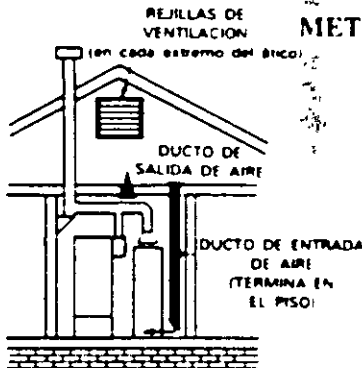


TODO EL AIRE DEL EXTERIOR

NOTA Cada ducto de aire deberá tener un área libre no menor de 1 pulg<sup>2</sup> por 2,000 BTU/h de la capacidad total de todos los aparatos

FIGURA A5-53 (Cortesía de American Gas Association)

### METODO C

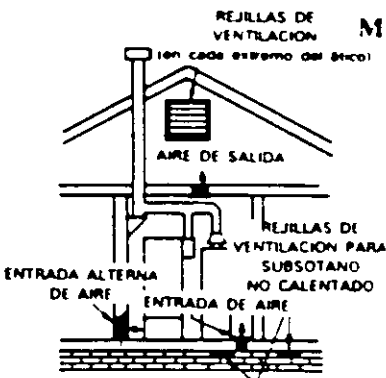


TODO EL AIRE DEL ATICO VENTILADO

NOTA Las aperturas del aire de entrada y salida tendrán cada una un área libre no menor a 1 pulg<sup>2</sup> por 4,000 BTU/h de la capacidad total de todos los aparatos

FIGURA A5-54 (Cortesía de American Gas Association)

### METODO D



EL AIRE ENTRA DEL SUBSOTANO Y SALE POR EL ATICO

NOTA Las aperturas del aire de entrada y salida tendrán cada una un área libre no menor a 1 pulg<sup>2</sup> por 4,000 BTU/h de la capacidad de todos los aparatos

FIGURA A5-55 (Cortesía de American Gas Association)

donde hay un subsótano, las rejillas deben ser lo suficientemente grandes y estar abiertas durante el invierno.

Las instalaciones de sótano pueden generalmente usar aire de infiltración de las aperturas de las ventanas y de las puertas del garaje, etc., particularmente si hay una abundancia de espacio abierto.

A través de los años las instalaciones de closets han demostrado ser particularmente peligrosas en donde los instaladores tratan de usar el cuarto del equipo como un plenum para el aire de retorno. Aunque el instalador calcule el tamaño teórico de la apertura de aire o use una puerta con rejillas, hubo y aún hay demasiados reportes de muertes por envenenamiento por monóxido de carbono debido a que los propietarios de casas intencionalmente o no, bloquean las aperturas y rejillas y crean una presión negativa. La falta de aire fresco causa combustión pobre y produce excesivo monóxido de carbono, el cual es luego introducido de la campana de tiro al aire de retorno y circulado en el área habitable. *Siempre conecte el aire de retorno del horno a un ducto de retorno desde el espacio habitable.*

A5-4

### CALEFACCION EN INVIERNO—ACEITE (PETROLEO) Y AIRE FORZADO.

Como se mencionó previamente el aceite ha sido un combustible popular en la parte noreste de los EE.UU. por algún tiempo. Es también ampliamente usado en áreas rurales donde la línea del gas no existe y/o donde el uso de electricidad para calentamiento no es práctico. Las casas vacacionales frecuentemente usan aceite para calentamiento primario.

A5-4.1

#### Tipos de hornos

Como su contraparte el horno de gas, los hornos de aceite y aire forzado están disponibles en flujo ascendente (figura A5-56), hajos, flujo descendente (contraflujo) y modelos horizontales. El tipo de aplicación general, ductos y distribución de aire en el espacio acondicionado son esencialmente los mismos. Hay, sin embargo, diferencias en las cámaras de combustión interna, quemadores, controles, tolerancias y requisitos de ventilación de gases de combustión

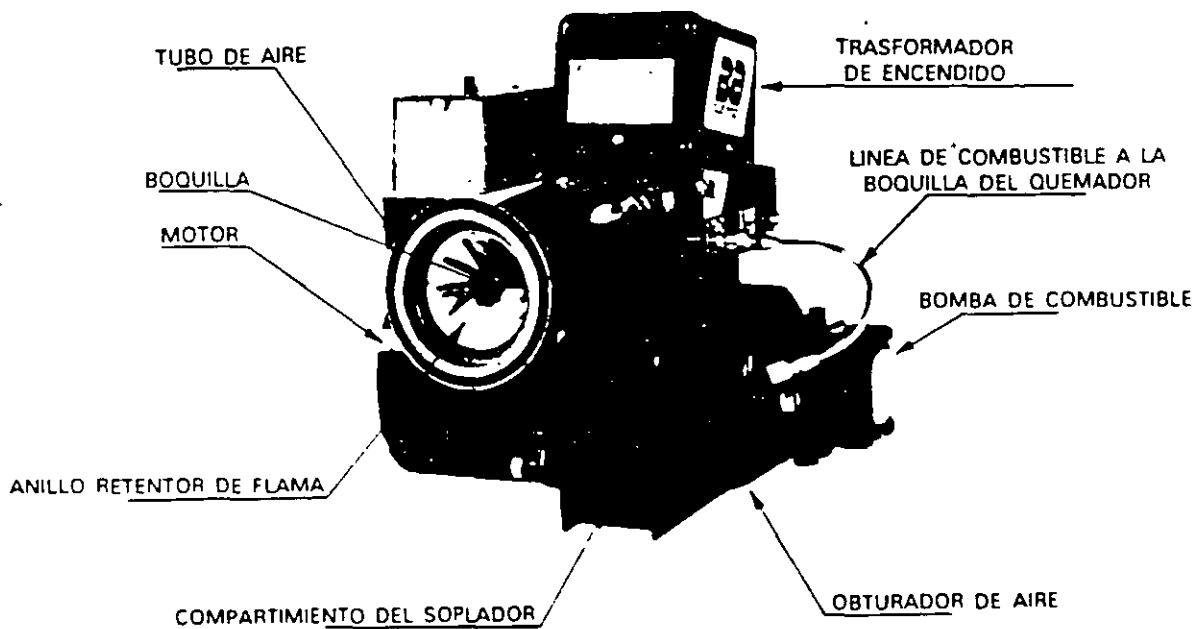
A5-4.2

#### Intercambiador de calor

El intercambiador de calor para combustión de aceite, típico (figura A5-57), es una carcasa cilíndrica de acero de calibre pesado donde tiene lugar la combustión; ofrece superficies adicionales para transferencia de calor de los productos de combustión al aire sobre el exterior de este intercambiador de calor. Este tipo de intercambiador se







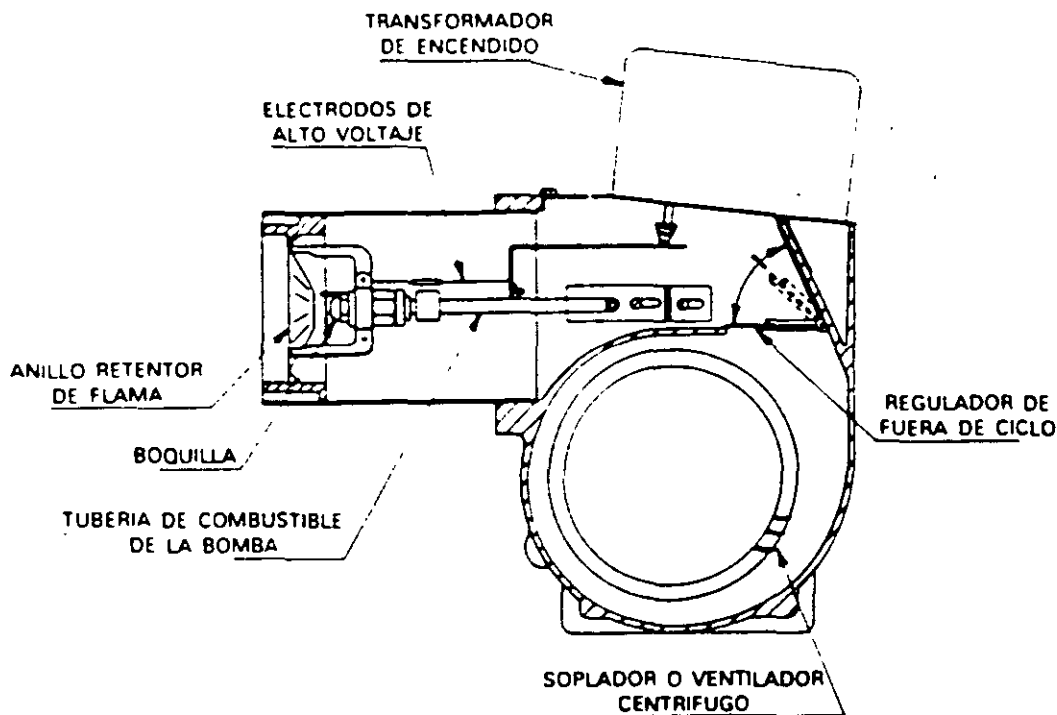
**FIGURA A5-58** Quemador con pistola de atomización de alta presión (Cortesía de Wayne Home Equipment Company)

Por debajo del quemador y la bomba debe levantar el aceite desde el tanque así como proveer presión en las toberas. La bomba supe aceite a la tobera de 100 a 300 psi.

El ventilador del quemador es una rueda centrifuga también montado sobre el eje común del motor. Provee aire a través del tubo de combustión apropiada. La cantidad de aire se controla por una lamina rotante que abre o cierra el paso del aire sobre la carcasa del ventilador.

La tobera se monta en un adaptador y recibe aceite por

medio de una tubería desde la bomba. La apertura del orificio en la tobera es hecha en fábrica para producir una rata de juego correcta. Como regla general, la rata de combustión para un aceite de grado No. 2 será aproximadamente 0.8 gal/h por cada 100,000 Btu/h de salida del horno. No trate de cambiar la rata de fuego cambiando las boquillas o agrandando el orificio. Bajo alta presión, el aceite es atomizado en pequeñas gotitas y se mezcla con el aire primario.



**FIGURA A5-59** Corte de un quemador (Cortesía de Wayne Home Equipment Company)

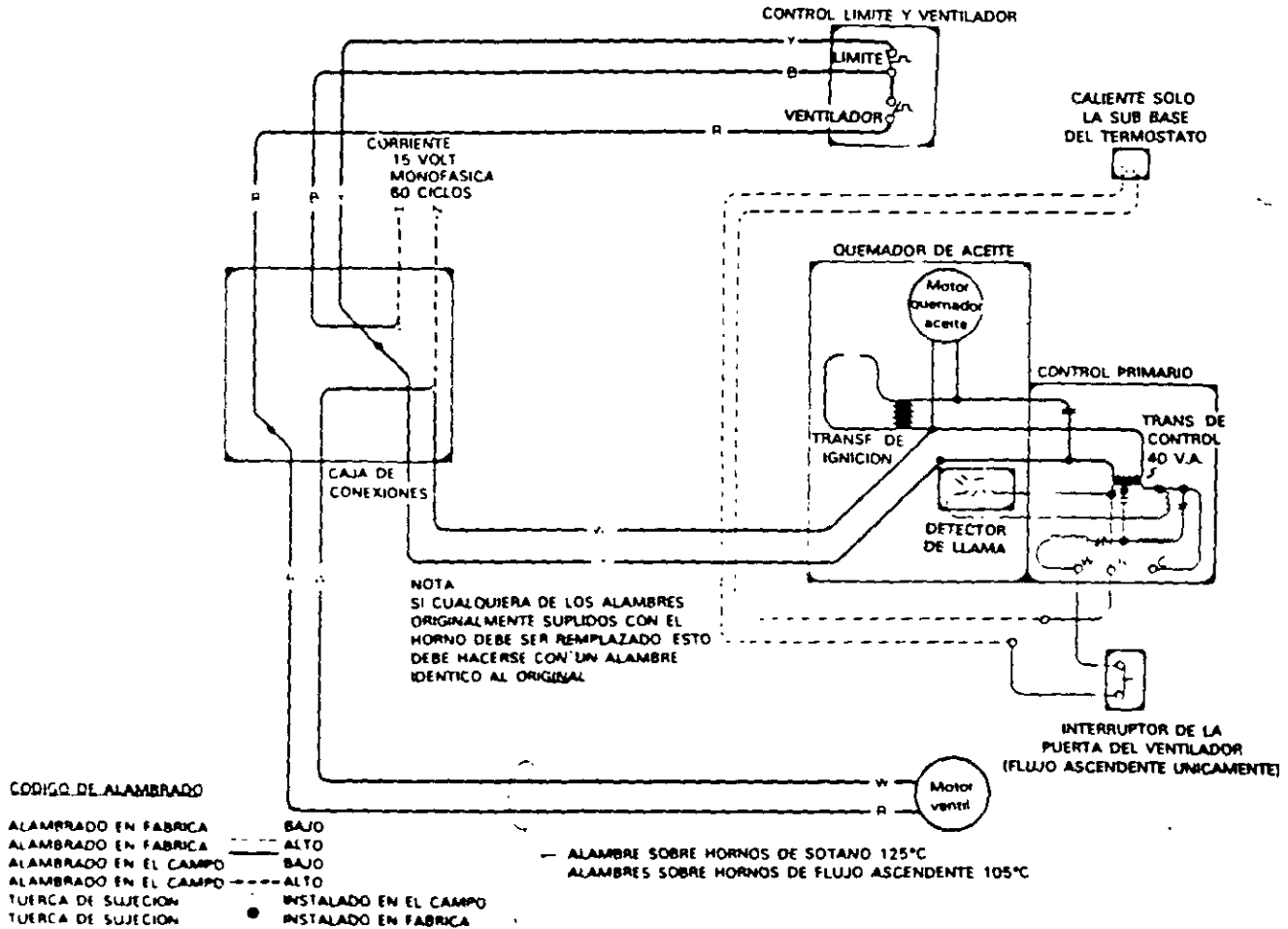


FIGURA A5-60 Control típico de horno de aceite (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems Inc.)

El dispositivo para turbulencia realiza una importante función al hacer que la mezcla de aceite atomizado y el aire roten dentro de la cavidad del intercambiador de calor. La ignición se establece mediante una chispa eléctrica de alto voltaje, la cual puede ser continua (encendida cuando el motor está encendido) o interrumpida (encendida solamente para iniciar la combustión). La corriente eléctrica se provee con un transformador de ignición localizado en el compartimento del control del quemador.

También localizado en el compartimento del control del quemador (no mostrado) hay un aparato detector de llama denominado una *celda fotoeléctrica* la cual es sensible a la luz. Tiene una celda herméticamente sellada que se actúa con luz y que tiene baja resistencia eléctrica en la presencia de los rayos de luz de la llama, permitiendo así, flujo de corriente y alta resistencia eléctrica en ausencia de rayos de luz de la llama, prohibiendo así el flujo de corriente. Por consiguiente, si hay una falla de llama por alguna razón, la celda fotoeléctrica parará el motor del quemador de tal manera que no pueda fluir aceite al intercambiador de calor. Algunos hornos tienen un sistema de bloqueo que requieren que el control sea reposicionado manualmente antes de que el quemador pueda trabajar de nuevo.

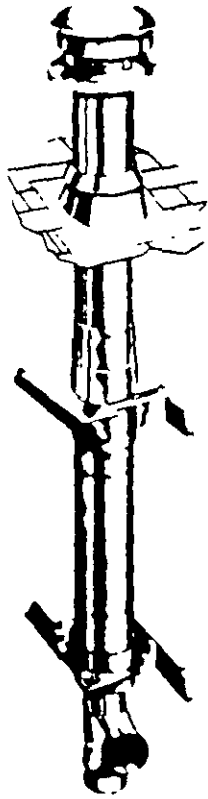
#### A5-4.5 Controles

Externamente a los controles del quemador, al sistema de control del horno de aire forzado con combustión de aceite (figura A5-60) debe también haber un control de ventilador que realice la misma función como un horno de gas. El límite de seguridad, si se abre, parará la corriente eléctrica al quemador antes de que se produzca sobrecalentamiento excesivo. El interruptor del ventilador se coloca para reciclar el ventilador del horno cuando se desea. El termostato del espacio (24 V) alimenta directamente el circuito de control del quemador, en bajo voltaje, actuando el detector de llama y el relé para alimentar la línea primaria al motor del quemador y al transformador de ignición.

La operación de los controles, así como el arranque, ajuste y el servicio al sistema se cubrirá en el capítulo 1.

#### A5-4.6 Extracción de gases de combustión

Los hornos con combustión de aceite deben tener amplio suministro de aire de renovación para la combustión.



**FIGURA A5-61** Chimenea prefabricada "para todo combustible" (Cortesía de Selkirk Metalbestos Chimney System)

pulg o a uno cuadrado de 8 x 8, nunca debe ser menor que la salida del horno. Las chimeneas de metal liviano prefabricadas, (figura A5-61) también están disponibles para uso con aceite. Las de tipo de doble pared, se llenan con aislamiento. Estas se denominan clase A. Las chimeneas clase B se hacen específicamente para equipo de combustión con gas y no son apropiadas para uso con combustibles sólidos o líquidos. Asegúrese que los datos digan "todos los combustibles". Las alturas terminales sobre el techo, recomendada previamente para gas también deben observarse para aceite.

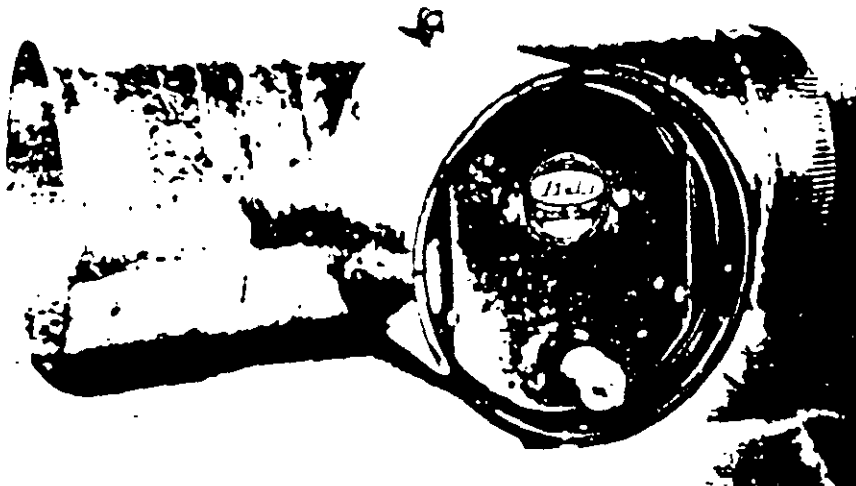
Los hornos con combustión de aceite operan con presión positiva del ventilador del quemador y es muy importante tener una chimenea que desarrolle un tiro mínimo de 0.01 a 0.02 pulg de C.A. cuando se mide en la puerta de inspección de llama del quemador. La consistencia o estabilidad del tiro es también crítica y es requerido el uso de un damper o compuerta barométrico (figura A5-62). El damper usualmente se instala en el ducto horizontal entre el horno y la chimenea. (Nota algunos fabricantes lo colocan directamente a la salida del horno.) El damper tiene un peso móvil que puede colocarse para contrabalancear la succión y mantener razonablemente constante la operación de la descarga. Se ajusta mientras el horno está en operación y la chimenea está caliente. El tiro en el quemador debe estar de acuerdo con las instrucciones de instalación de equipo.

===== A5-47  
===== Tolerancia

y los métodos de introducir este aire para el horno de gas, también serán adecuados para el horno de aceite.

Las chimeneas de mampostería usadas en hornos con combustión de aceite, deben construirse como se especifica en National Building Code of the National Board of Fire Underwriters. Una chimenea de mampostería, debe tener un área seccional mínima equivalente a un ducto redondo de 8

Las temperaturas para cabinas y ductos de gases de combustión son más altas para el equipo con combustión de aceite y las tolerancias respecto a material combustible deben ajustarse de acuerdo a esto. Son comunes tolerancias de 1 pulg para los lados y la parte posterior de la cabina, al contrario de tolerancia cero para muchas unidades de gas.



**FIGURA A5-62** Damper barométrico. (Cortesía de Field Control, Div. of Conco, Inc.)

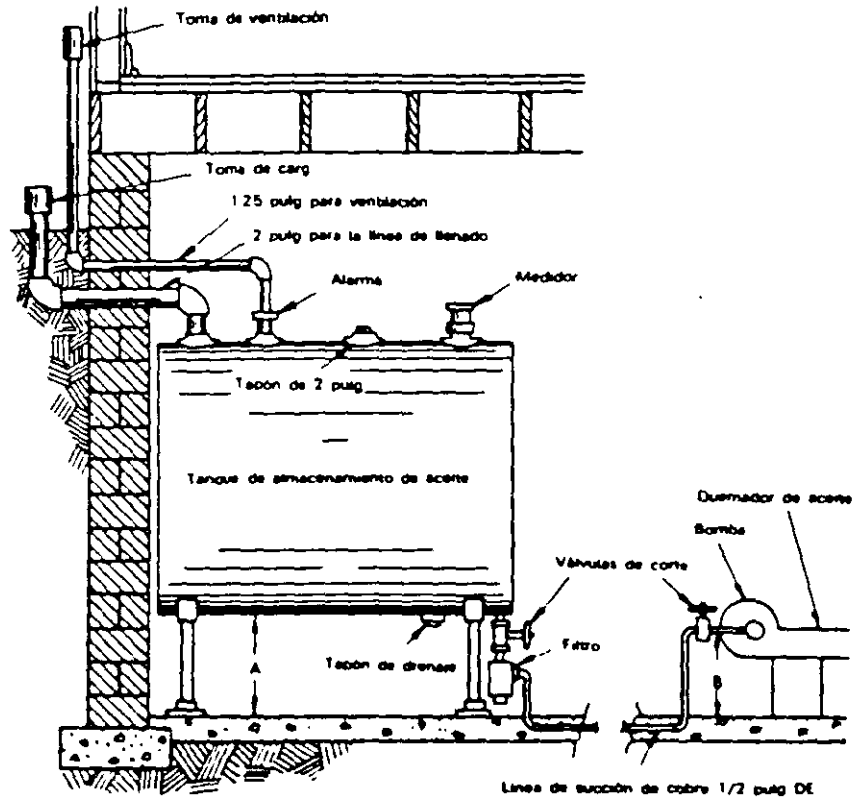


FIGURA A5-63 Tanque interior de almacenamiento de aceite

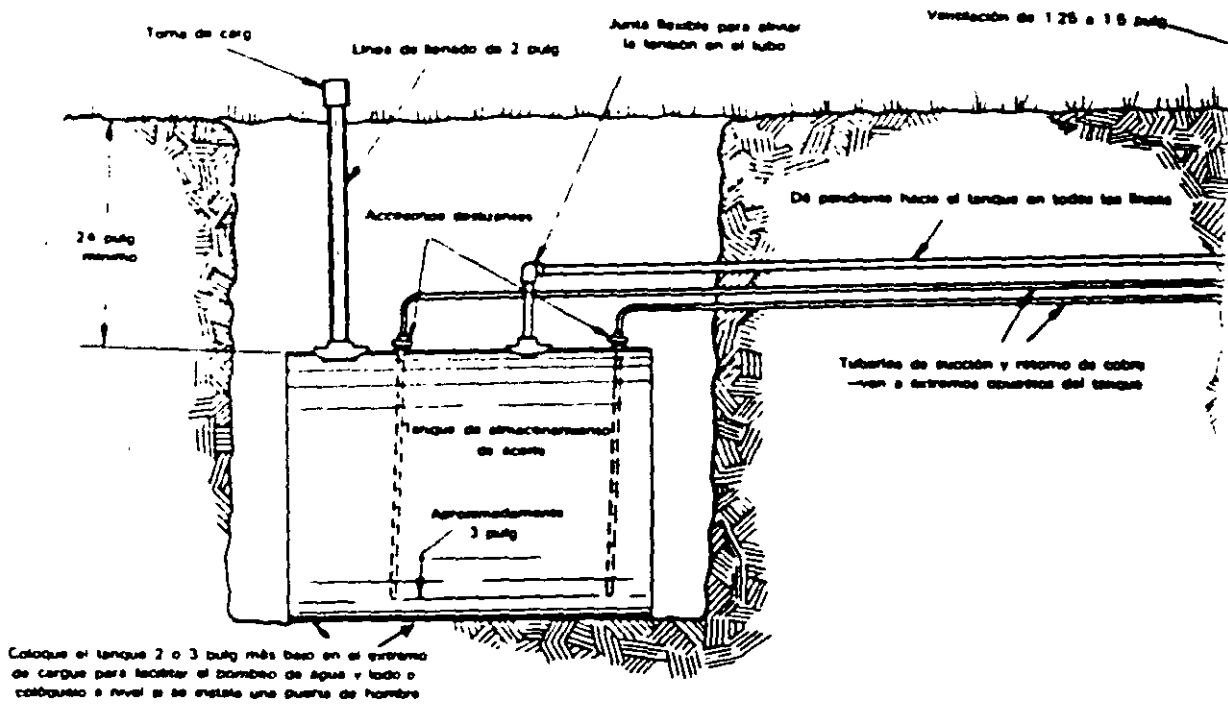


FIGURA A5-64 Tanque exterior de almacenamiento de aceite, detalle de tuberías.

Tolerancias de 9 pulg o más son necesarias en los ductos de gases de combustión mientras que sólo 6 pulg son necesarias para el gas.

La tolerancia frontal es determinada generalmente por el espacio necesario para remover el conjunto del quemador. Las bases sobre pisos combustibles para aceite generalmente se incrementan comparadas a las de gas. Los hornos de aceite horizontales son particularmente importantes respecto a las instalaciones de ático y el instalador debe verificar las recomendaciones cuidadosamente.

Los hornos de aceite son rateados y listados por UL y las tolerancias son una parte vital en la inspección junto con muchas otras consideraciones de seguridad.

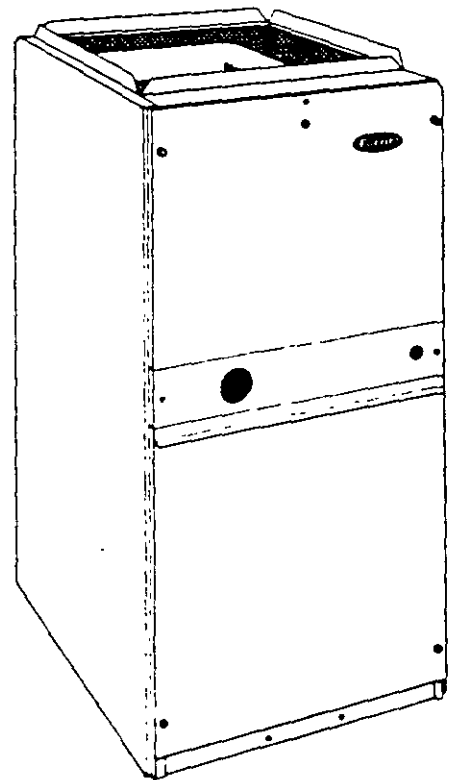
===== A5-4 8  
**Almacenamiento de aceite**

La instalación del tanque de aceite combustible y su tubería debe estar de acuerdo al estándar de la National Fire Protection Association (estándar No. 31) y/o los requisitos de los códigos locales. Las regulaciones y las permisiones de espacio para la instalación de tanques de aceite en interiores, son como se muestran en la figura A5-63. Note el uso apropiado de válvulas de cierre y un filtro apropiado para recoger las impurezas. Si el tanque de aceite se coloca al exterior sobre el suelo, deben proveerse zapatas firmes. Los tanques expuestos y la tubería sobre el suelo están sujetos a más condensación de vapor de agua y la posibilidad de congelamiento durante temperaturas extremadamente bajas.

Si un gran tanque se instala debajo del suelo (figura A5-64), es importante mantenerlo bien lleno de aceite durante los periodos de alto nivel de agua (por ejemplo, durante las lluvias de primavera); de otro modo el agua de la tierra puede forzarlo a flotar. Es aconsejable concreto extra para añadir peso sobre el tanque. Líneas de cobre flexible se recomiendan para acoplarse a los movimientos de la Tierra. Note el uso de las líneas de succión y retorno, como se mencionó previamente es práctica normal usar una bomba de combustible de dos etapas con un sistema de dos tuberías en donde es necesario levantar el aceite de un tanque que está bajo el nivel del quemador. La succión en la bomba del quemador de aceite se mide en términos de pulgadas de mercurio de vacío. Una bomba de dos etapas nunca debe exceder de 15 pulgadas de vacío. Generalmente, hay 1 pulgada de vacío por cada pie de levante vertical de aceite y 1 pulgada de vacío por cada 10 pies de recorrido horizontal de tubería de suministro.

===== A5-5  
**CALEFACCION EN INVIERNO-  
 ELECTRICA Y AIRE FORZADO**

Al final de 1973 la Asociación de Energía Eléctrica reportó que más de 5 millones de residencias en EE UU eran calentadas eléctricamente. La rapidez de crecimiento



**FIGURA A5-65** Horno eléctrico (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)

es aproximadamente 800,000 por año. Algunos de estos sistemas son unidades de combinación de calentamiento y enfriamiento (las bombas de calor o las unidades tipo paquete), pero la mayoría de las instalaciones (47.6% en 1973), eran hornos eléctricos con aire forzado y todas las otras formas de calentamiento por resistencia y los pronósticos de la industria son que esta tendencia continuará.

===== A5 5 1  
**Horno eléctrico**

El horno eléctrico típico (figura A5-65), es la unidad de calefacción más flexible y compacta. Consiste de una cabina, compartimento del ventilador, filtro y sección de resistencia de calefacción. El tamaño de la cabina es generalmente más compacto que los hornos de gas o aceite equivalentes y debido a las temperaturas superficiales más bajas, la mayoría de las unidades gozan de tolerancias "cero" alrededor de los materiales combustibles. Así, pueden localizarse en closets muy pequeños. Adicionalmente, ya que no hay procesos de combustión involucrados, no hay requerimientos para ductos de gases de combustión, chimeneas o aire de renovación, simplificando así los costos de instalación y construcción. Los accesos para servicio son la única consideración dimensional. También, la ausencia de combustión permite el montaje de las unidades para flujo ascendente, descendente u horizontal (figura A5-66). Algunos fabricantes proveen espacio dentro de la cabina del horno para un serpentín de enfriamiento.

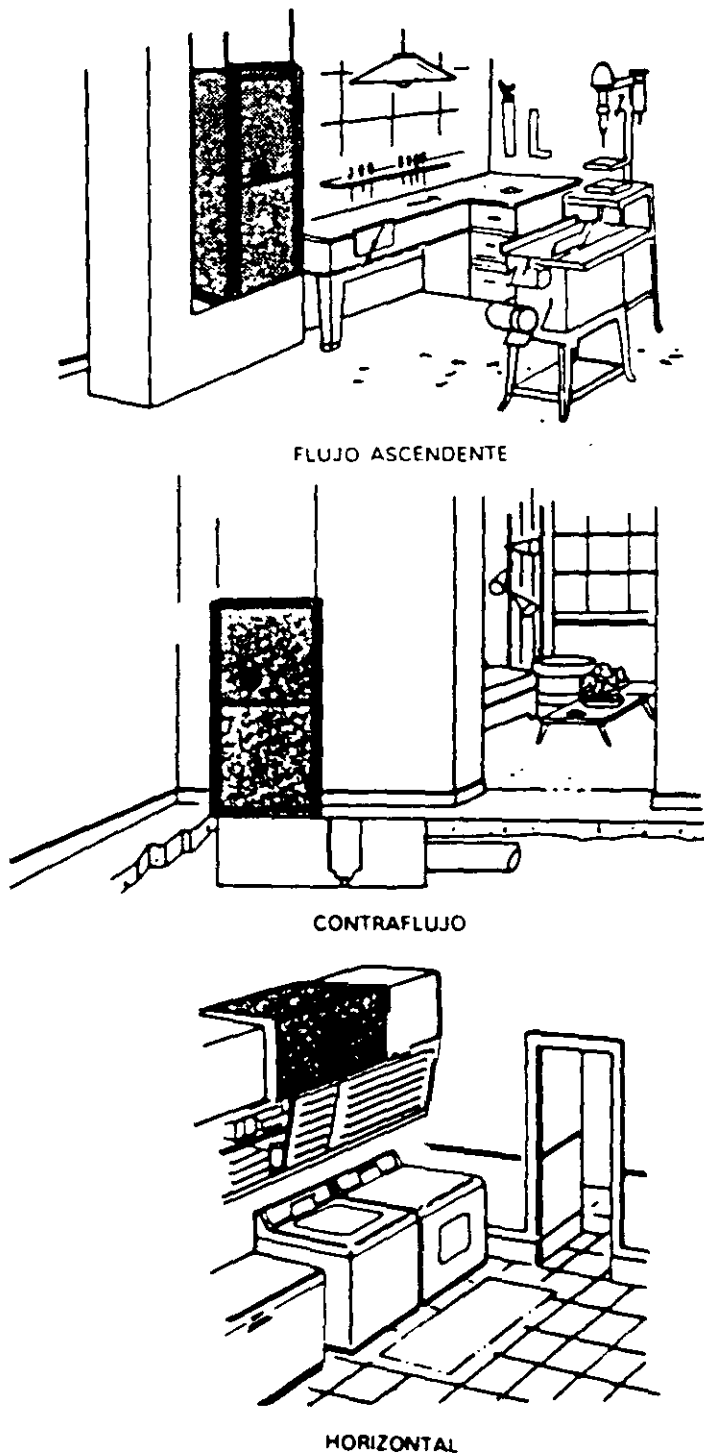


FIGURA A5-66 Aplicaciones de flujo de aire

Con el panel removido (figura A5-67), observe que el compartimento del ventilador usualmente tiene un ventilador centrífugo directamente acoplado de múltiple velocidad o uno conducido con banda para las unidades mayores. El flujo de aire a través de un horno eléctrico tiene menos resistencia y el comportamiento del ventilador es más eficiente. Se consiguen filtros mecánicos desechables o lavables.

La sección de calefacción consiste de bancos de resistencia hechos de alambre de cromo-níquel mantenidos en su lugar por espaciadores de cerámica. La resistencia del calentador se diseña para operar en voltajes de 208 a 240 con potencias de acuerdo al voltaje real usado. La cantidad de calor por banco es una función del amperaje en las etapas. Los códigos eléctricos nacional y local controlan la cantidad de corriente que puede ponerse en línea, así es necesario que los fabricantes le limiten el impacto del tamaño (kW) de los calentadores en un banco y la secuencia de operación. Las capacidades de los hornos varían de 5 kW (17,000 Btu/h) a 35 kW (119,400 Btu/h). A 35 kW el amperaje a 240 V se aproxima a 150 amps y considerando que 200 amps es el servicio total a una residencia, esto deja únicamente 50 amps para otros usos eléctricos. Rara vez están todos continuamente, pero deben asumirse códigos para propósitos de seguridad. Note, sin embargo, que una casa bien aislada, calentada eléctricamente que requiera 35 kW será considerablemente grande. Hacer zonas es también conveniente ya que la localización de dos hornos no es crítica.

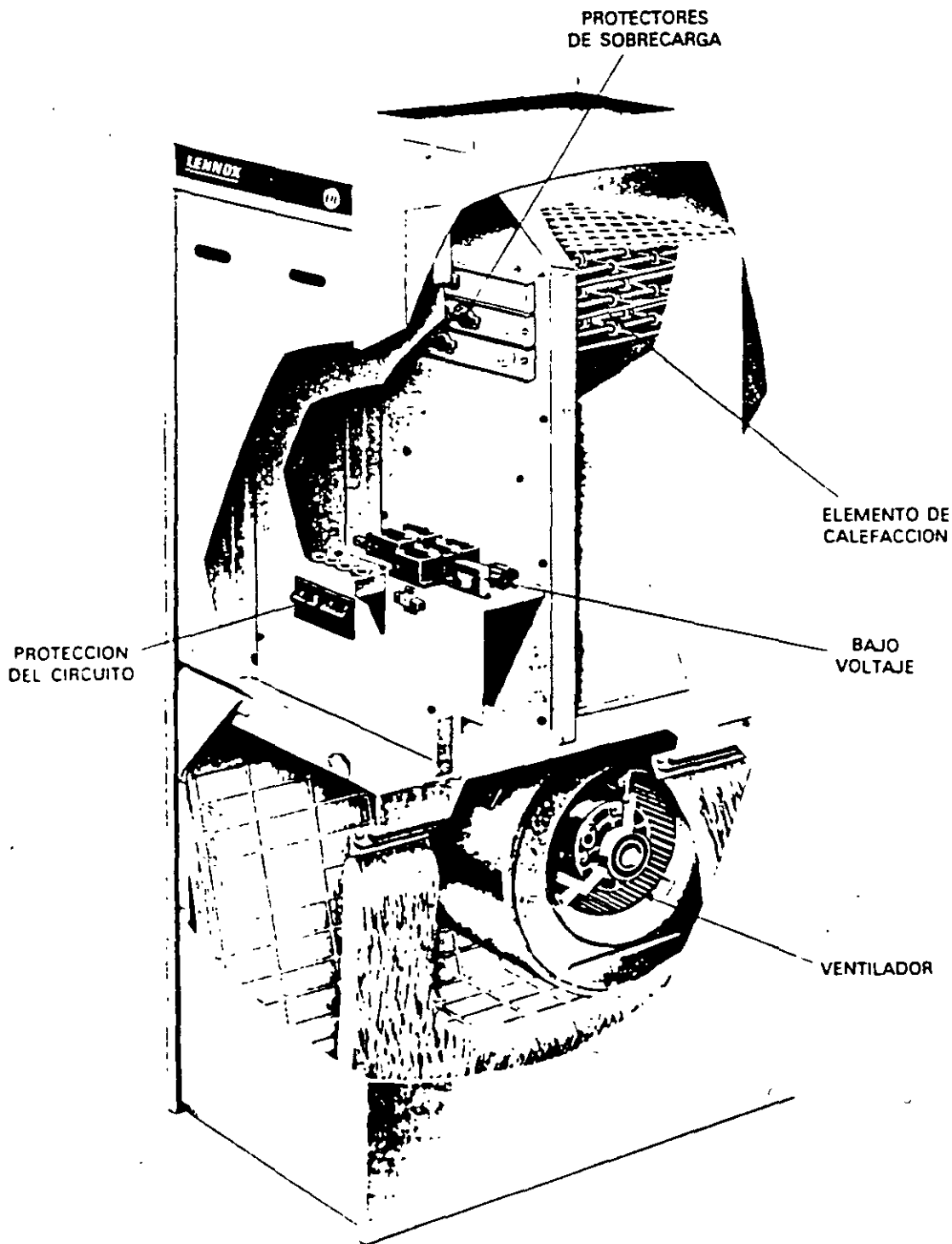
Los elementos de calefacción son protegidos de cualquier sobrecalentamiento que pueda causarse por falla del ventilador o bloqueo del filtro. Estos son aparatos interruptores de límite que censan la temperatura del aire y cuando se sobrecalientan "abren" el circuito eléctrico. Algunos hornos también emplean fusibles en serie con el calentador; estas barras fusibles se funden aproximadamente a 300°F y abren el circuito. Este es un elemento auxiliar para los interruptores límite.

Fusibles internos incorporados o interruptores de circuito son suministrados por muchos fabricantes y se usan para cumplir con el Código Nacional Eléctrico. Esto puede ser conveniente y significar también ahorros de instalación para el contratista; las cajas fusibles externas y el trabajo asociado con esto son eliminados.

El sistema de control de secuencia es una importante operación del horno eléctrico. Sobre un sistema de termostato de una sola etapa hay un *control de secuencia eléctrico* el cual contiene un bimetalico. En la necesidad de calor, el termostato cierra un circuito al cual se aplican 24 V a través de los terminales del calentador del secuencímetro. Cuando el elemento bimetalico se calienta el ventilador y el primer calentador se encienden. Las características de operación del secuencímetro son tales que hay un retardo de tiempo antes de que cada etapa se energice. Cuando se satisface el termostato, el secuencímetro se desenergiza y los elementos se apagan. El retardo de tiempo (seg) es adecuado para meter en etapas la potencia de arranque y minimizar el choque sobre el sistema de potencia.

Cuando se instalan hornos más grandes, es común usar termostatos de dos etapas en conexión con el secuencímetro. La primera etapa operará como se describió previamente hasta al menos el 50% de la capacidad total. La segunda etapa responderá solamente cuando se requiera la capacidad total. Con este control añadido, amplias variaciones de temperatura interior son abolidas.

Previamente el texto describió el *secuencímetro eléctrico* para diferenciarlo de la variedad *motorizado*, que



**FIGURA A5-67** Horno de flujo ascendente Lennox Electric E II (Cortesía de Lennox Industries)

puede usarse en hornos que tienen de 4 a 6 elementos. Esto satisface la misma función y mediante una serie de levas realiza la secuencia de llevar los calentadores a "on" y "off".

El sistema de distribución de aire, para un horno eléctrico debe recibir cuidado extra debido a la temperatura normalmente baja del aire que llega al horno en compara-

ción al equipo de gas y aceite. Las temperaturas de 120°F y menos pueden crear tiros si se introducen inapropiadamente en el espacio. Difusores de aire adicionales son recomendados. También las pérdidas del ducto a través de áreas no acondicionadas pueden ser críticas, así que es un deber tener ductos bien aislados, para mantener confort y reducir el costo de operación.

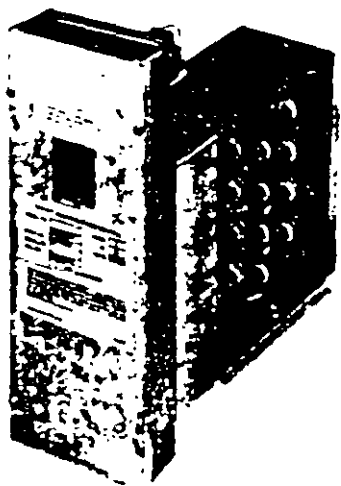


FIGURA A5-68 Calefactor eléctrico de ducto (Cortesía de Lennox Industries)

===== A5-6

**UNIDADES DE MANEJO DE AIRE CON CALENTADORES DE DUCTO**

Una variedad del horno eléctrico es el uso de una unidad manejadora de aire con calentadores eléctricos de ducto (figura A5-68). La unidad manejadora consiste de un ventilador en una cabina aislada con apertura para conexiones a los ductos de retorno y suministro. Los calentadores de resistencia eléctrica se instalan en el ducto de suministro principal o en ductos secundarios que van a las habitaciones. En términos de ventas este sistema no ha sido tan popular como el concepto de horno paquete, principalmente a causa de que complica la instalación y añade costos. Hay más flexibilidad y confort por control de zonas cuando se instalan calentadores en los ductos secundarios, los cuartos pueden controlarse individualmente.

Los calentadores de ductos (figura A5-69) se hacen para que se acoplen a los tamaños de ductos estándar y contienen protección de sobrecalentamiento. Los calentadores de ducto eléctricos pueden también utilizarse con otros

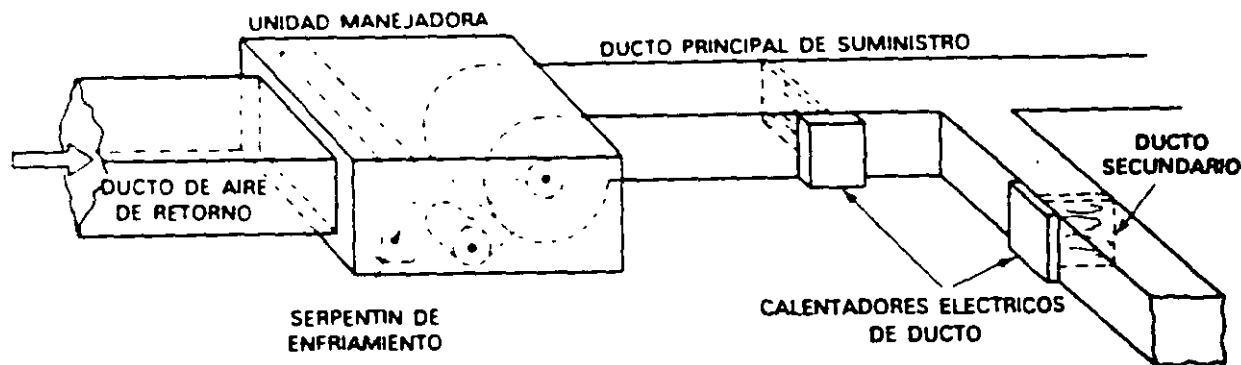


FIGURA A5-69 Calentadores de ductos

tipos de sistemas de calefacción con ductos para añadir calor en sitios remotos o para mejorar el sistema si la casa ha sido expandida. Pueden intercomunicarse para encenderse con el ventilador del horno y son controlados por un termostato de cuarto.

===== A5-7

**RESUMEN**

Los sistemas de calefacción con aire forzado, bien sea gas, aceite o electricidad ofrecen la ventaja del movimiento mecánico del aire en donde el aire no es únicamente calentado sino limpiado por filtración, humidificado y "refrescado" con una toma de aire exterior, la cual es recirculada al área habitable. Así cuatro de los cinco elementos del confort total del aire acondicionado pueden realizarse, con la quinta opción de enfriamiento como una fácil adición.

===== A5-8

**CALEFACCION EN INVIERNO-SISTEMAS HIDRONICOS**

Otra forma de calefacción que ha existido por muchos años es el método hidrónico de llevar energía calorífica al punto de uso por medio de agua o vapor. El sistema de vapor (figura A5-70) usa una caldera parcialmente llena de agua. El calor del combustible convierte el agua a vapor, el vapor pasa a través de tubería a las unidades terminales (radiadores), en donde se condensa después de ceder su calor. El condensador (líquido) retorna a la caldera a través del sistema de tubería, manteniendo así el nivel apropiado del agua dentro de la caldera. El flujo de vapor es por presión; no se usa fuerza mecánica.

En contraste a la caldera parcialmente llena del sistema de calefacción con vapor, la caldera, tubería y unidades terminales de un sistema de calefacción con agua caliente (figura A5-71), están completamente llenas de agua. El calor producido por el combustible sea gas, aceite o electricidad, se transfiere al agua dentro de la caldera o intercambiador de calor. El agua caliente se circula a través de la tubería y las unidades terminales del sistema. El calor



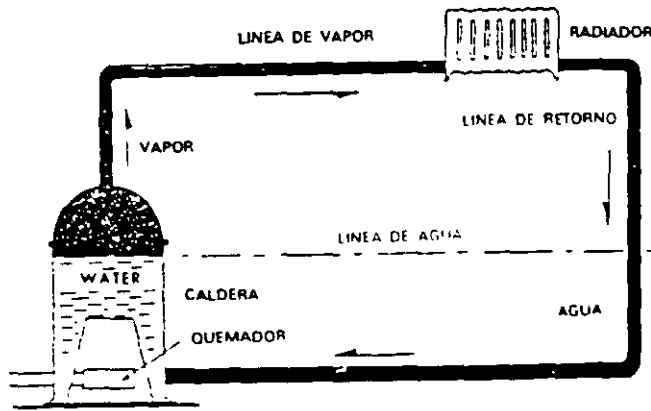


FIGURA A5-70 Sistema de vapor

terminales y de regreso a la misma. Los tamaños de tubería pueden ser más pequeños y pueden localizarse bajo la caldera si es necesario. La circulación forzada asegura un mejor control de la distribución.

Los sistemas de agua caliente pueden clasificarse de acuerdo a las temperaturas y presiones de operación:

	Presión de la caldera	Temperatura máxima del agua caliente
ABT Baja temperatura	30 psi	250°F
AMT Media temperatura	150 psi	350°F
AAT Alta temperatura	300 psi	400-500°F

cedido cuando el agua pasa a través de las unidades terminales hace que el agua se enfríe. El agua fría retorna a la caldera y es recalentada y recirculada. (Nota: un proceso similar pero a la inversa puede usarse para enfriamiento circulando agua helada: esta técnica se cubrirá posteriormente.)

Por definición, el término hidrónico incluye los tres sistemas, vapor, agua caliente y agua helada. Sin embargo, ya que los sistemas de calefacción a vapor no son instalados frecuentemente en residencias o comercios pequeños, esta discusión se concentrará en la calefacción con agua caliente

Los sistemas de media y alta temperatura se limitan a grandes instalaciones y están mas allá del alcance de este texto

Los sistemas de calefacción con agua caliente a baja temperatura se clasifican de acuerdo a la distribución de tuberías. Cuatro sistemas comunes son

1. En serie
2. Una tubería
3. Dos tuberías
4. Panel de agua caliente

===== A5-8-1  
Calefacción con agua caliente

En la figura A5-71, el flujo de agua depende de la circulación por gravedad debido a la diferencia en la densidad del agua en la línea de retorno y suministro. Como en la calefacción a vapor, los sistemas de agua caliente con flujo de gravedad son muy obsoletos, mucho mas popular hoy en día es el sistema con circulación forzada que usa una bomba para circular el agua de la caldera a las unidades

===== A5-8-2  
Sistemas de tubería

El sistema serie (figura A5-72), es el más comúnmente usado en pequeñas edificaciones o en subcircuitos de grandes sistemas. Las unidades terminales, usualmente del tipo de guardaescoba o aleteadas, sirven como parte del sistema de distribución. El agua fluye a través de cada elemento de calefacción en forma consecutiva. Por consiguiente, la temperatura del agua se reduce progresivamente alrededor

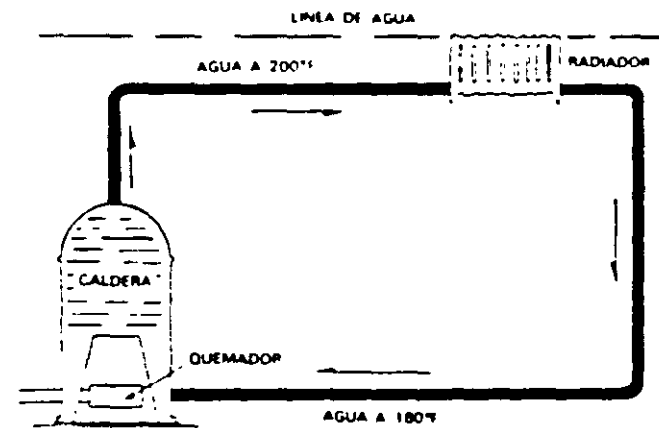


FIGURA A5-71 Sistema de agua caliente

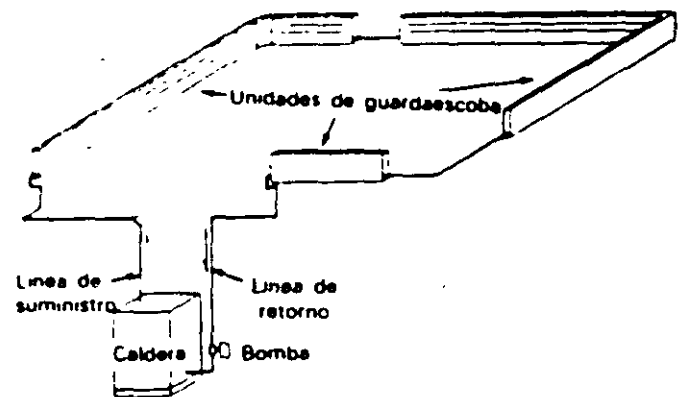


FIGURA A5-72 Sistema en serie de guardaescoba (un solo circuito)

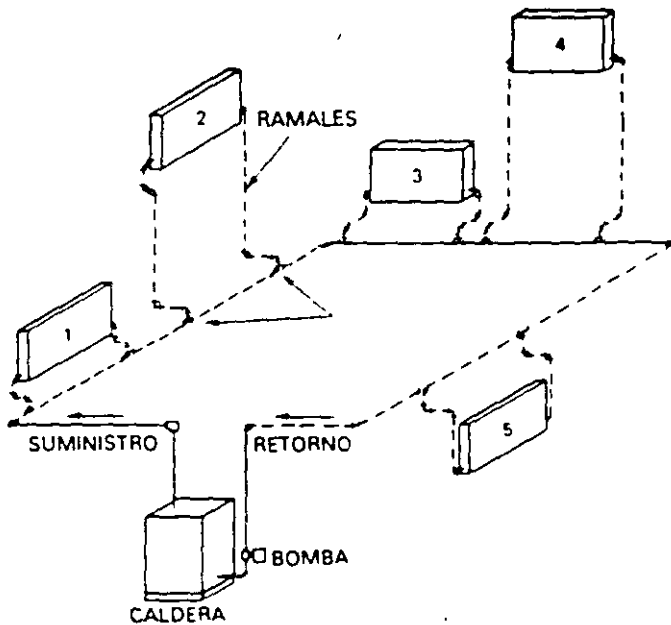


FIGURA A5-73 Sistema de calefacción con agua caliente de una tubería

del circuito, lo cual puede requerir que la longitud de cada elemento de calefacción se seleccione y ajuste para su temperatura real de operación. El sistema en serie tiene la ventaja de los más bajos costos de instalación. También, la tubería de interconexión puede estar sobre el piso, eliminando la necesidad de soporte de tubería, aislamiento y recubrimientos. Su desventaja descansa en el hecho de que la temperatura del agua a cada unidad no puede regularse y por tanto alguna forma manual de control de aire sobre el terminal es deseable. También, la capacidad del circuito se limita por el tamaño de los tubos y los elementos terminales.

El sistema de una tubería (figura A5-73) es una variación del de serie, excepto que los terminales están conectados en paralelo por medio de ramales. Los terminales individuales pueden controlarse, pero se requieren tees y estos accesorios se consiguen de pocos proveedores únicamente. Un sistema de una tubería, generalmente cuesta más instalarlo que un sistema comparable en serie a causa de los ramales de tubería y los accesorios especiales extra. El sistema de una tubería también muestra una caída de temperatura progresiva alrededor del circuito.

Los sistemas de dos tuberías (figura A5-74), usan una tubería (suministro) para llevar agua caliente a los terminales y una segunda parte para retomar el agua fría a la caldera. Se conoce como el *sistema reversible de dos tuberías* aquel en el cual, mientras en el terminal 1 es el más cercano a la caldera, en la línea de suministro de agua caliente es el más alejado en la tubería de retorno. Lo contrario es cierto para el terminal 5; es el más lejano en la tubería de agua caliente y el más cercano en la tubería de retorno. Esta igualdad de la distancia que el agua viaja a través de cada unidad provee distribución pareja de agua a través del sistema —y mejor control—. Las zonas o circuitos pueden emplearse con igual éxito. El sistema de dos tuberías

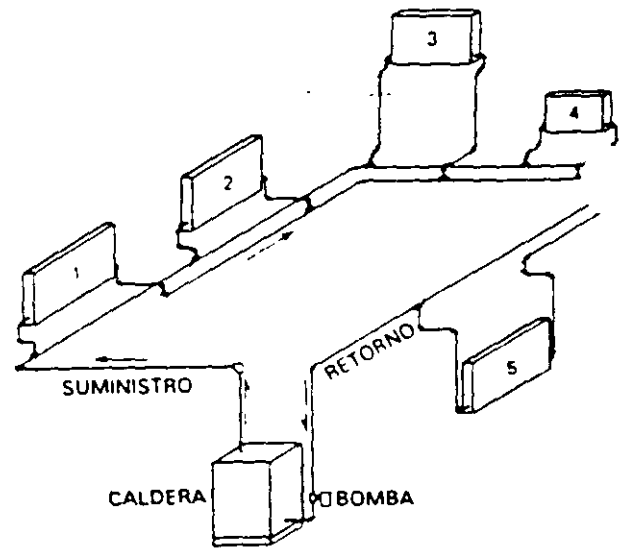


FIGURA A5-74 Sistema de calefacción de agua caliente de dos tuberías reversible

es usualmente preferido cuando se usan unidades terminales de baja caída de presión como las de guardaespejo.

Los sistemas tipo panel (figura A5-75) se instalan en pisos y cielorrasos y se utiliza un cabezal de su registro de retorno donde todos los serpentines pueden juntarse. Las válvulas de balance y purgas en cada uno de los serpentines pueden hacerse accesibles en una cabina o en el cielorraso de un closet.

Las discusiones precedentes y las ilustraciones fueron para sistemas de un corto circuito. Cualquiera de estos sistemas hidrónicos pueden también instalarse en circuitos múltiples donde un tubo o tubos principales, en uno o más circuitos paralelos entre el suministro y el retorno a la caldera.

Los circuitos múltiples se emplean por varias razones: para reducir la longitud total de los circuitos, para reducir el número de unidades terminales en un circuito, para reducir el tamaño de la tubería y la cantidad del agua circulada a través de un circuito y por simplificación del diseño de tubería en ciertos tipos de edificios.

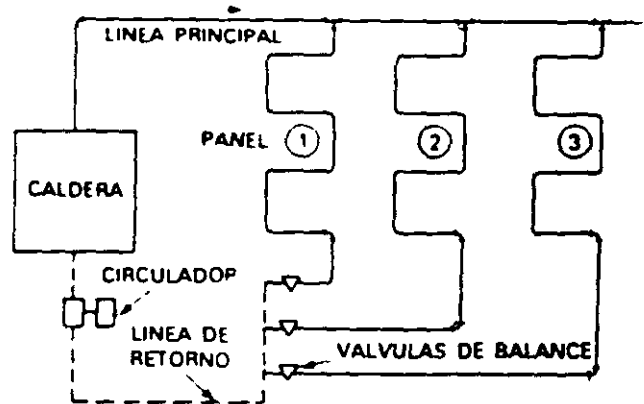


FIGURA A5-75 Agua caliente con circulación forzada y sistema tipo panel

A5-8.3  
Calderas

Las calderas de vapor aparecieron a mediados de la década de 1800 y alrededor de 1870 el agua caliente empezó a remplazar el vapor. El diseño de las calderas modernas incluye el uso de hierro fundido, acero y materiales de cobre.

Las calderas de hierro fundido son ensambladas de secciones de hierro fundido (figura A5-76). Pueden quemar gas, aceite o carbón. Las calderas de acero son diseñadas con tubos dentro de una carcasa. Usualmente, el agua está dentro de los tubos y el fuego o gases calientes alrededor de los tubos para calentar el agua. Esto es llamado una *caldera con tubo de agua* (figura A5-77). Sin embargo, algunas calderas funcionan al contrario —el fuego y los gases calientes pasan a través de los tubos y calientan el agua en la carcasa. Estas se llaman *calderas con tubos de fuego*. Las calderas de acero de tamaño residencial se venden como paquetes con bomba, quemadores, controles montados y alambrados.

Las calderas instantáneas para gas o aceite consisten de serpentines de cobre que contienen el agua del sistema rodeados por el fuego y los gases calientes. Son muy compactas y algunos modelos se diseñan para usarse al exterior.

Una caldera eléctrica es esencialmente una caldera convencional con un gran volumen interno y calentadores eléctricos directamente inmersos en el agua. Hay también calderas eléctricas de tipo instantáneo suficientemente pequeñas "para colgar en la pared" (figura A5-78), las cuales están provistas de calentadores eléctricos inmersos o elementos de calefacción pegados al exterior del recipiente de agua. La bomba y el tanque de expansión están incluidos en la cabina.

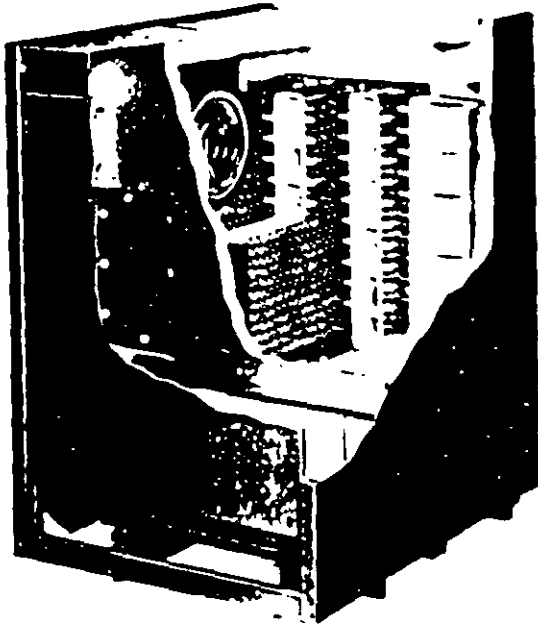


FIGURA A5-76 Caldera de gas (Cortesía de Weil-McLain, Div. of, Wylain Inc.)

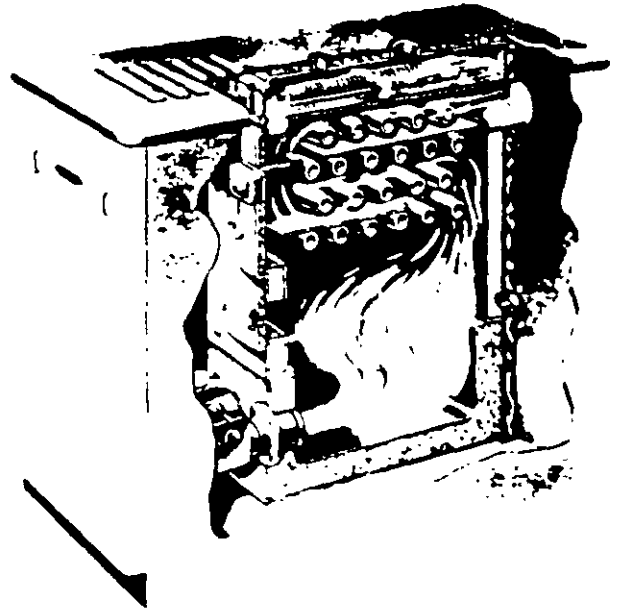


FIGURA A5-77 Caldera con tubo de agua

A5-8.4  
Sistema Típico

Una instalación típica de agua caliente a baja temperatura (figura A5-79) consiste de:

1. La caldera, bien sea de gas, aceite o eléctrica, como las descritas anteriormente y operada a 30 psi, con calefacción para llevar el agua de 180 a 220°F para suministro normal.
2. Un control de temperatura del agua en la caldera para reciclar el quemador o los calentadores y proveer control de la temperatura del agua caliente.
3. Una bomba de circulación de agua suficientemente grande para proveer el flujo del agua necesaria para calentar el espacio. El control de la bomba es mediante un termostato de espacio.
4. Una válvula de alivio que se "abrirá" si la presión de la caldera excede 30 psi.
5. Válvula reductora de presión y cheque y una válvula automática de agua de renovación que suministra agua a la caldera para llenado inicial y también si la presión se cae demasiado.
6. Un tanque cerrado con cojín de aire, el cual, en el llenado inicial tiene una bolsa de aire atrapada dentro del mismo. Cuando el agua se calienta se expande y comprime el aire atrapado como un cojín proporcionando espacio extra para el agua sin crear presión excesiva.
7. Purgas de aire en los terminales o puntos altos del sistema de tubería para purgar aire atrapado, no deseado.

==== A5-85  
 ===== Terminales

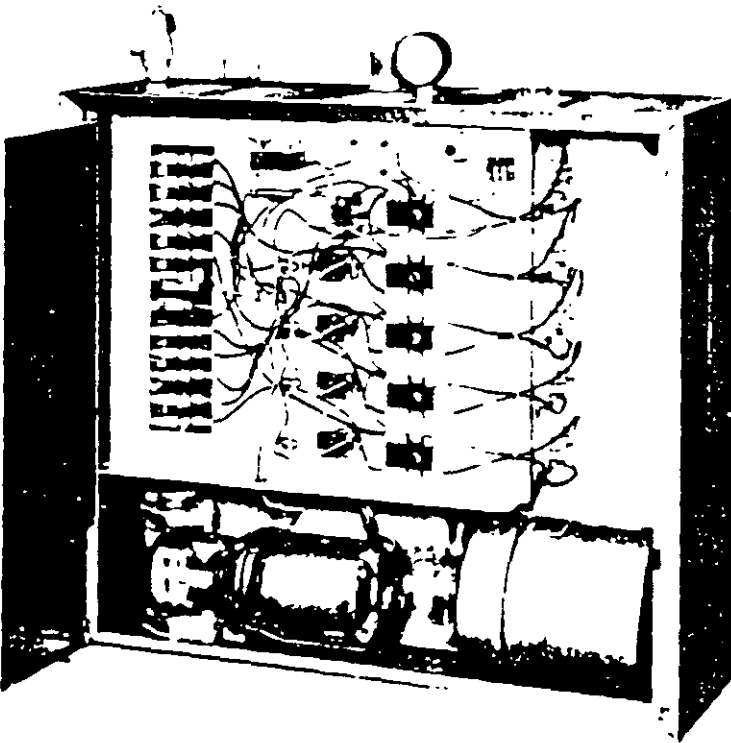


FIGURA A5-78 Caldera electrica tipo pared (Cortesía de Weil McLain Div. of Wylair, Inc.)

8. Una válvula de control de flujo (válvula cheque) para evitar circulación de agua por gravedad cuando la bomba no está en operación
9. Las válvulas de purga y drenaje, las válvulas de balanceo, servicio y mantenimiento y las de ajuste necesarias

==== A5-9  
 ===== CALEFACCION EN  
 ===== INVIERNO-HUMIDIFICACION

En el capítulo 2 se discutió la importancia de tener una humedad apropiada y algunos de los efectos negativos

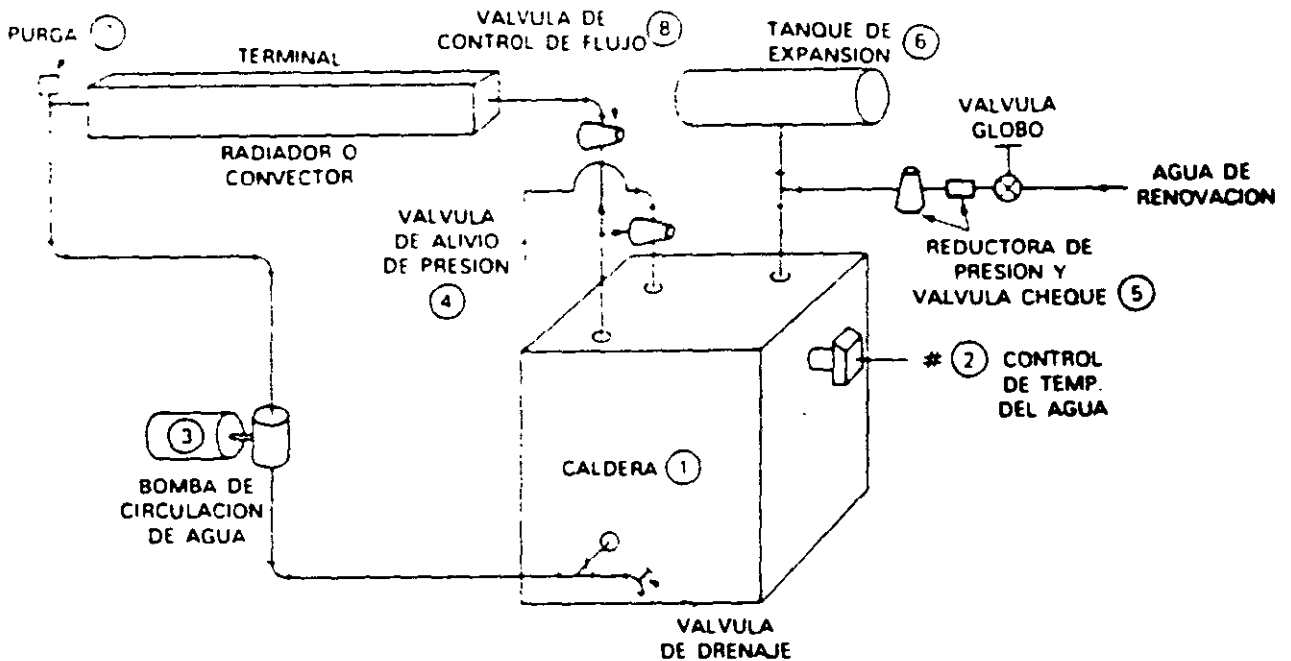
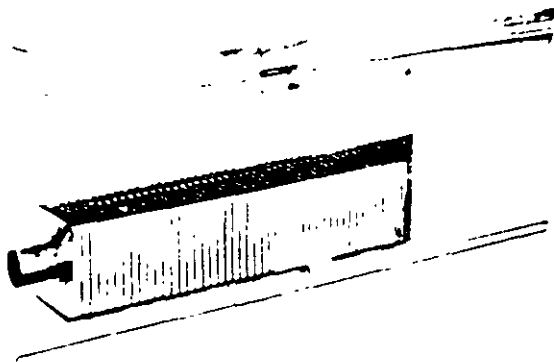
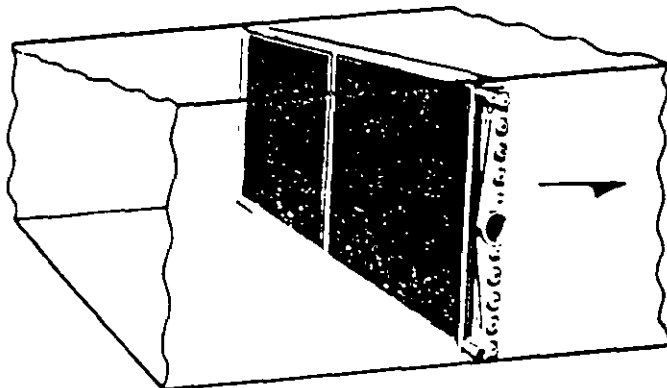


FIGURA A5-79 Sistema residencial tipico de agua caliente



**FIGURA A5-80** Terminal de guardaescoba con tubo aleateado (Cortesía de Weil-McLain Div. of Wylam Inc.)



**FIGURA A5-82** Serpentin de agua caliente en un ducto

de un control deficiente de humedad sobre la gente y los materiales.

Los humidificadores tipo cuarto se consiguen para añadir humedad al aire, pero estos requieren atención constante en términos de una reposición manual de agua. Su capacidad de evaporación es limitada y su mejor utilización es al lado de camas para propósitos médicos.

Como se mencionó previamente, los sistemas centrales de calefacción y aire acondicionado con aire forzado ofrecen la solución ideal para añadir humedad al aire en la localización del horno y circularlo en toda el área habitable.

¿Cuanta humedad deba añadirse al aire en una residencia? Esto, por supuesto, está sujeto a las temperaturas interior y exterior y a las condiciones de humedad, las cuales cambian constantemente. Tendríamos que ir a través de una larga discusión que tiene que ver con la presión de vapor, contenido de humedad, permeabilidad y materiales de construcción, etc., pero la respuesta aun representaría una muestra y no sería útil para aplicación práctica.

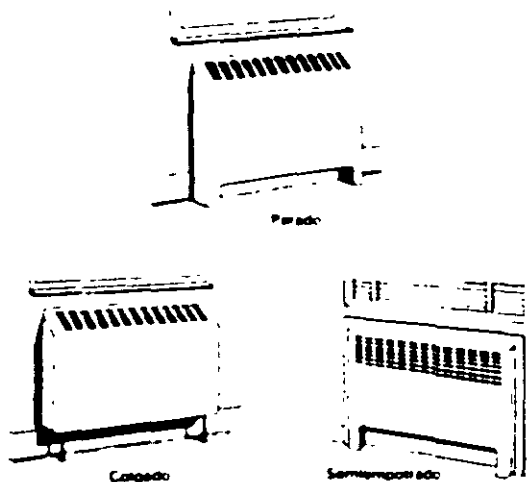
Afortunadamente, ARI desarrolló un programa de certificación conocido como *Estandar 610*, abierto a todos los fabricantes para "dimensionar" un humidificador en términos de la capacidad —una medida en galones de la cantidad

de agua que el equipo puede evaporar en 24 horas. El tamaño de la casa y su hermeticidad son dos factores importantes al determinar la capacidad de un humidificador. La figura A5-83 es una carta de muestra publicada por un fabricante, que fija los máximos requisitos de humedad. Se basa en condiciones de diseños de una temperatura exterior de bulbo seco de 20°F, 80% de humedad relativa, una temperatura interior de bulbo seco en 70°F y 40% de humedad relativa y una producción mínima de humedad para operaciones residenciales para una diferencia de humedad absoluta de 0.0049 lb/h. La definición de una casa hermética es que esté aislada, tenga barreras de vapor, puertas y ventanas contra tormentas y su chimenea con damper. Una casa promedio, estará bien aislada, tendrá barreras de vapor, puertas y ventanas contra tormenta, flojas y una chimenea con damper.

Con el volumen de la residencia conocido (en pies<sup>3</sup> - longitud × ancho × altura de cielorraso) se puede rápidamente determinar cuántas libras por hora o galones por día

**FIGURA A5-83** Requisitos máximos de humedad

Volumen de la residencia (pie <sup>3</sup> )	CASA HERMETICA		CASA PROMEDIO	
	Libras por día	Galones por día	Libras por día	Galones por día
8 000	1.76	5.09	3.52	10.17
10 000	2.21	6.35	4.41	12.72
12 000	2.64	7.63	5.29	15.26
14 000	3.09	8.91	5.92	17.08
16 000	3.53	10.18	7.06	20.35
18 000	3.97	11.45	7.94	22.89
20 000	4.41	12.72	8.82	25.44
22 000	4.85	13.99	9.71	27.98
24 000	5.29	15.27	10.59	30.52
26 000	5.74	16.54	11.47	33.07
28 000	6.18	17.81	12.35	36.51
30 000	6.62	19.08	13.24	38.16



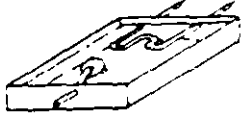
**FIGURA A5-81** Convectores



Rata de evaporación 0.03 lb/h/psf  
a temperatura del cuarto y aire quieto  
3 lb/h requieren 100 pies<sup>2</sup> de bandeja

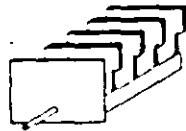
Bandejas con placas o discos  
montados en aire caliente  
Capacidad de 1 a 3 lb/h

CALENTADOR  
DE INMERSION



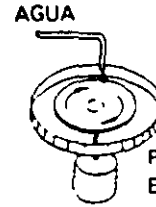
VALVULA DE FLOTADOR

FIGURA A5-84 Humidificación tipo bandeja



SUMINISTRO DE AGUA

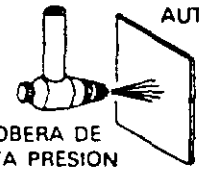
Capacidad con  
Elemento de 100 watos = 3 a 4 lb/h  
Serpentín de agua caliente (180°F) = 4 a 6 lb/h  
Serpentín de vapor (2 psig) = 10 a 20 lb/h



Tipo como o rueda centrífuga  
capacidad de  
1 a 2 lb/hora

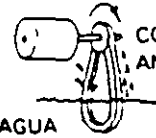
PLACAS  
ESTACIONARIAS

Capacidad de rocado  
o atomización de  
1 a 10 lb/hora



PLACA DE  
AUTOMIZACION

TOBERA DE  
ALTA PRESION



CORREA O  
ANILLO "O"

Anillo espaciador  
Capacidad de  
1 a 3 lb/hora

AGUA

FIGURA A5-86 Humidificadores de atomización

se necesitarán para mantener las condiciones anteriores. Esto es una guía promedio pero se aplicará a la mayoría del país. Recuerde que la temperatura de invierno exterior promedio no permanece bajo 20°F por muy extensos periodos de tiempo. Todo productor certificado por ARI tendrá similar información sobre capacidad relativa a sus unidades.

Con un método de determinar cuánta agua debe evaporarse, la siguiente pregunta es qué clase de humidificadores hay disponibles. Esto, también, es una elección o compromiso basado en la necesidad, capacidad, método de operación, precio y facilidad de mantenimiento.

Los primeros humidificadores fueron del tipo bandeja (figura A5-84). Era limitados en capacidad, con problemas de incrustación cuando se precipitaban los sólidos del agua durante la evaporación o requerían demasiada energía, tales como calentadores eléctricos.

Se han hecho mejoras al de tipo placa usando discos rotantes como el presentado en la figura A5-85. Los discos

están hechos de material no corrosivo y se giran con un pequeño motor. Los discos constantemente presentan una superficie húmeda al aire. Este tipo de humedad se monta en un ducto de aire caliente y puede evaporar 25 galones de agua por día. Es relativamente barato para instalar y operar.

Otra versión es el humidificador de atomización (figura A5-86), el cual rompe mecánicamente el agua en finas gotas para acelerar la evaporación. Se muestran varios métodos. La tobera de alta presión rara vez se usa en residencias, sin embargo usados extensamente en sistemas comerciales que necesitan grandes volúmenes de agua. El diseño de rueda centrífuga (figura A5-87), ha sido una unidad popular para montar en el plenum de retorno del horno o suspendida bajo un ducto de retorno. Una rueda centrífuga lanza el agua contra un conjunto de placas ranuradas y rompe el agua en una fina niebla, la cual es luego soplada al aire acondicionado. Su desventaja es capacidad limitada para grandes casas.

El tercer y más efectivo tipo se llama *humidificador de elemento húmedo* (figura A5-88), el cual combina las ventajas de una corriente positiva de aire que pasa sobre una gran superficie húmeda. El humidificador del plenum (figura A5-89), usa un pequeño ventilador interno para pasar el aire a través del conjunto húmedo de evaporación y luego retornarlo a la corriente de aire del horno. Su capacidad es alta, pero consume una significativa cantidad de energía eléctrica.

El humidificador de by-pass (figura A5-90) no tiene un ventilador pero depende del diferencial de presión de aire entre el plenum de aire caliente (presión positiva) y el retorno del aire frío (presión negativa). Su capacidad es ligeramente menor que la del modelo con ventilador, pero no se añade costo eléctrico.

La decisión de qué método, modelo o marca instalar es una función de la necesidad, aplicación, precio y mantenimiento. Y sobre el último punto, el mantenimiento es la

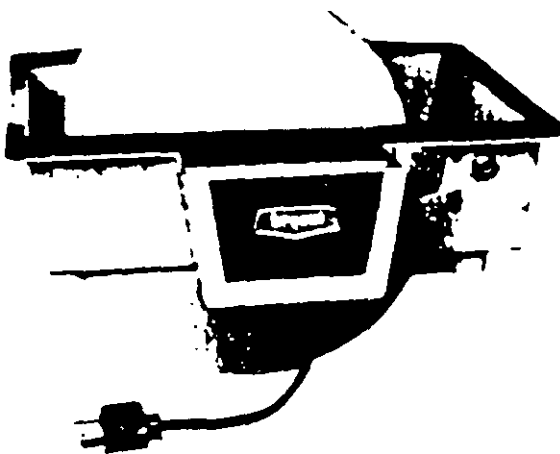


FIGURA A5-85 Humidificador del tipo de disco rotante  
(Cortesia de BDP Company, Division of United Technologies Corporation)

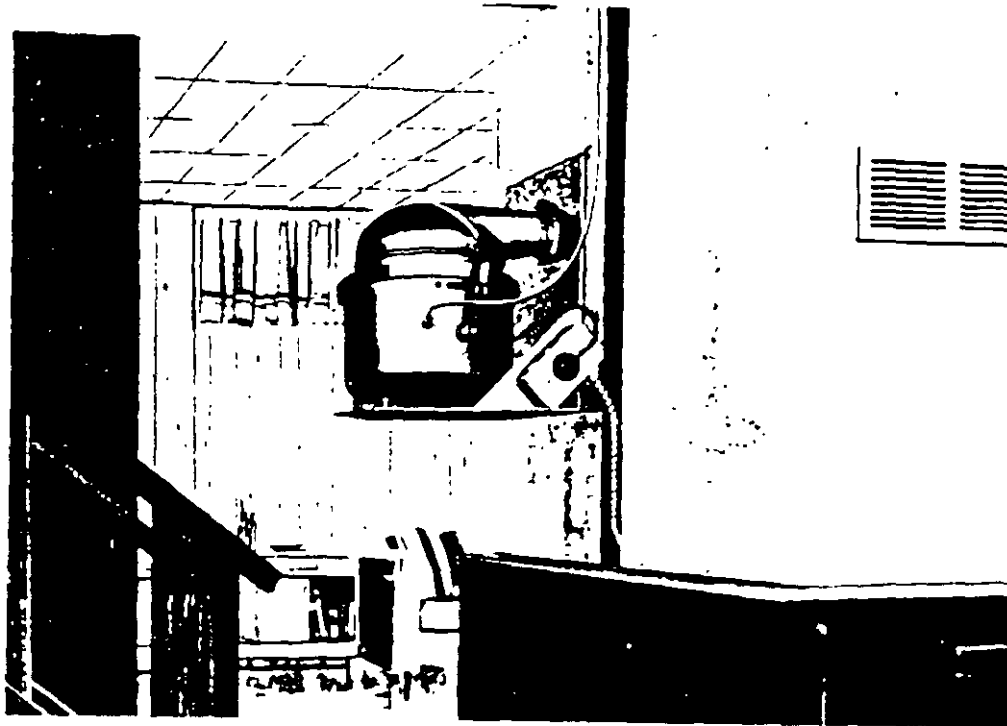
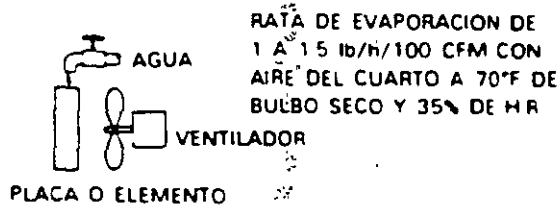
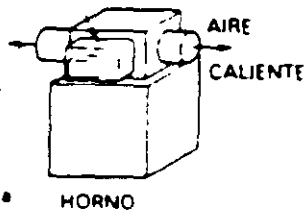


FIGURA A5-87 Humidificador tipo rueda centrifuga (Cortesía de Walton laboratorios)



RATA DE EVAPORACION DE  
1 A 15 lb/h/100 CFM CON  
AIRE DEL CUARTO A 70°F DE  
BULBO SECO Y 35% DE H R

PLENUM HUMIDIFICADOR



EL AIRE CALIENTE SE INDUCE  
A TRAVES DE SUPERFICIES  
HUMEDAS POR MEDIO DEL  
VENTILADOR HUMIDIFICADOR  
CAPACIDAD DE 3 A 10 lb/hora

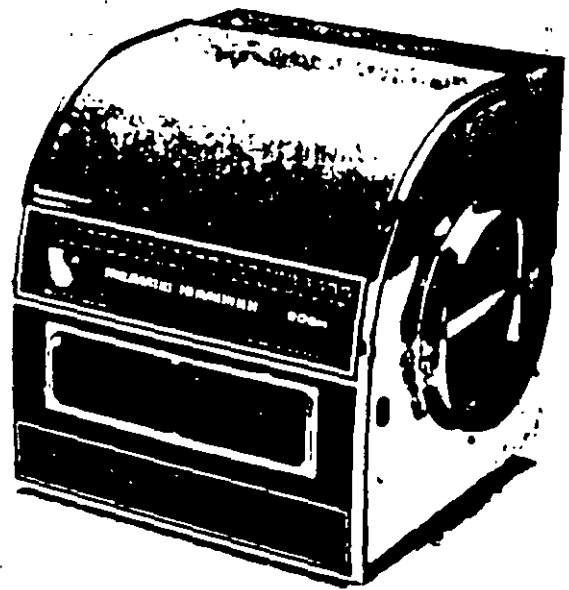
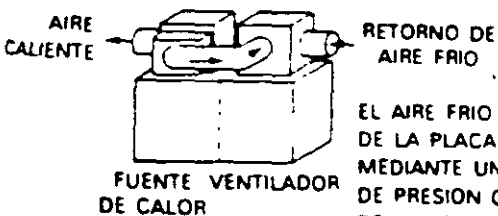


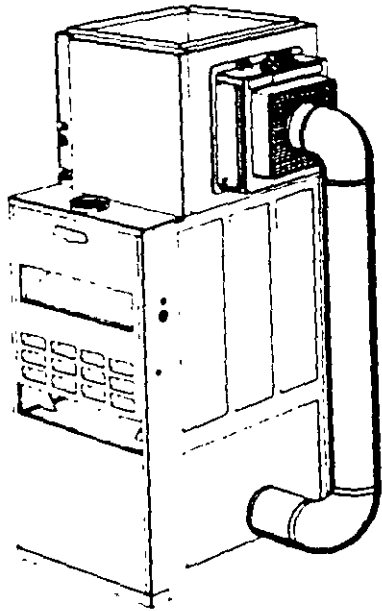
FIGURA A5-89 Humidificador de plenum (Cortesía de Skuttle Manufacturing Company)

HUMIDIFICADOR  
DE BY-PASS

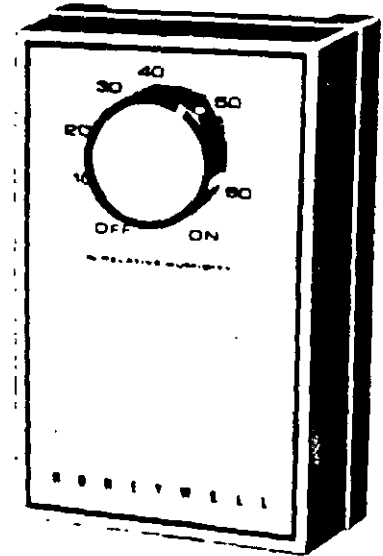


EL AIRE FRIO PASA A TRAVES  
DE LA PLACA HUMEDA  
MEDIANTE UN DIFERENCIAL  
DE PRESION CAPACIDAD  
DE 4 A 8 LB/HORA

FIGURA A5-88 Humidificadores de elemento humedo



**FIGURA A5-90** Humidificador de By-Pass  
(Cortesía de BDP Company Division of  
United Technologies Inc.)



**FIGURA A5-91** Humidostato (Cortesía de Honeywell, Inc.)

clave para la operación efectiva del humidificador. Independientemente del tipo, se evapora agua y los sólidos suspendidos tales como calcio se colectarán e incrustarán las superficies, lo cual debe removerse periódicamente. La pregunta es, ¿puede hacerlo el propietario o dependerá de su instalador? Algunos productos son simples de mantener, otros no son tan fáciles y deben ser atendidos por técnicos de servicio.

El control del humidificador depende del grado de precisión necesario. El agua de renovación se introduce y controla con una válvula de flotador que mantiene un cierto nivel. Si el humidificador no tiene ventilador interno tal como en el modelo de by-pass, funcionará cuando el horno prenda y apague. Pero cuando el ventilador del horno opere, se introducirá demasiada humedad si no se emplea una válvula solenoide de corte de agua.

Donde se requiera un control de humedad preciso se usará un humidostato para energizar o desenergizar la válvula solenoide y/o el ventilador de horno.

(Esto se volverá a ver después, en los sistemas eléctricos de control.)

Un humidistat (figura A5-91) es un mecanismo interruptor accionado por cambios en la humedad. El elemento sensor o hidrosκόpico de un humidistat residencial común está compuesto por cabello humano firmemente unido a una tira de teflón que se contrae o expande bajo condiciones variables de humedad. Este movimiento es suficiente para abrir o cerrar un contacto eléctrico. Algunos se montan en la pared, pero otros se colocan en ductos y pueden estar equipados con un interruptor que sensea el movimiento del aire en el ducto.

## PROBLEMAS

- |  |   |
|--|---|
| <p>A5-1. Nombre cuatro tipos de combustibles comunes</p> <p>A5-2. ¿Qué grados de aceites combustibles se usan para calefacción residencial? El poder calorífico aproximado es _____</p> <p>A5-3. El gas natural se compone principalmente de _____</p> <p>A5-4. Nombre los dos tipos más comunes de gas LP normal</p> <p>A5-5. ¿Es el gas LP más liviano o más pesado que el aire?</p> | <p>A5-6. ¿Cuánto aire de combustión (relación) se necesita para quemar el gas natural?</p> <p>A5-7. ¿Qué relación de aire de combustión se necesita para quemar propano y butano?</p> <p>A5-8. Los productos de gas bien quemado, además del calor son _____ y _____</p> <p>A5-9. Un producto de gas mal quemado es _____</p> <p>A5-10. En la calefacción eléctrica, 1 kilowatt es igual a _____ Btu.</p> |
|--|---|



- A5-11. La autoridad que establece las normas de seguridad y construcción para aparatos de gas en Estados Unidos es \_\_\_\_\_.
- A5-12. La dependencia que fija las normas de seguridad para un aparato de petróleo es \_\_\_\_\_.
- A5-13. ¿Cuál es el producto de calefacción eléctrica que más se usa?
- A5-14. Dar los nombres de cuatro tipos de calefactores de aire forzado.
- A5-15. ¿Cuál es la diferencia básica entre una unidad alta y baja de calefacción con aire forzado?
- A5-16. Si un calefactor de gas tuviera una capacidad de consumo de 120,000 Btu/h, ¿cuál sería la capacidad de calefacción, o salida?
- A5-17. Los espacios libres de calefactor son las distancias a \_\_\_\_\_.
- A5-18. La ventilación de un calefactor de gas tiene dos funciones básicas. ¿Cuáles son?
- A5-19. El objeto de una campana, caperuza, desviador o divisor de tiro en un calefactor es \_\_\_\_\_.
- A5-20. Hay cuatro métodos de suministrar aire a una unidad residencial de calefacción. ¿Cuáles son?
- A5-21. ¿Se permite usar el cuarto de equipos como parte del sistema de retorno de aire?
- A5-22. Los cambiadores de calor se construyen en dos estilos distintos. ¿Cuáles son?
- A5-23. En un cambiador de calor con quemador de petróleo, la parte que contiene al quemador se llama la superficie \_\_\_\_\_.
- A5-24. La sección o secciones adicionales del cambiador de calor se llaman superficie \_\_\_\_\_.
- A5-25. El dispositivo de la zona de combustión con el cual se produce máxima eficiencia de combustión se llama \_\_\_\_\_.
- A5-26. Los quemadores de petróleo para calefactores residenciales de aire forzado son del tipo \_\_\_\_\_.
- A5-27. Un quemador de petróleo residencial tiene cuatro partes principales. ¿Cuáles son?
- A5-28. Las capacidades de los calefactores eléctricos se dan, en general, en incrementos de \_\_\_\_\_ kilowatts.
- A5-29. Hay dos tipos de protección que se colocan en los conjuntos de calefactores eléctricos. ¿Cuáles son?
- A5-30. El control de demora que se usa con los elementos eléctricos se llama \_\_\_\_\_.
- A5-31. Los elementos de un calefactor eléctrico se alternan encendidos y apagados. ¿Por qué?
- A5-32. El término "hidrónico" cubre tres tipos de sistemas de transmisión de calor. ¿Cuáles son?
- A5-33. La presión y temperatura máxima del agua para los calefactores residenciales de agua caliente son \_\_\_\_\_ psig y \_\_\_\_\_ °F.
- A5-34. ¿Cuáles son los cuatro tipos de distribución de tubería para sistemas de calefacción con agua de baja temperatura?
- A5-35. Describir un calentador de tubos de agua.
- A5-36. Dar los nombres de tres tipos de humidificadores.
- A5-37. Para controlar el nivel de humedad de una zona, se usa un \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



000

...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

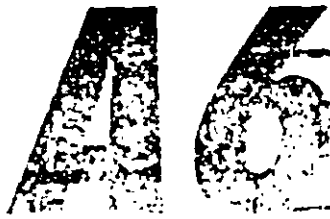
### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 6 FILTRACIÓN MECÁNICA Y ELECTRÓNICA**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Filtración mecánica y electrónica

==== A6 1

## FILTRACION MECANICA

En discusiones anteriores sobre equipo de calefacción con aire forzado, se incluyeron los filtros mecánicos como accesorios estándar. El término *mecánico* describe un filtro típico de material fibroso (figura A6-1) comúnmente llamado *desechable* o *reemplazable*. Consiste de un marco de cartón con una malla de metal para sostener el material filtrante en su sitio. El material filtrante consiste de fibras de vidrio continuas empacadas flojas, que se enfrentan al aire que entra y otras más densamente empacadas en el lado del aire a la salida. La dirección del aire está claramente marcada. El espesor del filtro es usualmente una pulgada para el equipo residencial. Los filtros vienen en una amplia variedad de tamaños estándar (longitud y ancho). La velocidad del aire máxima recomendada, a través de la cara, debe ser alrededor de 300 pies/min, con una caída de presión máxima permisible de cerca de 0.5 pulg de columna de agua. Algunos recubren el medio filtrante con una sustancia adhesiva para atraer y sostener polvo y suciedad.

Muchos de los fabricantes y proveedores de filtros también ofrecen el que se conoce como *permanente* o *lavable* (figura A6-2). Consiste de un marco de metal con un material para filtrar el aire, tipo viscoso y lavable, soportado por deflectores de metal con aperturas o pasajes de aire, graduables. El material del filtro se recubre con una delgada capa de aceite o adhesivo, para ayudar al efecto filtrante. Cuando es necesario, estos filtros pueden ser removidos y lavados con detergente, secados y recubiertos.

Otra variedad de filtro seco, es un trozo de rollo de material soportado por una malla de metal de algún tipo, como se ve en las figuras A6-3 y A6-4.

En el trabajo comercial e industrial hay variedades de filtros húmedos y secos para uso especial donde se trata con grandes volúmenes de aire, o la filtración de sustancias químicas tales como la remoción de pintura en cuartos de pintar, lavanderías comerciales, salas de operación en hospitales, etc., pero esta es una materia para ser manejada por expertos.

La eficiencia de filtros mecánicos residencial y comercial liviano puede variar de 25% para un equipo de ventana hasta quizás 75 a 80% para el mejor equipo central de calefacción y aire acondicionado. Esto significa que son efectivos en la remoción de suciedad, cabello, partículas de polvo grandes y algunos son eficaces en la detención de polen de semillas. Son relativamente ineficaces con humo y partículas oxidantes. Así, para uso promedio, hacen un trabajo aceptable. Sin embargo, para el propietario no es fácil mantener los filtros limpios y los filtros sucios son probablemente el principal factor de mal funcionamiento del equipo. Cuando el filtro mecánico se obstruye con polvo, puede reducir el flujo del aire a un punto donde el serpentín de enfriamiento, se congelará, conduciendo quizás a una falla del compresor. O en el sistema de calefacción, puede causar sobrecalentamiento y reducir la vida de intercambiador de calor o puede hacer disparar el interruptor límite. Los filtros sucios incrementan los costos de operación cuando baja la eficiencia del sistema.

==== A6 2

## FILTRACION ELECTRONICA

Donde se desea un alto grado en la eficiencia de filtrado (sobre 80%), el uso de limpiadores de aire electrónicos es altamente recomendable. El capítulo 2 menciona las muchas ventajas para la salud, limpieza y ahorros que resultan de tener el aire limpio. El desarrollo de productos industriales ha puesto estos accesorios dentro del alcance de los propietarios de hogares.

Los principios de la precipitación electrostática en filtrado de aire, no es un descubrimiento reciente y ha sido usado en aplicaciones industriales y comerciales tales como chimeneas, cuartos limpios, etc. La adaptación a uso residencial, se hizo posible por la producción en masa y mercado efectivo en los últimos 10 a 15 años. Hay dos tipos de limpiadores electrostáticos: el de ionización y el medio cargado.

En los limpiadores de ionización (figura A6-5),

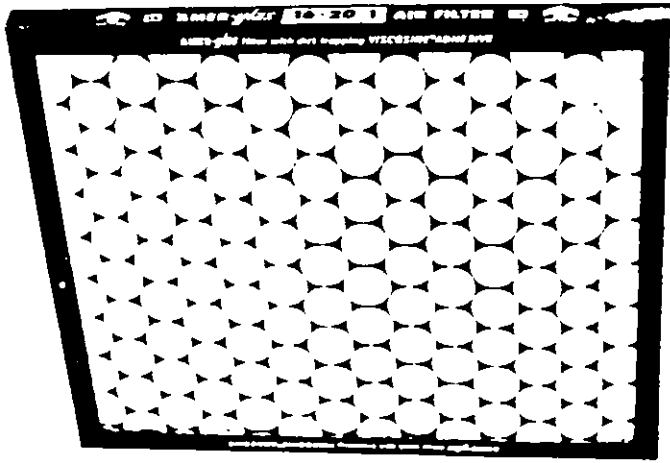


FIGURA A6-1 Filtro de material fibroso tipo desechable (Cortesía de American Air Filter una compañía Allis-Chalmers )

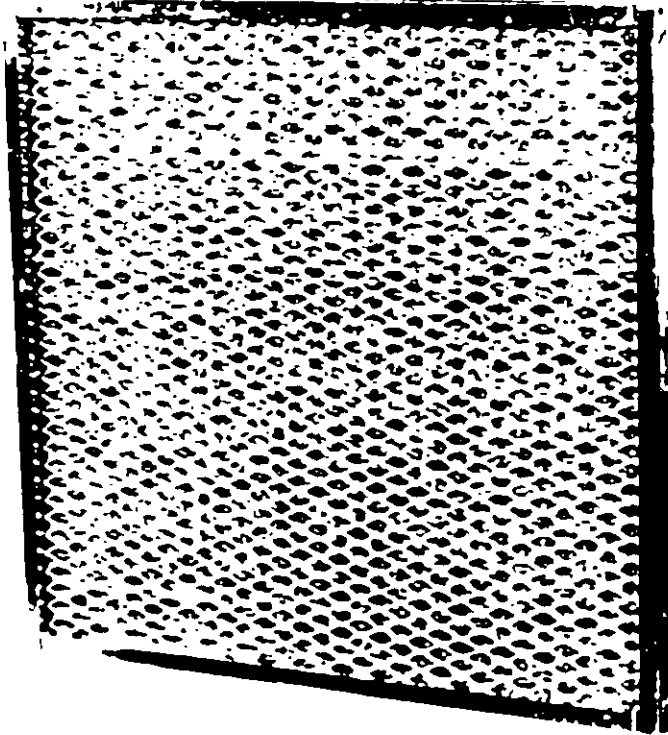


FIGURA A6-2 Filtro lavable (Cortesía de American Air Filter una compañía Allis Chalmers )

iones positivos son generados en la sección de ionización por alambres de alto potencial ionizador. El flujo de iones a través de la corriente de aire, golpea y se adhiere a cualquier partícula de polvo llevada por la corriente de aire. Estas partículas luego pasan a la celda colectora, la cual es un sistema de placas cargadas, aterrizadas. Estas son conducidas a las placas colectoras mediante la fuerza ejercida por el campo eléctrico sobre las cargas que lleva. Las partículas de polvo que alcanzan las placas son así removi-

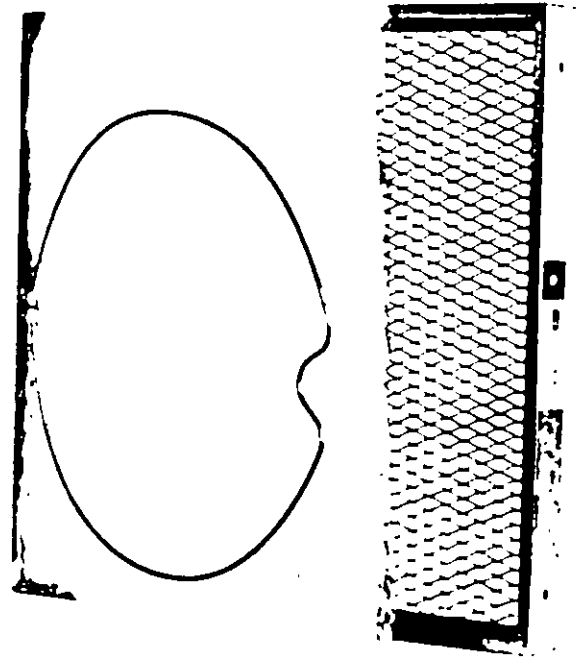


FIGURA A6-3 Filtro seco (Cortesía de American Air Filter una compañía Allis-Chalmers )

das de la corriente de aire y sostenidas hasta que son lavadas. Una pantalla prefiltradora usualmente se emplea para coger grandes partículas

En un diseño típico de un limpiador de aire electrostático (figura A6-5), un potencial de 12.000 V cd o más, usa para crear el campo de ionización y un voltaje similar o ligeramente más bajo se mantiene entre las placas de la celda colectora. Estos voltajes necesitan precauciones de seguridad, las cuales se diseñan dentro del equipo. El voltaje se eleva de 110 V en la fuente a 12.000 V, por medio de un transformador de alto voltaje y se convierte la ca a cd usando rectificadores de estado sólido que contienen silicio o selenio. El consumo de potencia es relativamente bajo; 50 W o menos. La celda colectora (figura A6-7) hecha de placa de aluminio anticorrosivo, requiere remoción periódica para limpieza con detergente o jabón líquido y luego lavándolas con una manguera. Algunas celdas son lo suficientemente pequeñas para ser limpiadas en una lavadora de platos automática.

El limpiador de aire del tipo, medio cargado, tiene características de ambos filtros, secos y limpiadores electrostáticos. Consiste de un medio dieléctrico filtrante generalmente arreglado en bloques. No se usa ionización. El medio dieléctrico está en contacto con una malla que consiste en miembros alternativamente cargados mantenidos a un voltaje muy elevado. Un intenso campo electrostático es así creado y las partículas que se aproximan al campo se polarizan y son arrastradas a los filamentos o fibras del medio. Este tipo de limpiador ofrece mucha mayor resistencia al flujo de aire y la eficiencia del medio es disminuida por la alta humedad. En esta época los limpiadores de aire con medio cargado no son vendidos en volumen apreciable para aplicación residencial.

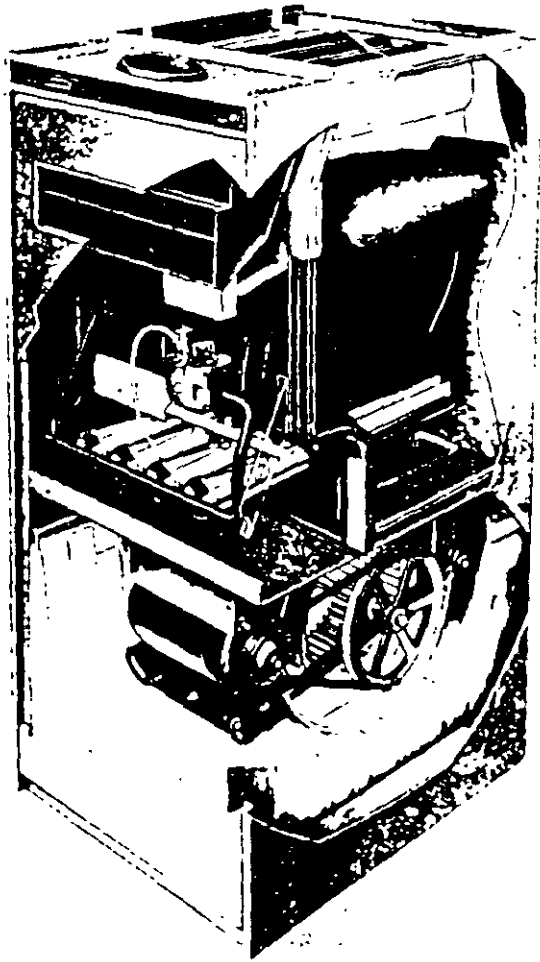


FIGURA A6-4 Cojin de filtro de secado (Cortesía de Lennox Industries)

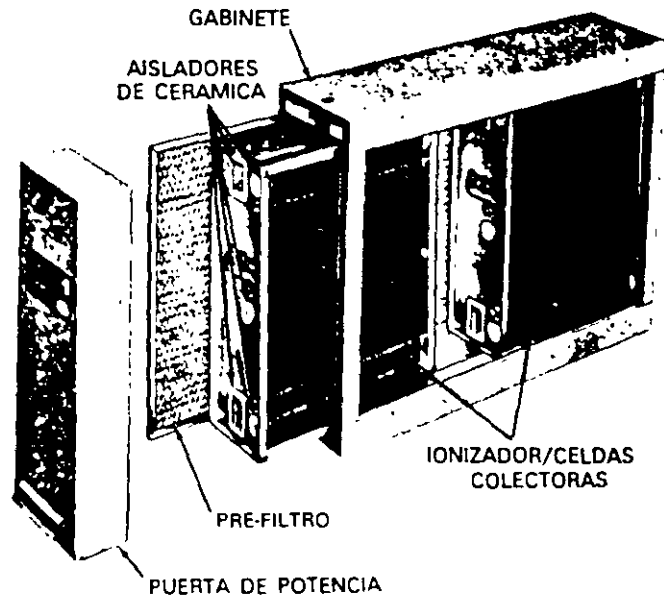


FIGURA A6-6 Limpiador de aire electrónico (Cortesía de Fedders Air Conditioning-USA)

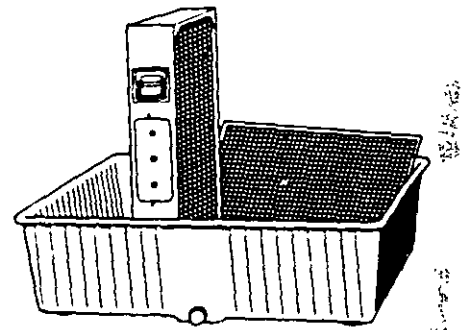


FIGURA A6-7 Limpieza de una celda colectoras

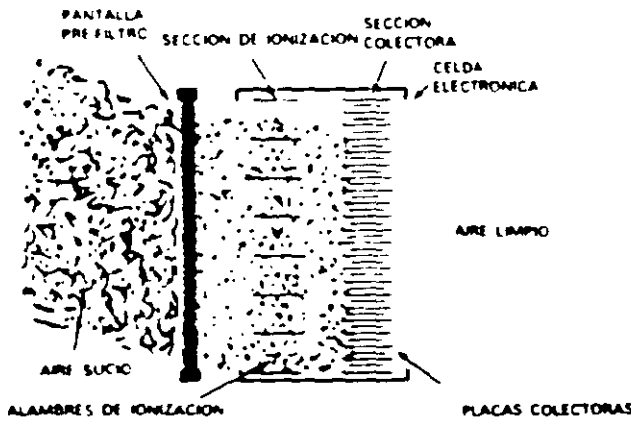


FIGURA A6-5 Limpiador tipo ionizador

¿Qué tan efectivos son los limpiadores electrónicos? La mayoría son capaces de filtrar partículas de polvo, humo, polen y bacterias en un rango en tamaño, desde diámetros de 50 micrones hasta 0.03 micras. La micra es una unidad de medida (longitud) igual a una millonésima de metro o 1/25.400 pulg. El punto hecho con un lápiz puntado

tiene cerca de 200 micras de diámetro. Se necesitan microscopios especiales para examinar partículas de este tamaño.

La eficiencia de operación de un limpiador de aire electrostático es una función del flujo de aire. Con un número fijo de alambres ionizadores y placas colectoras, un modelo particular puede usarse sobre un rango de cantidades de flujo de aire (pie<sup>3</sup>/min). El se especificará para una cantidad de pie<sup>3</sup>/min nominal y luego con otras tasas de eficiencia para el rango recomendado de operación. A mayor flujo de aire menor eficiencia. Los limpiadores de aire electrostáticos para residencias vienen en tamaños de 800 a 2,000 pies<sup>3</sup>/min. El número de modelos depende del fabricante. La mayoría ofrece dos tamaños 800 a 1,400 pies<sup>3</sup>/min y 1,400 a 2,000 cfm. La caída de presión estática es aproximadamente 0.20 pulgadas de columna de agua en el punto de flujo de aire nominal. Las especificaciones son publicadas de acuerdo con el National Bureau of Standards Dust Spot Test y/o son certificados por las normas ARI.

La aplicación de un limpiador de aire es muy flexible (figura A6-8). Cuando se monta en un horno o manejador de aire, se coloca en el ducto de aire de retorno para fluir

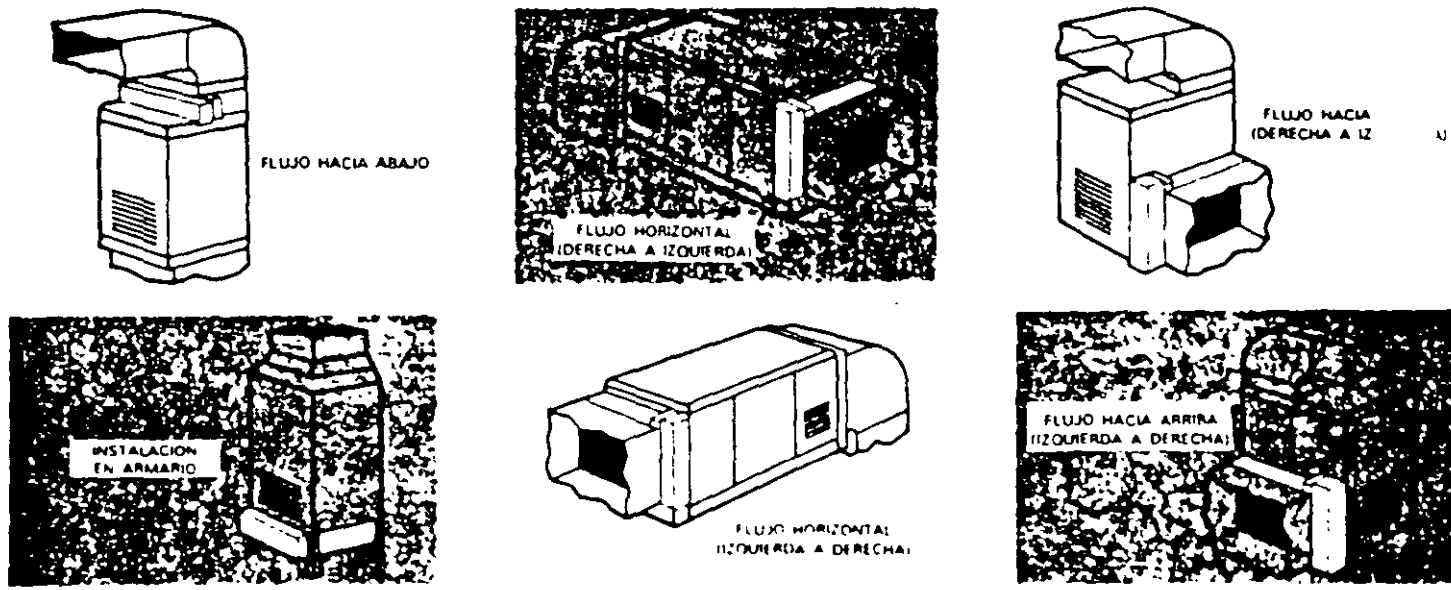


FIGURA A6-8 Instalación de limpiadores de aire

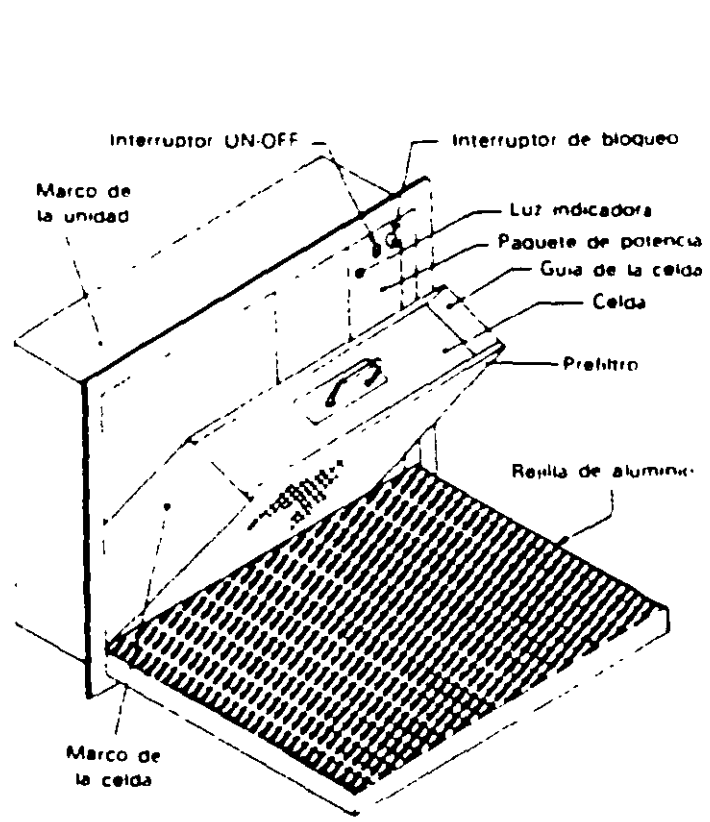


FIGURA A6-9 Instalación de limpiador de aire tipo panel

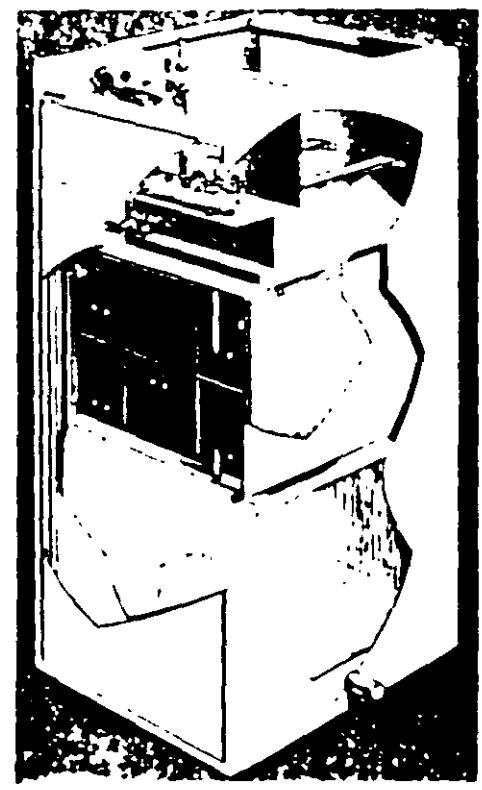


FIGURA A6-10 Limpiador de aire electrónico (Cortesia de Adison Products Company)

hacia arriba, hacia abajo u horizontal. La posición no afecta su comportamiento. (Nota: Algunas unidades están equipadas con filtros lavables incorporados y obviamente, estos deben instalarse verticalmente.)  
 Para tener la explicación de los principios del funciona-

miento eléctrico del limpiador electrónico de aire, véase la sección R21-6.1  
 Donde los hornos se instalan en espacios muy pequeños y no hay sitio para los ductos, algunos fabricantes en un modelo (figura A6-9) el cual puede instalarse en

pared y realmente proveen un retorno de aire decorativo, en el salón de estar. El acceso para el servicio es a través de la ventanilla.

Algunas unidades, como se muestra en la figura A6-10,

tiene lavado incorporado sin remover las celdas. Con el control automático se inicia una acción de lavado con rociadores sobre las placas. El agua se colecta en el fondo de donde es drenada.

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- |       |  |        |  |
|-------|--|--------|--|
| A6-1. | ¿Cuál es el nombre común de un filtro mecánico no lavable?                 | A6-6.  | Los limpiadores de aire electrónicos se especifican con _____                    |
| A6-2. | Los filtros mecánicos son efectivos hasta _____ %.                         | A6-7.  | ¿Qué es una micra?   |
| A6-3. | El mantenimiento de los filtros no es importante ¿cierto o falso?          | A6-8.  | El consumo de potencia en un limpiador de aire electrónico típico es _____ watts |
| A6-4. | Los limpiadores electrónicos de aire se fabrican en dos tipos ¿Cuáles son? | A6-9.  | La posición de un limpiador de aire electrónico no crítica ¿cierto o falso?      |
| A6-5. | El voltaje en un limpiador electrónico puede llegar hasta _____            | A6-10. | La celda del colector es usualmente limpiada con _____                           |



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 7 EQUIPOS UNITARIOS PARA ENFRIAMIENTO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



## Equipos unitarios para enfriamiento

A7-1

### GENERALIDADES

La parte de *refrigeración* discutió los fundamentos mecánicos del ciclo de refrigeración y repasó cada componente desde el punto de vista de sus características de operación y de su función en el sistema. Este y los capítulos siguientes usarán estas bases para discutir los productos en el rango de los sistemas de enfriamiento y de los sistemas que combinan calefacción y enfriamiento y que contienen el ciclo mecánico de refrigeración. El capítulo 10 trata esencialmente de los equipos para enfriamiento, aunque es algunas veces difícil someterse a esta clasificación, debido a las características tan similares o a la interrelación entre ciertos sistemas.

A7-2

### EQUIPOS DE VENTANA

Las ventanas anuales de más de 50 millones de unidades muestran claramente que los equipos de ventana (figura A7-1) satisfacen una necesidad. Se instalan en la ventana de una pieza con el objeto de enfriar el área inmediata, aunque en la realidad, los efectos del enfriamiento se pueden extender a otras áreas si hay una buena circulación. Por ejemplo, una unidad instalada en la sala puede refrescar algo la cocina o las alcobas adyacentes. No todas las veces se instalan en las ventanas. Algunos modelos pueden ser instalados permanentemente en la pared. Esta es una alternativa común en instalaciones de bajo costo como moteles, oficinas pequeñas y apartamentos con la única excepción tal vez de las residencias individuales para familias, donde se usan otros equipos que no sean para montar en la pared.

Los equipos de ventana han sido usados extensamente en el caso de residencias con sistemas de calefacción de cable en el cieloraso o en el falso piso sin conductos.

Las capacidades de las unidades de ventana varían desde 5.000 Btu/h hasta más de 30.000 Btu/h. Los equipos más grandes están siendo usados con mayor frecuencia en las nuevas construcciones residenciales donde el servicio eléctrico y la estructura de soporte necesaria pueden ser planeados con anticipación. También están siendo usados para aplicaciones comerciales. Las alcobas promedio usan unidades de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{1}{4}$  de tonelada. Para residencias ya existentes la industria ha desarrollado lo que se llama unidad de  $7\frac{1}{2}$  A que puede ser conectada a un circuito ordinario de alumbrado de 15 A. Los códigos eléctricos asumen que el acondicionador de aire no excederá el 50% de la capacidad del sistema de modo que los disyuntores o fusibles no abran cuando el compresor arranca. La capacidad máxima de los modelos de  $7\frac{1}{2}$  A es de cerca de 9.000 Btu/h. Las unidades por encima de esta capacidad son conectadas inde-



FIGURA A7-1 Acondicionador de aire para habitación (Cortesía de Airtemp Corporation)

pendientemente del sistema de alumbrado para poder operarlas a 208-230 V.

La venta y distribución de los equipos de ventana se hace predominantemente a través de las cadenas de almacenes de electrodomésticos en vez de los contratistas profesionales de aire acondicionado. Muchas instalaciones son del tipo "hágalo usted mismo". La evaluación de la capacidad y otros estándares técnicos están sujetos a las determinaciones de la Asociación de Fabricantes de Electrodomésticos (AHAM) en vez de a la ARI que controla todos los demás equipos de enfriamiento. También en términos de la garantía y servicio, los equipos de ventana están sometidos a las normas que rigen para la industria de los electrodomésticos.

En términos de la operación hay muy poco o casi nada que pueda hacerse para controlar el confort, excepto tal vez por la dirección de las persianas, en el lado de la descarga de la alcoba que pueda modificarse para reducir al mínimo las corrientes molestas de aire. El cambio de filtro es el requisito esencial del servicio de mantenimiento.

En resumen, el equipo de ventana satisface una necesidad muy precisa: el enfriamiento de un sitio reducido a un costo mínimo y con la posibilidad de cambio de sitio. Ambas condiciones eliminan totalmente la posibilidad de instalación de un sistema central.

## A7.3

### UNIDADES DE ENFRIAMIENTO EN SISTEMAS CENTRALES

#### A7-3.1

#### Unidades paquete enfriadas por aire

Aunque fue desarrollada principalmente como unidad de enfriamiento para sistemas centrales residenciales la unidad paquete enfriada por aire (figura A7-2), ha sido también ampliamente utilizada para aplicaciones en locales comerciales y para el acondicionamiento de casas rodantes. La configuración usual es la de una caja rectangular con conexiones de suministro y retorno en el frente y tomas para

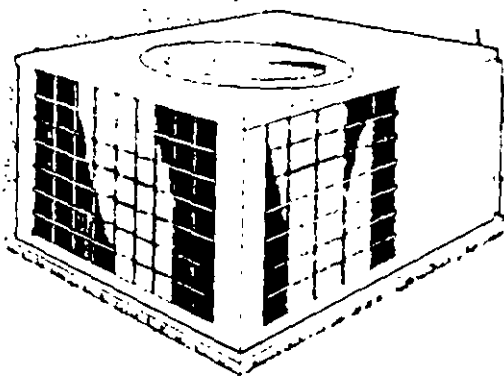


FIGURA A7-2 Unidad paquete enfriada por aire de dos toneladas (Cortesía de Addison Products Company)

succión y descarga del aire de condensación en los laterales y en la parte de atrás. El arreglo interno es relativamente sencillo. El aire de retorno es succionado a través del evaporador de tubos y aletas por un ventilador centrífugo que a su vez lo descarga como aire de suministro por el frente. En los tamaños más pequeños el ventilador es de tipo de acople directo al motor. Las unidades grandes tienen transmisiones con bandas y poleas variables. Una bandeja de condensado debajo del evaporador recoge toda la humedad y esta conectada a un drenaje permanente. El compartimiento del evaporador está muy aislado para evitar pérdidas y condensación en la lámina exterior. El filtro está generalmente localizado en el ducto de retorno. Separando el compartimiento del evaporador del de condensación tenemos una pared la cual aparta los flujos de aire y sirve de aislamiento para mínima transmisión de calor y ruido al aire acondicionado. El compresor y el serpentín de condensación forman el lado de alta del circuito de refrigerante. El aire de condensación es tomado por los lados y descargado a través del serpentín de condensación. Esta disposición se denomina ventilador soplador. Algunas unidades son del tipo de ventilador succionador y descargan por los lados. El ventilador de condensación, es la mayoría de las veces del tipo axial. Puede mover grandes volúmenes de aire en donde haya poca resistencia. Los ventiladores axiales de aspas no son para uso con ductos. Los fabricantes usan casi todos los refrigerantes R-22, lo mismo que capilares para expansión en las unidades de menor capacidad.

La caja de controles (figura A7-3) incluye los capacitores de los motores de los ventiladores y de los compresores, reles de arranque y los terminales para la conexión remota del termostato.

La capacidad de las unidades paquete enfriadas por aire varía desde 1/2 toneladas hasta 7 1/2 toneladas para uso residencial y hasta más de 30 toneladas para uso comercial. La mayoría de las unidades son evaluadas y certificadas de acuerdo con el estándar 210 del ARI, el cual establece 80°F bulbo seco y 67°F bulbo húmedo como la temperatura de



FIGURA A7-3 Compartimiento de control de una unidad de condensación (Cortesía de Addison Products Company)

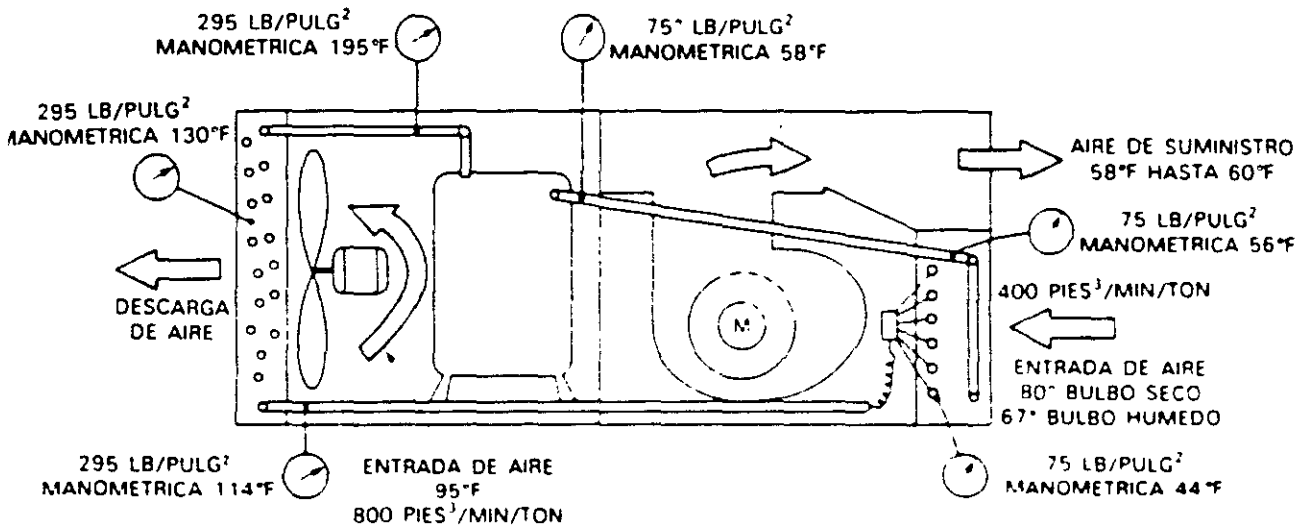


FIGURA A7-4

retorno del aire al evaporador y 95°F bulbo seco como la temperatura del aire exterior entrando al condensador exterior. Incluido en el estándar 210 del ARI esta tambien el requisito de que la unidad debe ser capaz de operar hasta una temperatura de 115°F para el ambiente exterior sin desconectarse por alta presión o sin que el compresor prenda y pare por sobrecarga.

Esquemáticamente, un sistema operando en las condiciones ARI tiene las características mostradas en la figura A7-4, el aire de retorno desde el espacio acondicionado a una temperatura de 80°F, bulbo seco y a una rata de 400 (pies<sup>3</sup>/min, por tonelada, pasa a través del filtro y luego

a través del evaporador donde es entrado y deshumidificado. El aire al salir del serpentín estará alrededor de los 58° a 60° B S. Así, pues, hay una reducción en temperatura a través del serpentín de aproximadamente 20 a 22°F B.S. La proporción de enfriamiento sensible a enfriamiento total será de cerca de 0.75. La presión de succión con R-22 a la salida del serpentín será de cerca de 73 a 76 lb/pulg<sup>2</sup>. El aire acondicionado sale a 60° y asumiendo que absorbe una pequeña cantidad de calor en su recorrido por los ductos, llegará al espacio acondicionado a 62° o 65° B S (15° a 18° de diferencia de temperatura, ΔT), la cual es una diferencia aceptable.

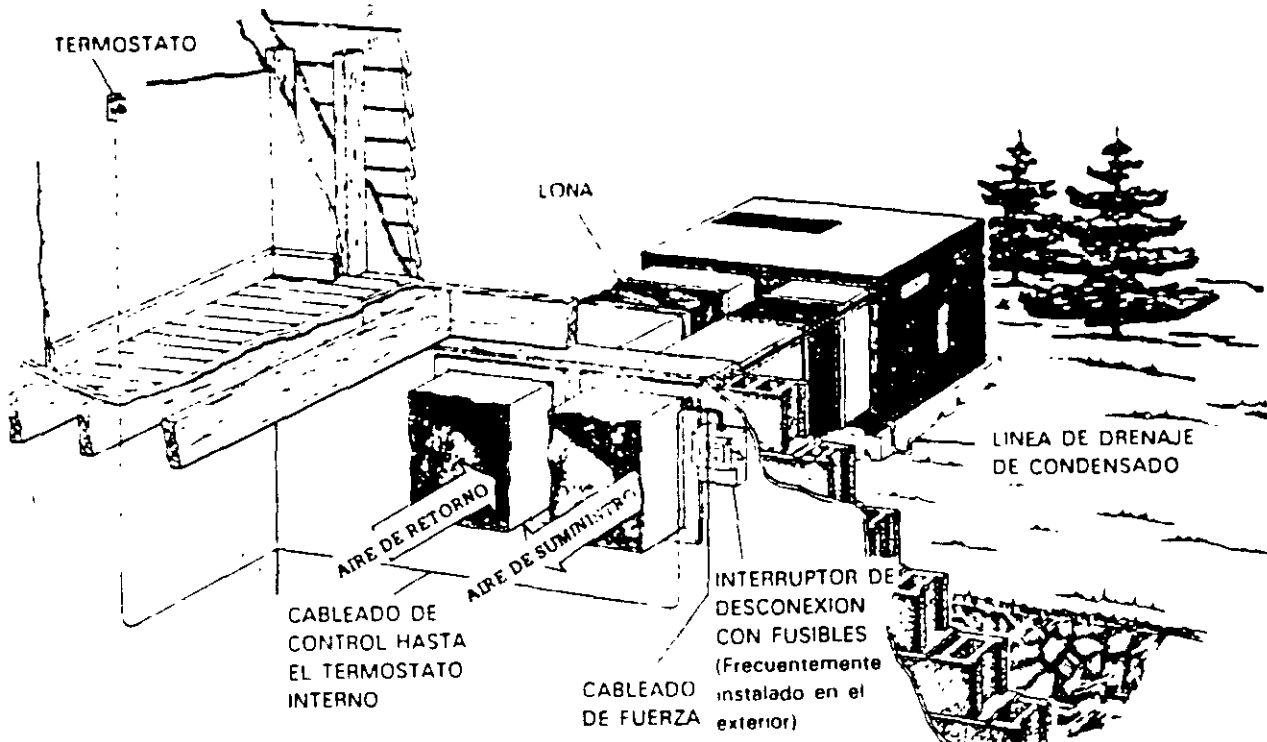
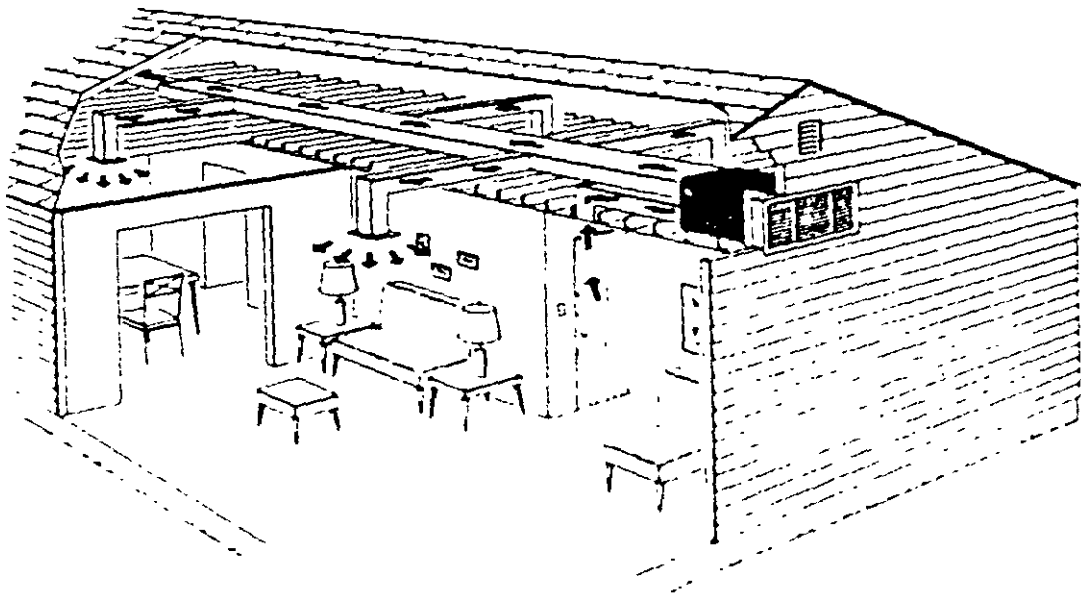


FIGURA A7-5 Instalacion típica al nivel del suelo (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A7-6** Instalación en el ático

En el lado de alta del refrigerante, el aire exterior para condensación será introducido a 95°F al serpentín, el flujo de aire sobre él será nominalmente de 800 pies<sup>3</sup>/min por tonelada. La presión de descarga resultante en el compresor con R-22 estará en el rango de las 295 lb/pulg<sup>2</sup> manométricas. La temperatura promedio en el condensador será de 130°F con un subenfriamiento de 16°F aproximadamente para el refrigerante, ya en el estado líquido, lo que da una temperatura de salida de líquido de 114°F del serpentín de condensación.

En una unidad paquete enfriada por aire, como la descrita arriba, se asume que habrá un sistema de ductos de suministro y de retorno. En una residencia, la unidad se puede montar sobre una losa de concreto al nivel del suelo (figura A7-5), con ductos que van por el sótano o por el subpiso. Esto constituye la manera más común para añadir enfriamiento a una casa ya construida que posee un sistema de calefacción hidrónico o eléctrico. Algunas unidades pueden ser instaladas a través de un bloque de concreto en una pared del cimiento.

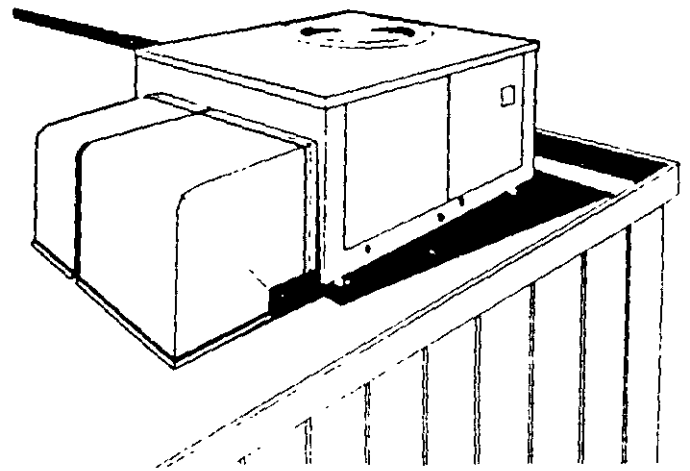
Las instalaciones en el ático, garaje o antejardín pueden encontrarse en áreas como Florida, donde las casas tienen pisos de concreto (figura A7-6). Una estructura de soporte, entradas adecuadas para el aire de condensación y ductos muy bien aislados, son de mucha importancia para una buena operación.

En instalaciones comerciales pequeñas (figura A7-7), la posibilidad de montar la unidad en un techo con ductos cortos para suministro y retorno, permite que los costos sean mínimos y el mantenimiento muy sencillo. El instalador debe asegurarse de que el techo sea lo suficientemente fuerte para soportar el peso del equipo y de que exista un sello impermeable apropiado alrededor de los ductos. Para los equipos de mayor tamaño, es necesario disponer de techos especialmente diseñados para soportar las unidades.

Otra alternativa en aplicaciones comerciales consiste

en instalar la unidad a través de una pared exterior (figura A7-8) y proveer un simple plenum para la distribución del aire en la parte frontal del equipo. El aire acondicionado es descargado libremente al espacio a través de las rejillas superiores y retornado a través de las persianas en la parte inferior del equipo; el sistema de ductos queda así eliminado.

Como se mencionó al principio de este capítulo, la clasificación de una unidad para "enfriamiento solamente" no es muy exacta ya que la mayoría de los fabricantes de espacios internos disponibles para que haya la posibilidad de añadir resistencias eléctricas para proveer calefacción durante el invierno. Estas resistencias trabajan de un modo muy parecido al del equipo de calefacción eléctrico. Otros



**FIGURA A7-7** Instalación en azotea (Cortesía de Addison Products Company)





**FIGURA A7-11** Unidad paquete vertical enfriada por aire (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

adecuadas. Muchos equipos tienen múltiples ventiladores de condensación y pueden ser eficientemente operados hasta temperaturas exteriores de 0°F y menos. (Nota: se asume que hay suficiente carga de calor interna para mantener los serpentines evaporadores por encima del congelamiento.)

Un tercer método para controlar la presión de descarga consiste en colocar dampers en el circuito de aire del condensador y así controlar el flujo de aire a través del serpentín. Este sistema está también calibrado para mantener automáticamente una presión de descarga mínima.

No importa cuál sea la técnica usada, es importante entender de todos modos que hay una diferencia entre controles para temperaturas exteriores intermedias (35°F y más) y controles para temperaturas exteriores verdaderamente bajas, hasta los -20°F y tal vez menos. La capacidad de operación a temperaturas exteriores intermedias es estándar en muchos equipos, mientras que los controles para operación a temperaturas extremadamente bajas, son opcionales.

La configuración rectangular y horizontal del mueble es el diseño convencional; sin embargo, hay algunas variaciones que incluyen arreglos verticales. La figura A7-11 ilustra una unidad paquete enfriada por aire especialmente diseñada para la modernización de viejos edificios de varios pisos. La unidad ha sido específicamente diseñada para la modernización de viejos edificios de varios pisos. También ha sido cuidadosamente diseñada para entrar en los ascensores y pasar a través de puertas ya existentes, lo mismo que para ser colocada contra las ventanas exteriores para el suministro y la descarga del aire de condensación. Con estos limitantes, los tamaños varían desde las 7½ hasta las 20



**FIGURA A7-12** Unidad paquete enfriada por agua (Cortesía de Addison Products Company)

toneladas. usadas en grandes cantidades, estas unidades pueden acondicionar eficientemente áreas de gran tamaño.

Aunque sean horizontales o verticales, los principios de operación son básicamente los mismos y estas unidades paquete continúan ofreciendo muchas ventajas. Son ensambladas y ensayadas en su totalidad en la fábrica y son relativamente fáciles de instalar con un mínimo de trabajos eléctricos e hidráulicos. Necesitan ductos cortos o pueden prescindir completamente de ellos permitiendo una simple distribución del aire.



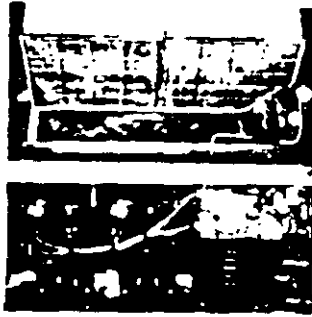
A7-32

### Unidades paquete enfriadas por agua

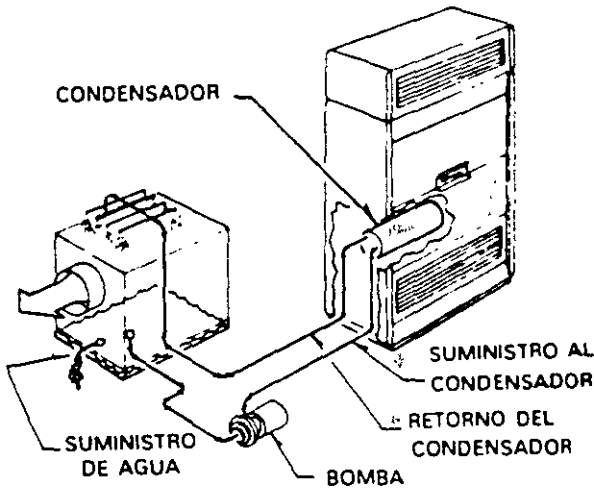
La unidad paquete vertical enfriada por agua (figura A7-12) fue una de las primeras alternativas para la solución de problemas de acondicionamiento comerciales y la ofrecen todavía varios de los principales fabricantes. Las capacidades van desde las 3 hasta las 60 toneladas. Para el caso de la unidad instalada dentro del espacio acondicionado con simples rejillas de suministro y retorno, las capacidades varían desde 3 hasta 15 toneladas. Las unidades de mayor capacidad son generalmente instaladas fuera del espacio acondicionado con los ductos necesarios para la distribución del aire.

El concepto original de operación (figura A7-13) consiste en un circuito enfriado por agua, con el compresor y el condensador enfriado por agua localizados en el compartimento inferior. La sección del centro contiene los filtros y el evaporador de tubos aleteados. (Nota: Algunas unidades disponen también de espacio para la instalación de un serpentín combinado de vapor y agua caliente.) La parte superior contiene uno o varios ventiladores centrífugos, el motor y la transmisión. Algunas unidades ofrecen varios arreglos opcionales para la descarga, dependiendo de la aplicación y de los requerimientos del espacio.

El condensador enfriado por agua, puede ser conectado en serie con el agua del acueducto, siendo el flujo contr

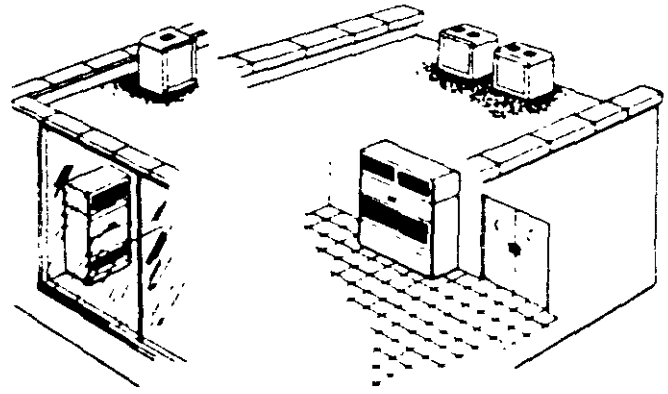


**FIGURA A7-13** Unidad paquete enfriada por agua (Cortesía de Addison Products Company.)



**FIGURA A7-14** Aplicación típica de una torre de agua

do por una válvula de agua, regulada automáticamente por la presión de descarga, o también puede ser conectado en paralelo con una torre economizadora. El aumento en temperatura y la caída de presión a través del condensador varían dependiendo del tipo de conexión. Cuando se utiliza el agua de la ciudad, ésta puede venir del sistema de agua potable o también puede significar que el agua se está tomando de un pozo o de un lago. La válvula automática de agua está calibrada para regular la presión de descarga alrededor del punto apropiado. La operación con torre (figura A7-14), como se vio en la parte de *refrigeración*, depende del tipo de torre seleccionada, de la temperatura de bulbo húmedo y del volumen de agua. El diseño normal indica que el agua que va de la torre al condensador debe estar cerca de  $7\frac{1}{2}^{\circ}\text{F}$  por encima de la temperatura de bulbo húmedo. Así pues, si la temperatura de bulbo húmedo de diseño fuese  $78^{\circ}\text{F}$ , el agua fría que llega al condensador estaría a  $85^{\circ}\text{F}$ . El volumen en gal/min con estas condiciones se determina usando la tabla de rendimientos para la torre. La selección de la bomba es una función del volumen de



**FIGURA A7-15** Aplicación típica de aire remoto (Cortesía de Westinghouse Electric Corporation)

agua (gal/min) y de la cabeza (expresada en pies) para compensar las caídas de presión en la tubería, en el condensador y en la torre

Sin importar si se usa agua de la ciudad o agua de una torre, la eficiencia del condensador estará siempre afectada por los depósitos y otras contaminaciones que deja el agua. Los depósitos en los tubos disminuyen la transmisión de calor del refrigerante al agua y reducen el diámetro efectivo de los mismos, obstruyendo el flujo del agua y aumentando la cabeza de bombeo. Las torres están afectadas también por el polvo, la mugre, las algas y el fango. Un tratamiento apropiado del agua y un mantenimiento regular son siempre una necesidad. Los fabricantes de los equipos y las compañías de tratamiento de agua tienen información sobre procedimientos de limpieza y aditivos químicos.

En algunos sitios no se permite el uso del agua potable de la ciudad para equipos de aire acondicionado, también este desperdicio de agua puede llegar a ser muy caro. Además algunos clientes no desean tener los problemas asociados con el servicio y mantenimiento de las torres; sin embargo, si gustan del equipo diseñado como un solo conjunto vertical. Como resultado de esto, los fabricantes ofrecen modelos sin condensador enfriado por agua, que permiten su instalación con un condensador enfriado por aire remoto (figura A7-15). El compresor permanece con la unidad manejadora. Las líneas de líquido y de descarga se instalan entre las unidades del interior y las exteriores. Este conjunto funciona como un sistema enfriado por aire, aunque el instalador debe tener mucha experiencia en el montaje de extensas líneas de refrigeración, con las requeridas trampas de aceite y aislamientos, y teniendo muy en cuenta también el factor del ruido.

===== A7-4

===== **UNIDAD PARA CUARTO DE COMPUTADORA**

Otra forma del equipo de enfriamiento paquete sencillo es la llamada unidad para sala de computador (figura A7-16), para ser usada con los sofisticados equipos EDP (EDP = iniciales de Electronic Data Processing, proceso electró-

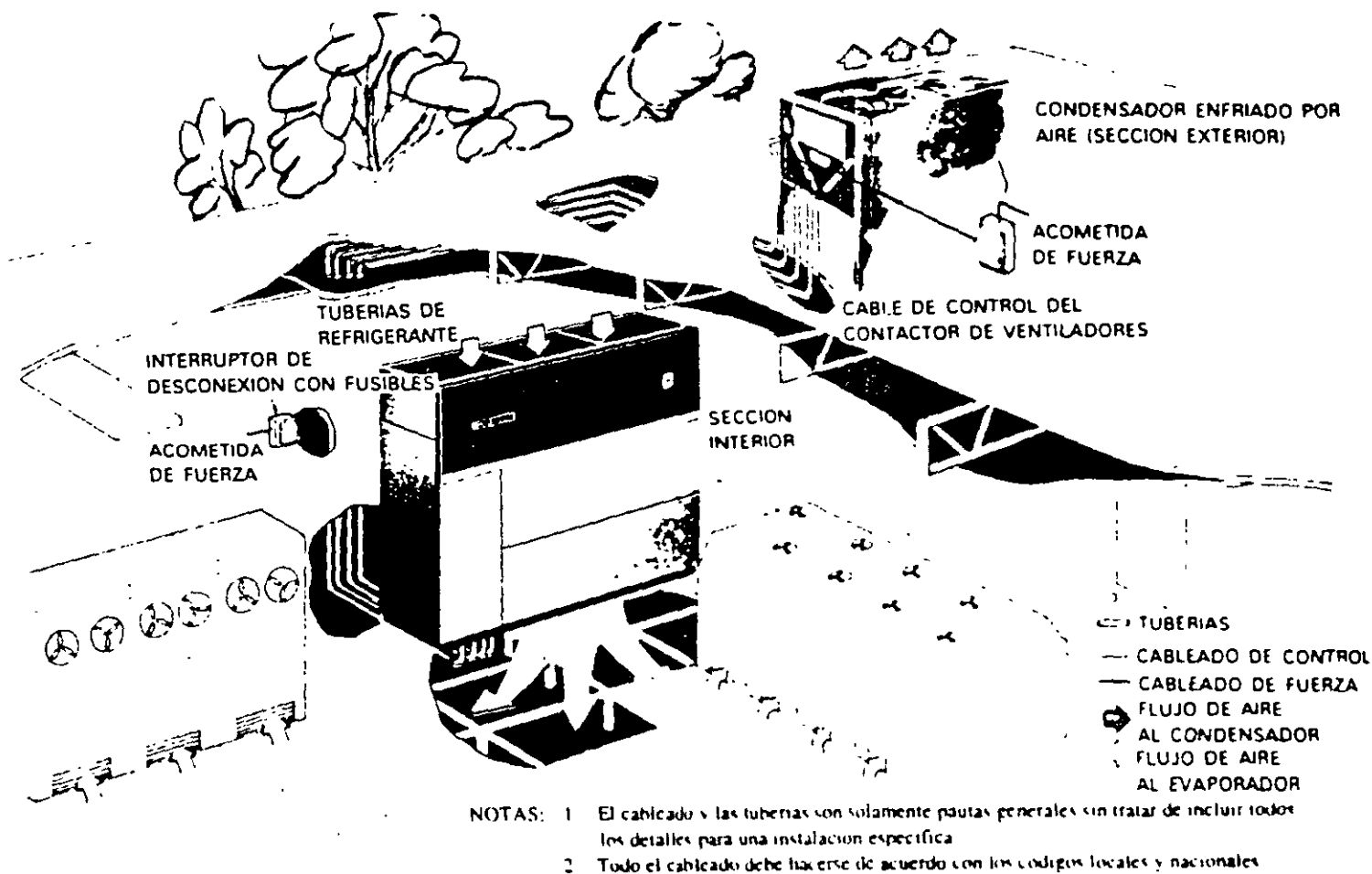


FIGURA A7-16 Unidad para sala de computador (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

nico de datos) que requieren un control ambiental muy exacto. Su diseño se basa en el hecho de que las salas para computador tiene pisos elevados para acomodar debajo toda una cantidad de conexiones electrónicas entre las distintas partes del equipo. Este piso elevado forma un plenum natural que sirve para la distribución del aire de suministro, o como cámara de retorno dependiendo del diseño específico de aire acondicionado. La diferencia más obvia con otros tipos de equipo es el mueble tan atractivo que debe hacer juego con el altamente estilizado equipo de computación. Los filtros de alta eficiencia y el sistema de humidificación son parte integral del equipo, ya que son de suma importancia para obtener el aire limpio y las humedades constantes que se requieren. El tamaño varía desde las 3 hasta las 15 toneladas. De los tamaños de 7½ toneladas en adelante, las unidades emplean generalmente compresores múltiples para disponer de una reducción de capacidad más alta y de un control más exacto.

Las computadoras frecuentemente trabajan 24 horas al día durante todo el año, lo que obliga al equipo de aire acondicionado a operar bajo las condiciones de todo tipo de climas. Así pues, la selección y operación de la unidad de condensación debe ser cuidadosamente planeada. Algunas unidades usan un condensador de refrigerante remoto enfriado por aire (como se muestra), que incluye controles para regular la velocidad de los ventiladores durante perio-

dos fríos, para mantener así determinada presión de descarga. También pueden disponer los sistemas de circuitos múltiples de compresores, para tener así, varias etapas y pasos de enfriamiento. Estas unidades están disponibles también con el condensador convencional enfriado por agua para instalaciones donde se pueda usar el agua del acueducto o una torre sin el peligro de congelamiento. Donde la congelación es un problema, algunos de los fabricantes ofrecen un tipo de condensador remoto enfriado por aire que incluye un circuito cerrado que recircula un líquido anticongelante glicol en vez de agua. Este anticongelante es bombeado hasta el condensador del equipo.

Puesto que la confiabilidad y la facilidad de servicio son mandatorias en estos equipos, para reducir al mínimo las paradas de los computadores EDP, estos sistemas de acondicionamiento son de alta calidad y fácil acceso. Luces pilotos y alarmas permiten que los sistemas estén vigilados constantemente.

A7-5  
**SISTEMA DIVIDIDO PARA ENFRIAMIENTO**

El desarrollo de equipos de aire acondicionado divididos para aplicaciones residenciales y comerciales está li-



do a ciertas limitaciones de las unidades paquete. En el campo de lo residencial hay millones de casas en Norteamérica por ejemplo, que tienen un equipo de calefacción y un sistema de ductos que se pueden utilizar al añadir enfriamiento, aunque entrelazarlo con un equipo paquete utilizando los mismos ductos, presenta problemas de control difíciles y costosos. Esto es particularmente cierto cuando el equipo de calefacción está localizado centralmente en un closet o pieza de servicio.

En muchos apartamentos, es muy difícil encontrar un espacio exterior para instalar la unidad, distinto del techo, bajar los ductos a través de varios pisos no es una consideración práctica ni económica cuando se compara con la alternativa de tirar líneas de refrigerante. La misma situación se presenta en edificios comerciales de varios pisos. Así pues, para adaptarse a las muchas variaciones de la técnica de la construcción y para aprovechar sistemas de ductos ya existentes, la industria ha desarrollado el sistema dividido, el cual consiste de una sección enfriadora interior (con o sin ventilador) y de una unidad condensadora exterior, interconectadas por líneas de refrigerante.

A7-6

### SISTEMAS RESIDENCIALES DIVIDIDOS

Los llamados sistemas para adicionar (figura A7-17) presentan un tremendo potencial en el mercado de moder-

nización de residencias con equipos de enfriamiento. Donde existen los equipos de calefacción (de gas, aceite o eléctricos) y donde el sistema del tamaño de ductos es adecuado, un serpentín de enfriamiento puede añadirse a la parte de la descarga del equipo de calefacción. Una unidad condensadora enfriada por aire será instalada afuera sobre una base adecuada. Las dos partes están conectadas por las líneas de líquido y de succión del diámetro apropiado, dependiendo de la capacidad y de la distancia. Examinemos cada uno de los componentes.

Los serpentines de enfriamiento para adicionar (sin ventilador) se ofrecen en cuatro diseños; serpentines de flujo vertical hacia arriba (figura A7-18) para montar encima de equipos de calefacción de flujo vertical, distinguiéndose en la mayoría de los casos por su forma de A; sin embargo, hay versiones planas (figura A7-19) e inclinadas (figura A7-20), las cuales sirven para reducir la altura ocupada por el serpentín. Algunos están ensamblados en un mueble y otros no. El serpentín para flujo horizontal (figura A7-21) está hecho para equipos de calefacción horizontales o también para instalar en un tramo de ducto horizontal, en un sistema existente de cualquier tipo. Los serpentines de contraflujo (figura A7-22) se instalan debajo del equipo de calefacción y deben poseer un mueble lo suficientemente fuerte para soportar el equipo de calefacción. El mueble del serpentín del contraflujo debe tener también espacios apropiados entre las superficies combustibles, puesto que también se usa para distribuir mejor el aire de calefacción.

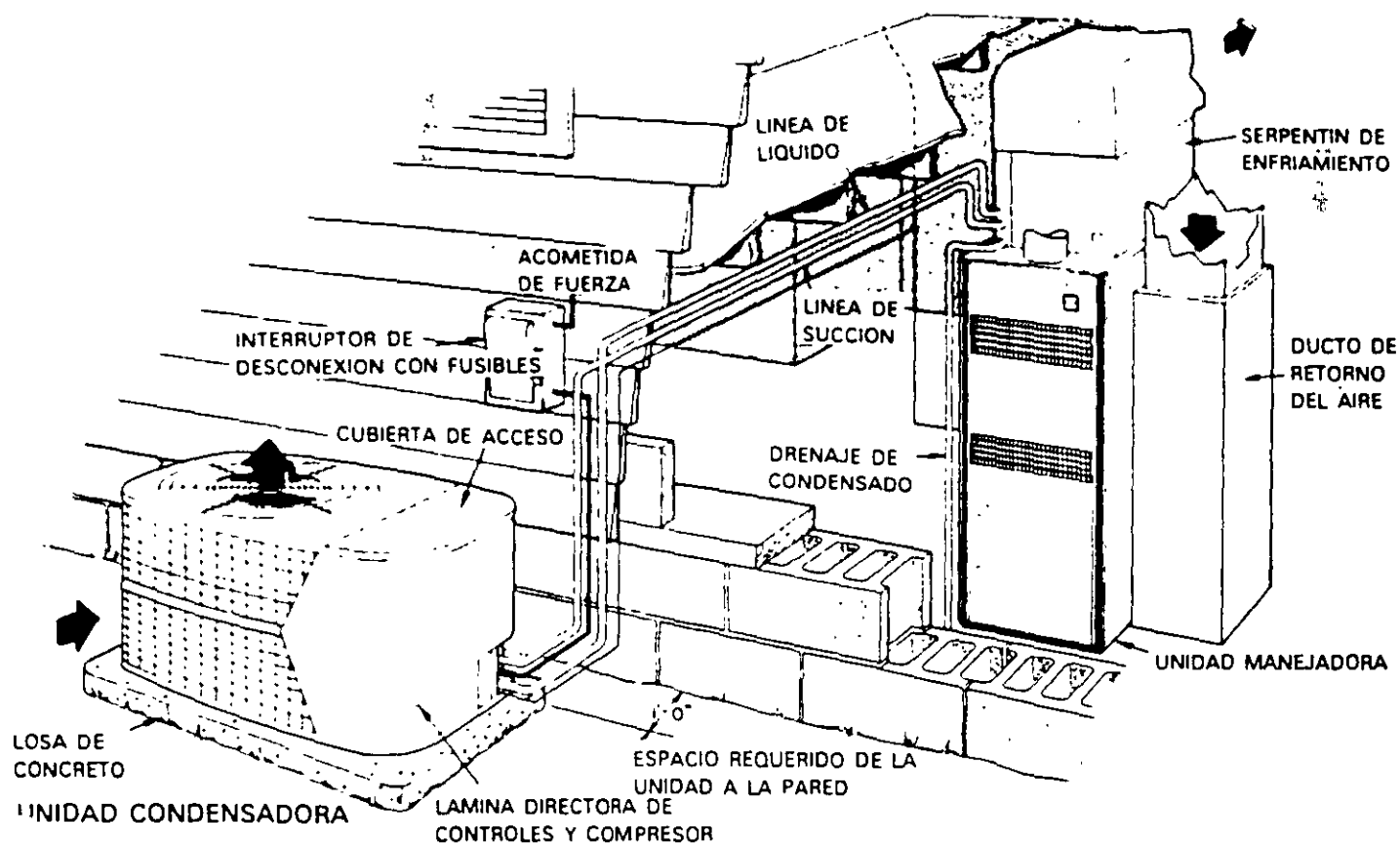
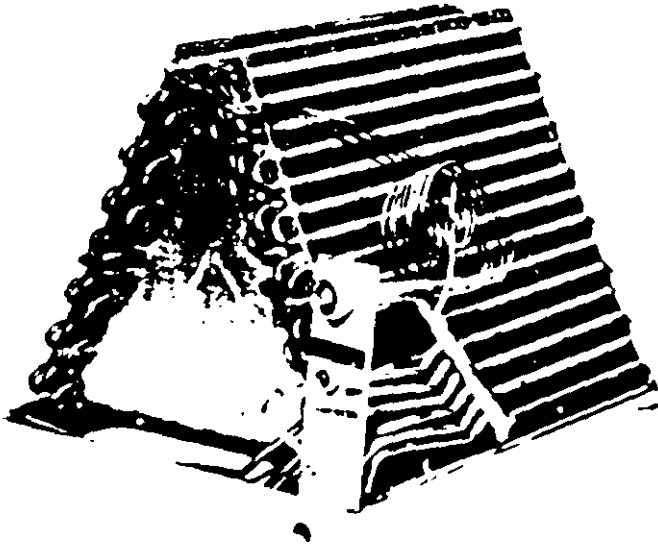
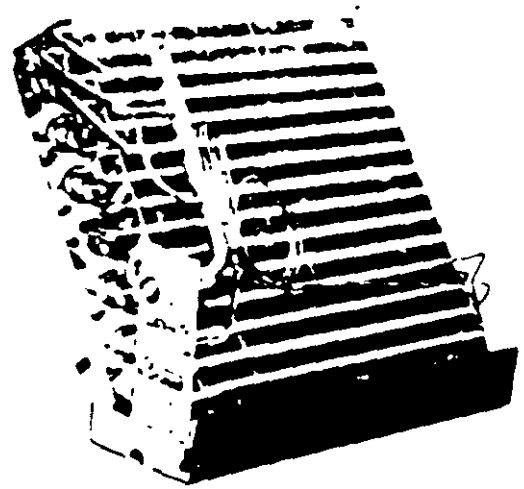


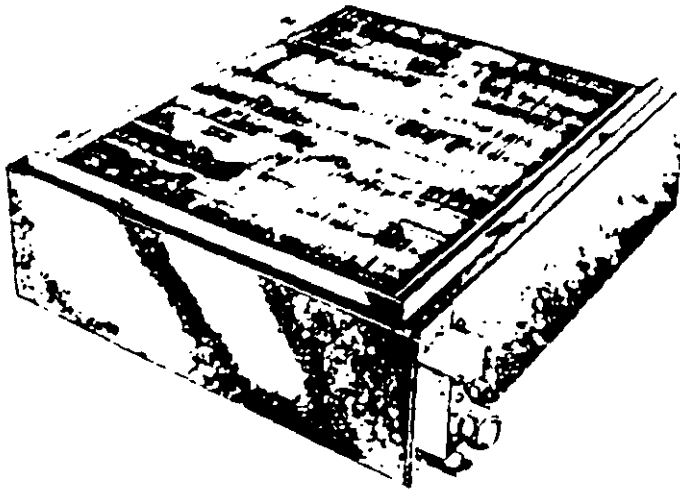
FIGURA A7-17 Sistema de enfriamiento para adicionar a equipos de calefacción. (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company.)



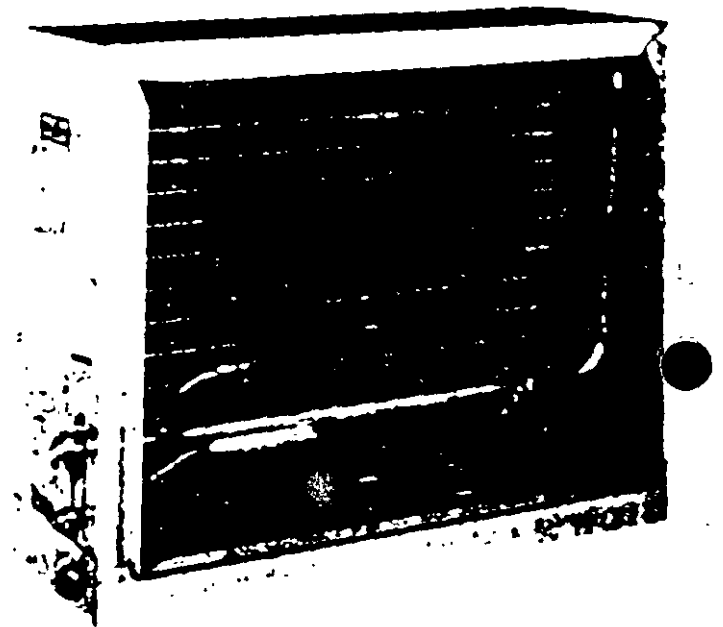
**FIGURA A7-18** Serpentin de enfriamiento de flujo ascendente (Cortesía de Addison Products Company )



**FIGURA A7-20** Serpentin inclinado de dos toneladas. (Cortesía de Addison Products Company )



**FIGURA A7-19** Serpentin para flujo vertical hacia arriba (Cortesía de Born-Warner Central Environmental Systems Inc )



**FIGURA A7-21** Serpentin horizontal (Cortesía de Addison Products Company )

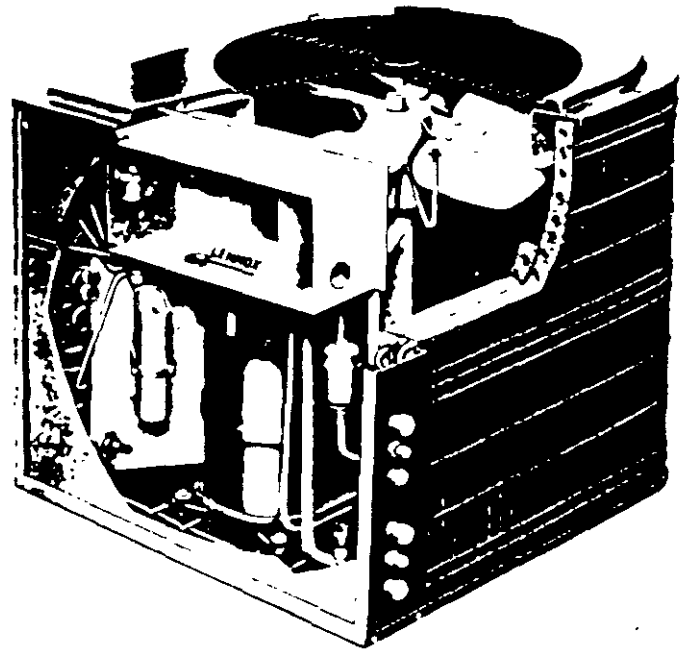
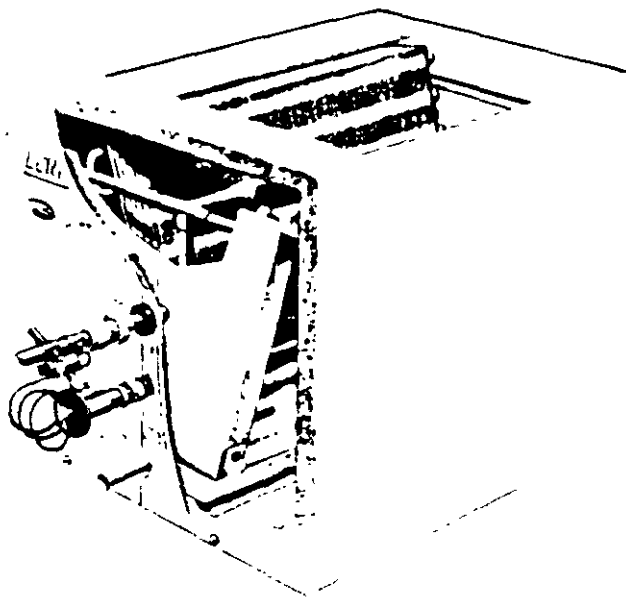
En todas las cuatro ocasiones los serpentines de un determinado fabricante están generalmente diseñados para encajar en sus equipos de calefacción para así simplificar la instalación y eliminar transiciones costosas en los ductos.

Los muebles de los serpentines están aislados para evitar que condensen externamente y todos los modelos tienen bandejas de condensado adecuadas para recolectar el agua. Una manguera plástica de bajo costo es usada para llevar el condensado hasta el desagüe o tubería de drenaje más próxima. Si no se dispone de un drenaje, una pequeña bomba para condensado se puede instalar de modo que el agua pueda ser llevada hasta un drenaje lejano o hasta un sitio de descarga exterior.

Una consideración importante al añadir un serpentin de enfriamiento a un equipo de calefacción ya existente, está en la resistencia adicional que actuará sobre el ventilador

de la unidad. Durante el ciclo de calefacción, el serpentín permanece inactivo y *seco*. En el verano, cuando la humedad está enfriando y deshumidificando, el serpentín se encuentra *húmedo*. En promedio un serpentín húmedo añadira de 0.20 a 0.30 pulgadas de columna de gua como perdida de presión estática. Esta resistencia adicional será suficiente para que se requiera un cambio en la velocidad del ventilador; también, puede que sea necesario un aumento en la capacidad del motor del ventilador. Si la instalación es nueva, el contratista de aire acondicionado seleccionará un ventilador para la unidad de calefacción capaz de producir una presión estática externa suficiente.

Continuando con los equipos en módulos para adicionar, examinaremos ahora la unidad condensadora ext



**FIGURA A7-22** Serpentín de contraflujo (Cortesía de Lennox Industries )

**FIGURA A7-23** Unidad condensadora exterior enfriada por aire (Cortesía de Lennox Industries )

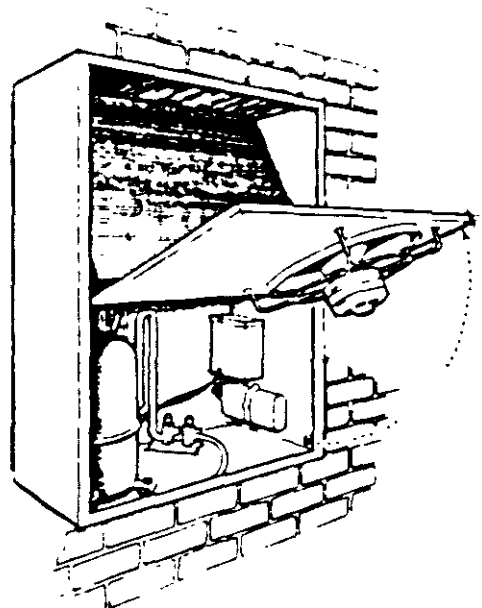
enfriada por aire (figura A7-23). Esta consiste de un compresor, de un serpentín condensador y de un ventilador de condensación con las conexiones y controles eléctricos necesarios instalados en una caja. En las unidades condensadoras residenciales se usa universalmente el compresor hercúleo. Esta unidad sellada no permite que le entre el polvo y la mugre y requiere muy poca ventilación. El serpentín de condensación es del tipo de tubos alateador. Las filas de profundidad y el área de cara son funciones del diseño de cada fabricante en particular. En un condensador es deseable una gran área, así que usted verá muchas unidades que ofrecen arreglos casi completamente circulares para obtener un máximo de superficie.

La configuración del ventilador de condensación también depende del diseño de cada fabricante. La mayoría utilizan un ventilador de aspas puesto que éste puede mover grandes cantidades de aire cuando hay muy poca resistencia. Esta es otra de las razones por las cuales se necesita una gran área en el serpentín pero con pocas filas para mantener la resistencia al mínimo. Muy pocas unidades condensadoras enfriadas por aire están diseñadas para trabajar con ductos y las que están disponibles para estos casos utilizan ventiladores centrífugos. (Más tarde veremos que estos diseños están hechos especialmente para ser usados con bombas de calor las cuales requieren un flujo de aire de gran presión cuando están descongelando.)

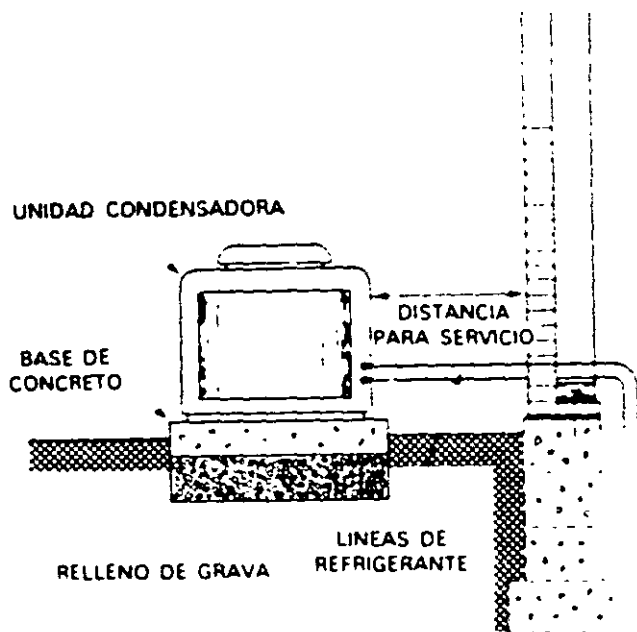
La dirección del flujo del aire es una función del arreglo del mueble y del serpentín y no existe un arreglo que sea óptimo. La mayoría de las unidades, sin embargo, operan con el ventilador succionando a través del serpentín de condensación. El aire descargado dependiendo de su dirección y velocidad, puede tener un efecto sobre las plantas a su alrededor, por esto la descarga superior hacia arriba es la alternativa usada con mayor frecuencia. Los motores de los

ventiladores son sellados o están cubiertos con guarda-lluvias adecuados. Las aspas del ventilador trabajan bajo una guarda que sirve como protección para las manos del personal que labore cerca de la unidad.

La anterior descripción de una unidad condensadora para añadir, se refiere a la configuración de espacio libre donde queda un espacio por donde caminar alrededor de toda la unidad. Pero es necesario hacer una pausa para mencionar que hay unidades condensadoras residenciales (figura A7-24), que están diseñadas básicamente para ser



**FIGURA A7-24** Unidad condensadora residencial para instalación en la pared (Cortesía de Trane Company, Dealer Products Group )



**FIGURA A7-25** Unidad condensadora instalada al nivel del suelo

instaladas en una pared de una nueva construcción. Un apartamento puede tener una unidad condensadora instalada en el muro de un balcón o en un pequeño closet de servicio y obviamente el aire para la condensación debe ser tomado y descargado a través de un lado solamente. Los demás componentes internos y la operación son básicamente los mismos que se describieron arriba.

Cuando se instala la unidad condensadora a nivel del piso, es de suma importancia que sea sobre una base sólida (figura A7-25). Una losa de concreto sobre un relleno de grava se recomienda en todos los casos para reducir al mínimo la posibilidad de desnivelación debida al movimiento del terreno. En construcciones nuevas no se recomienda fundir la losa sobre rellenos nuevos ya que éstos se pueden asentar varias pulgadas o más creando unos esfuerzos grandes en las líneas de refrigerante que pueden acabar por romperse.

Las unidades condensadoras chicas de montaje en el techo no presentan por lo general problemas estructurales, ya que el peso por pie cuadrado es relativamente bajo. Las unidades comerciales grandes requieren una consideración relativa del soporte, por lo que será necesario colocar rieles de acero con juntas de barra.

La localización de la unidad condensadora en el exterior (figura A7-26), es un compromiso entre varios factores, el espacio disponible, la longitud de las líneas de refrigerante, los efectos estéticos de la unidad sobre la casa y su antejardín y el factor del ruido con respecto a la casa y a las casas vecinas. En general, debe evitarse colocar la unidad directamente debajo de una ventana o inmediatamente después de un patio. Debe procurarse sí, localizarla en un sitio donde las plantas y los árboles disimulen su presencia y provean alguna amortiguación del ruido.

La contaminación del ambiente con desechos y ruido es algo que cada día gana más atención. La unidad de

condensación exterior enfriada por aire es desafortunadamente un aparato mecánico que produce ruido cuyo nivel no puede ser ignorado. Cabe anotar que en los años 60 ciertas ciudades, tales como Coral Gables, Florida, aprobaron códigos locales para tratar de controlar el aumento del ruido, debido a los equipos de aire acondicionado especialmente el producido por unidades de ventana. El ruido es algo difícil de entender. Es difícil de medir y es difícil de evaluar aun sus efectos, haciendo que sean frecuentemente mal interpretados por los legisladores.

Sin embargo, estos primeros intentos de crear normas locales llevaron al ARI a establecer un método industrial para evaluar el ruido producido por los equipos y a la vez establecer pautas según el tipo de aplicación (pautas que podían ser adoptadas por las comunidades) aceptables para todos los involucrados en la industria de una u otra forma.

Así pues, la norma ARI 270 fue creada en 1971 con la publicación del primer listado de equipos cuyos niveles de ruido habían sido evaluados y aprobados. Bajo este programa, todos los fabricantes inscritos están obligados a evaluar los niveles de ruido de sus unidades exteriores de acuerdo con especificaciones de vigencia bastante estrictas. Estos resultados deben ser entregados a los ingenieros del ARI para una revisión y evaluación lo cual implica también que todas las unidades deben estar disponibles para una revisión de su nivel de ruido por parte de un laboratorio independiente. Las unidades son clasificadas de acuerdo a su nivel de ruido con un solo número, denominado el *número de nivel de ruido* (SRN). La mayoría de las unidades caerán entre el 14 y el 24 en la escala ARI de niveles de ruido. El ARI espera que este programa y la escala establecida sirvan para motivar a los fabricantes, a producir unidades silenciosas en el futuro.

Junto con la clasificación de los equipos la norma ARI 270 recomienda procedimientos de aplicación del número de nivel de ruido (SRN) para predecir y a través de un diseño cuidadoso del sistema controlar el nivel de ruido en un punto dado. Los procedimientos de aplicación están hechos para que los contratistas puedan usarlos para predecir y controlar los niveles de ruido. Un técnico dedicado a la venta e instalación de unidades exteriores debe familiarizarse con estas normas y seguir fielmente las recomendaciones. Estas normas y procedimientos son aplicables a ambas clases de equipo, los equipos paquete y los equipos externos de sistemas divididos.

Las líneas de refrigerante que van desde el serpentín interior hasta la unidad condensadora exterior pueden ser de distintos tipos. Generalmente en los equipos de tipo residencial se utilizan líneas que no requieren soldaduras. Como se mencionó en el capítulo 1 el desarrollo de líneas flexibles, con conectores rápidos y precargados (figura A7-27) jugó un papel importante en el crecimiento y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado para residencias. Las líneas de líquido y de succión están hechas de cobre flexible o de acero enrollado. Las líneas de succión son cubiertas en la fábrica con una espuma de caucho como material aislante. Cada extremo de la línea está provisto de la mitad de un acople que entra en la otra mitad que viene con el equipo (figura A7-28). Ambas partes del



FIGURA A7-26 Unidad condensadora exterior

poseen diafragmas cuyo objeto es sellar la línea y evitar la pérdida de la precarga del refrigerante antes de su utilización. La parte macho (en el equipo) contiene una cuchilla, un diafragma metálico como sello y un sello de caucho sintético intermedio para evitar la pérdida de refrigerante mientras el acople está siendo conectado. La parte hembra (en el tubo) contiene un diafragma metálico, el cual es un sello metálico hermético. Al apretar las tuercas de unión, las dos mitades del acople son obligadas a unirse (figura A7-29), cortando y doblando ambos diafragmas metálicos hacia atrás, permitiendo el paso del fluido. Cuando las dos partes están completamente acopladas (figura A7-30) se forma un sello entre metales que hace que la unión entre las dos mitades sea permanente y hermética. Nótese la toma de servicio para chequear la presión del refrigerante. La toma está equipada con una válvula (no mostrada), similar a la válvula de una llanta, que abre cuando se presiona con el extremo de la línea de manómetros. Cuando se utilizan líneas de refrigeración precargadas de conexión rápida, siga las instrucciones de instalación del fabricante sobre el radio

de las curvas según el diámetro de la línea, la lubricación del acople y el torque apropiado que debe utilizarse al ajustar el acople. Cuando se presenta un exceso de longitud en la línea, ésta se debe enrollar en forma plana y horizontal; nunca utilice vueltas verticales, las cuales crean trampas de aceite. Las líneas precargadas se fabrican en varios diámetros y longitudes desde 10 hasta 50 pies. Es necesario planear la instalación de modo que haya suficiente tubería, pero sin sobrar demasiado, ya que aumentaría el costo y la caída de presión del sistema.

Otro método de sellar mecánicamente las uniones en las tuberías de refrigerante, se basa en la utilización de los acoples a presión (figura A7-31). El tubo de refrigerante se corta primero verticalmente y se lijan las esquirlas. Una tuerca de acople se desliza luego sobre el tubo, seguida de un anillo O de compresión. Cuando se instala el adaptador macho, el anillo O queda comprimido formando un sello hermético, a prueba de escapes. El adaptador macho de la unidad de aire acondicionado forma parte también del conjunto de una de las válvulas de servicio. La tubería para

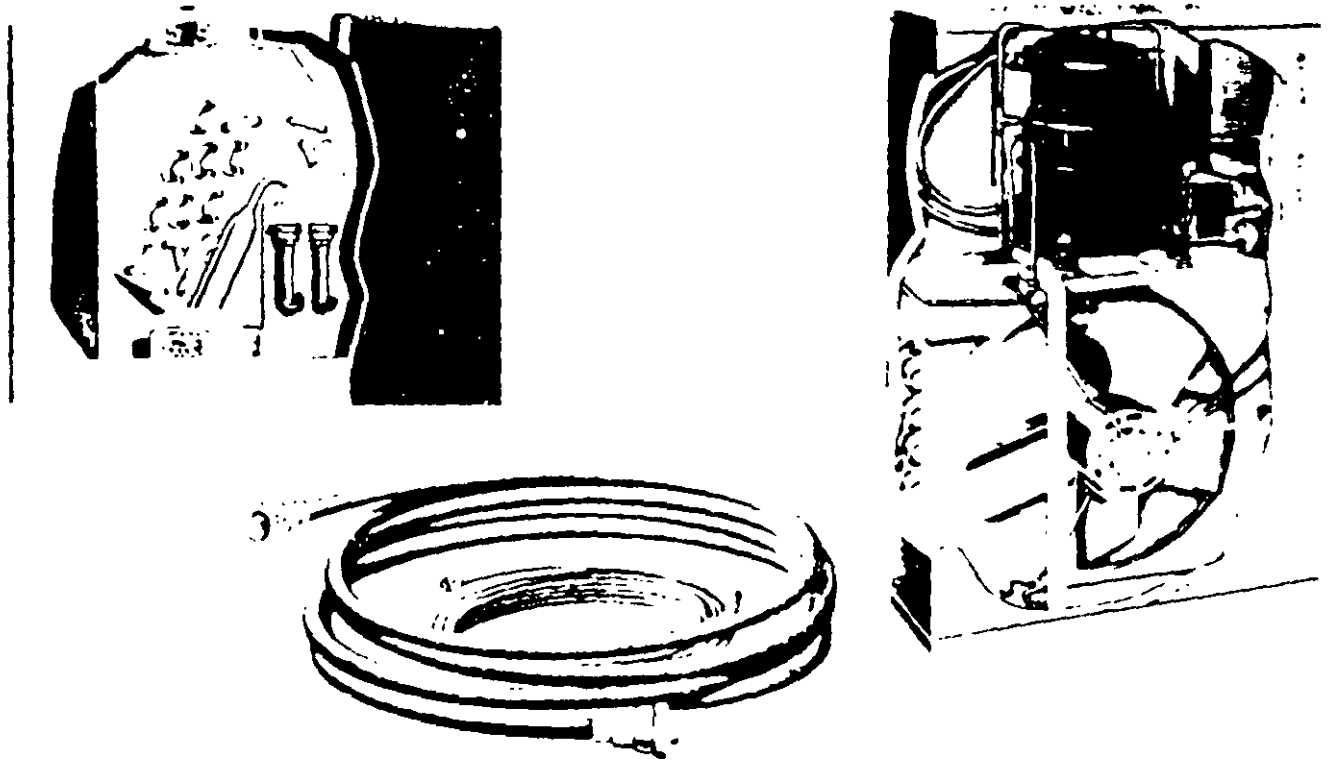


FIGURA A7-27 Líneas de refrigerante precargadas (Cortesía de Aeroquip Corporation)

refrigerante se despacha en rollos que han sido limpiados y deshidratados. Al quitar los sellos y al hacer las conexiones se debe proceder con rapidez para reducir al mínimo posible la condensación de humedad. Los acoples en la tubería se ajustan primero con la mano. Luego al abrir ligeramente las válvulas de servicio, la presión del refrigerante inunda la tubería, sacando el aire y la humedad a través de los acoples ajustados manualmente. Después de purgar, los acoples de presión son ajustados firmemente con la herramienta apropiada para obtener un sello hermético.

La tercera forma de acople mecánico es la *conexión emboquillada*, la cual ha sido ampliamente usada en los sistemas de refrigeración por muchos años. Las conexiones emboquilladas están generalmente limitadas a tubos hasta de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, diámetro exterior y el instalador debe ser

muy hábil haciendo las boquillas. El juego de tubos es limpiado y sellado en la fábrica en ambos extremos para minimizar la penetración de mugre y humedad. En este caso, sin embargo, la tubería para emboquillar no viene precargada con refrigerante. En el proceso de hacer las conexiones, si el sistema queda abierto a la atmósfera por más de cinco minutos, será necesario efectuar el procedimiento completo de purga y verificación de escapes junto con un vacío completo y carga nueva de refrigerante.

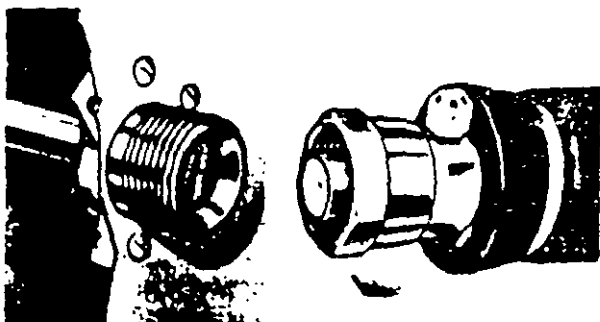


FIGURA A7-28 Junta o acople tipo diágrama. (Cortesía de Aeroquip Corporation.)

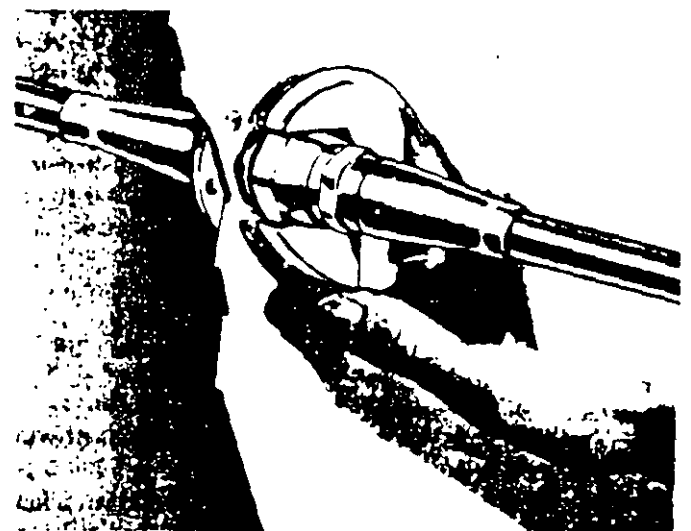
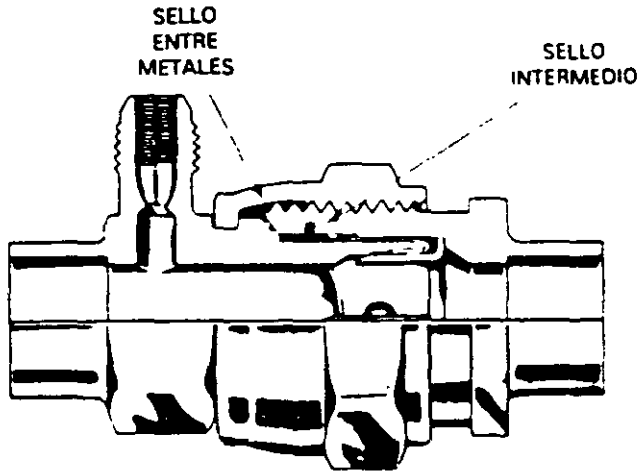
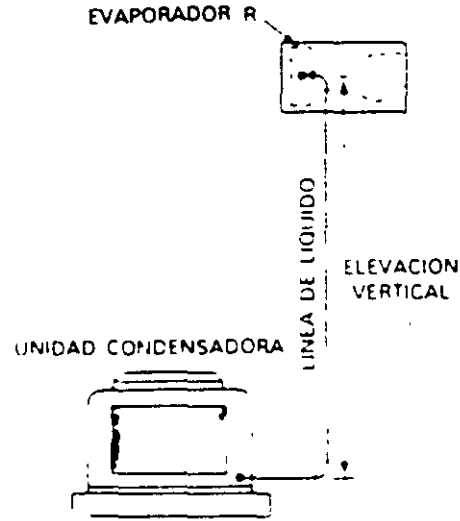


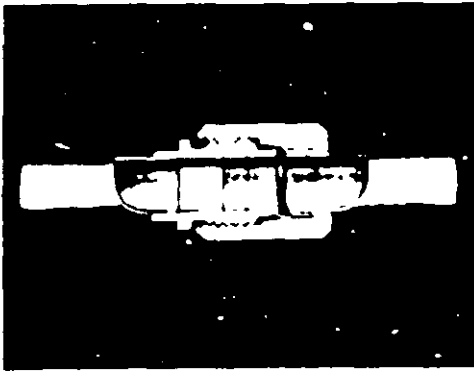
FIGURA A7-29 Apriete de la conexión (Cortesía de Aeroquip Corporation.)



**FIGURA A7-30** Corte de junta o cople tipo diafragma  
(Cortesía de Aeroquip Corporation)



**FIGURA A7-32**



**FIGURA A7-31** Acople de presión  
(Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

de los refrigerantes, un sistema dividido tiene limitaciones en la longitud y en la altura a que se pueden llevar las líneas y el técnico debe abstenerse de sobrepasar estos límites (figura A7-32). Cuando el evaporador está localizado por encima de la unidad condensadora, hay una pérdida de presión en la línea de líquido debido al peso de la columna de líquido y a la fricción contra las paredes del tubo. La fricción y el peso de la columna de refrigerante pueden ser interpretados en términos de pérdida de presión en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup>), como se muestra en la siguiente tabla para refrigerante 22.

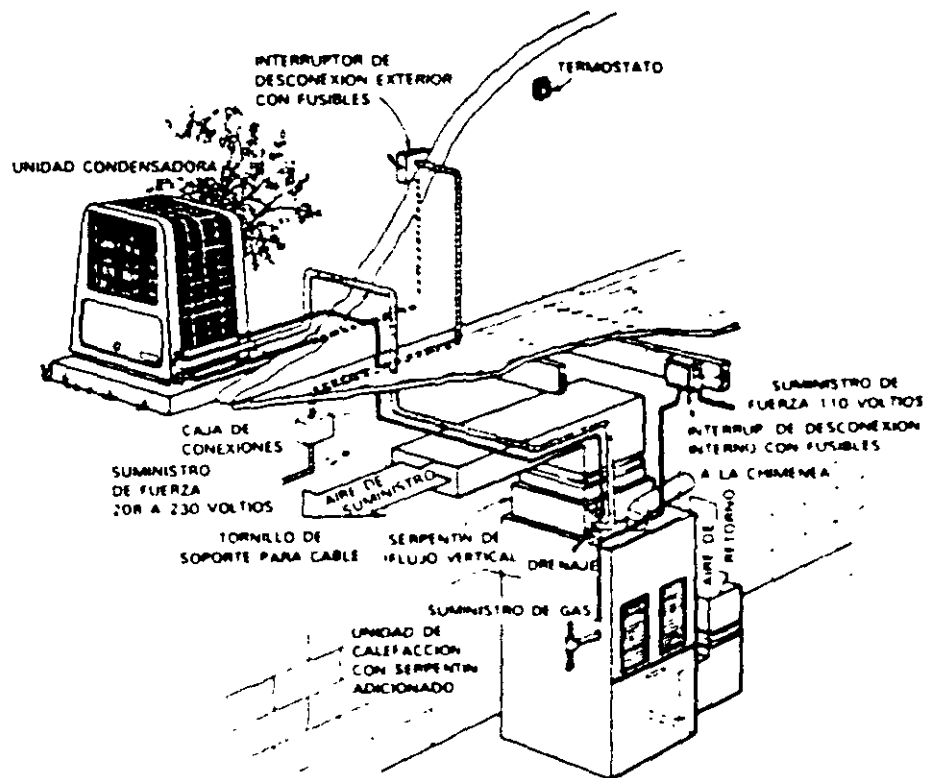
Altura que alcanza en pies	5	10	15	20	25	30
Pérdida de presión estática (lb/pulg <sup>2</sup> )	2 $\frac{1}{2}$	5	7 $\frac{1}{2}$	10	12 $\frac{1}{2}$	15

Una altura de 30 pies es considerada como la máxima que se puede alcanzar en una utilización normal. Si la pérdida de presión sobrepasa ciertos límites, aparecerá vapor en la línea de líquido antes de que el refrigerante haya llegado al evaporador, viéndose adversamente afectadas la capacidad y la operación del sistema.

La longitud de las líneas y la separación entre el condensador y el evaporador cuando se usan líneas estándar precargadas, es de 50 pies o menos, si así lo especifica el fabricante. 75 pies se considera la máxima separación y generalmente requiere la adición de refrigerante. Donde el evaporador está por encima del condensador, incline la línea de succión hacia el condensador por lo menos 1 pulgada por cada 10 pies de recorrido para asegurar el correcto retorno del aceite con la ayuda de la gravedad. (Más información sobre la instalación y aplicaciones de las líneas de refrigerante será dada cuando se discuta el enfriamiento con sistemas comerciales divididos.)

En el caso de los acoples rápidos, los acoples de presión y los acoples emboquillados, no es necesaria ninguna soldadura en el sitio de la instalación, lo mismo que generalmente no se hace necesario efectuar el vacío, evacuación y carga del sistema con refrigerante. La unidad condensadora y los evaporadores son sellados en la fábrica. La unidad condensadora viene también cargada de fábrica con suficiente refrigerante para todo el sistema incluyendo líneas hasta de 25 pies. La mano de obra, herramientas, tiempo y habilidades requeridas para la instalación son así reducidas considerablemente. Todo esto tiene sin embargo la desventaja de no ser práctico ni económico para instalaciones con tuberías de diámetro mayores. El tamaño máximo de tubería blanda de cobre que puede ser doblada según la necesidad, es de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, día, ext. Así pues, los sistemas precargados de un solo compresor van hasta el rango de las 5 y las 7 $\frac{1}{2}$  toneladas. A menos que se empleen varios circuitos, en las instalaciones de mayor capacidad se debe pasar a sistemas con líneas soldadas. Todos estos tipos de conexiones se describieron en el capítulo R13.

Además de las limitaciones físicas en el manejo de tubería de mayor diámetro y debido a ciertas características



**FIGURA A7-33** Sistema para adicionar dividido de un solo circuito (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

El alambrado y el tendido de la tubería en un sistema para adicionar, dividido, de un solo circuito, es relativamente simple, como se muestra esquemáticamente en la figura A7-33. El cableado eléctrico consiste en una línea de fuerza (208/240 V), que va hasta la unidad condensadora exterior a través de un interruptor de desconexión manual equipado con fusibles. El voltaje de fuerza que se suministra a la unidad manejadora interior (generalmente 110 V) alimenta el motor del ventilador lo mismo que el transformador de bajo voltaje (secundario de 24 V). Un termostato con combinación de calefacción y enfriamiento para 24 V, controla la parada y el arranque de la calefacción y del enfriamiento a través de relés con enclavamientos. El uso del "condensador permanentemente dividido" en los motores de los compresores herméticos pequeños para instalaciones residenciales, será incluido más adelante en un repaso de la parte eléctrica. Se asume que las presiones del refrigerante se igualan durante el periodo de parada y así el compresor no se ve obligado a arrancar cargado. El embobinado auxiliar permanece energizado todo el tiempo que el motor esté trabajando. El condensador de marcha se instala para suministrar un torque adicional durante el arranque y mientras la unidad esté trabajando, pero en los casos donde existan fluctuaciones y bajos voltajes, puede ser necesaria la instalación de un condensador de arranque para un "extra empuje". Los arranques con empujes fuertes los cuales son suministrados esencialmente por el condensador o capaci-

tor de arranque conectado durante la instalación del equip. son necesarios para obviar los problemas de bajo voltaje y para minimizar las oscilaciones del alumbrado cuando la unidad arranca.

Los tamaños de los sistemas residenciales divididos, para adicionar, van desde 1 hasta 7½ toneladas, con la mayoría de las ventanas situadas en el rango de baja capacidad desde 2 hasta 3 toneladas. Los modelos vienen generalmente con elementos de 6,000 Btu/h; o sea, 12,000 Btu/h, 18,000, 24,000, 30,000 y así sucesivamente. La mayoría de los fabricantes certifican la capacidad de sus equipos de acuerdo con el estándar ARI 210, el cual está basado en la combinación de determinadas unidades condensadoras con los serpentines de enfriamiento correspondientes a su tamaño. Estas combinaciones están listadas en el directorio del ARI. Algunos fabricantes publican por su cuenta listas de combinaciones según las capacidades, que permitan la selección de diferentes tipos de evaporadores para cada modelo de unidad condensadora. Esto es especialmente útil en la parte sureste de los Estados Unidos, por ejemplo, donde existen conducciones de baja humedad pero con altas temperaturas, lo que requiere mayores volúmenes de aire y altos coeficientes de enfriamiento sensible, aunque la capacidad total de la unidad condensadora sigue siendo la misma. Estas combinaciones múltiples pueden ser o no certificadas por el ARI.

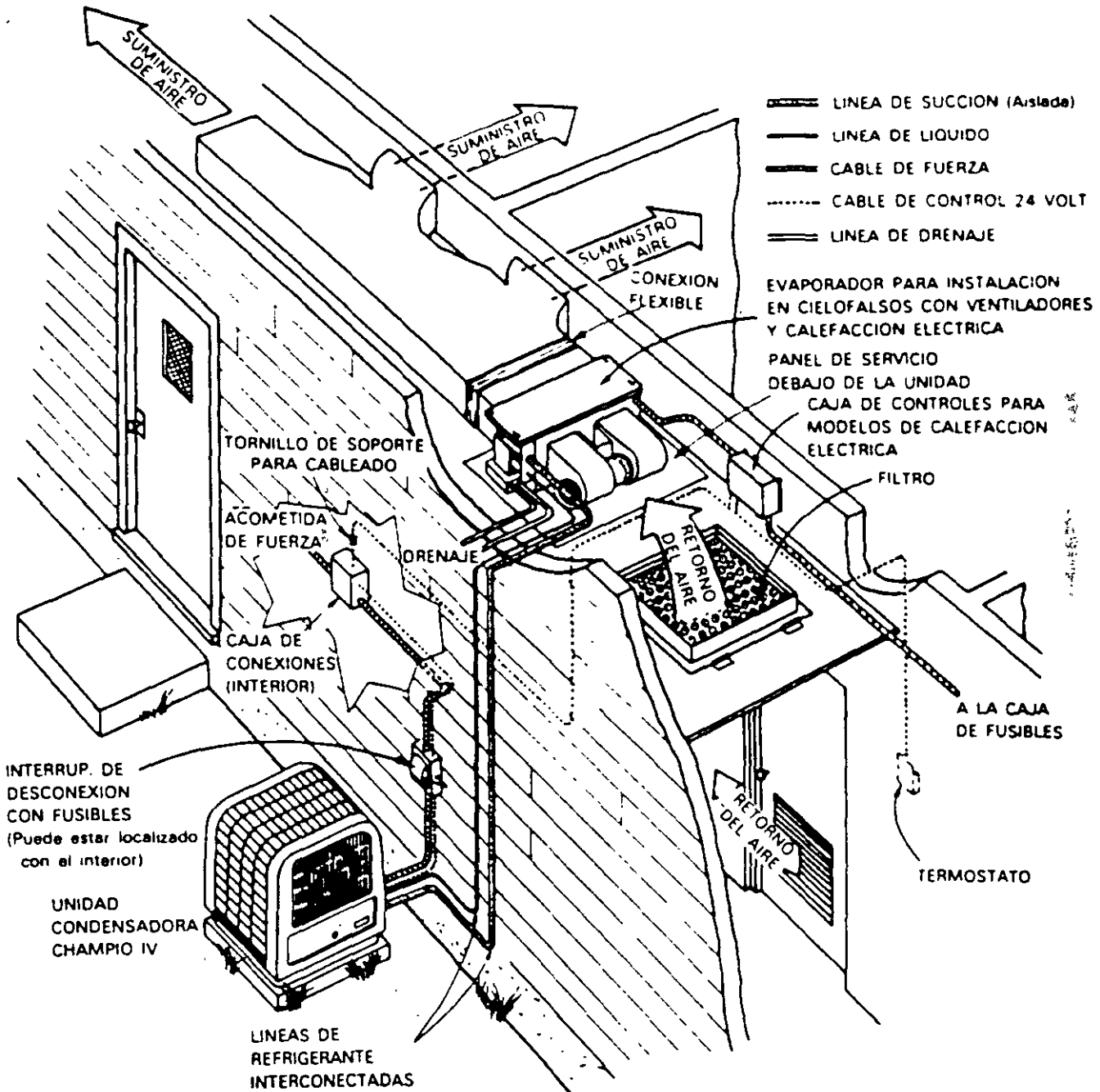


**UNIDADES DE VENTILACION Y SERPENTIN**

No todos los sistemas divididos residenciales son del tipo para adicionar a sistemas de calefacción ya instalados. Muchos equipos se instalan en casas nuevas. Muchos son solicitados para instalación en apartamentos y hoteles, donde la unidad interior es una de serpiente y ventilador en vez del antiguo equipo de calefacción con quemador. La figura

A7-34 muestra un evaporador con ventilador diseñado para ser instalado en el cieloraso de ciertas áreas, como closets, corredores, baños, etc., donde el aire retorna a través de una rejilla en el cieloraso y el aire acondicionado es descargado a través de una rejilla dentro del recinto. Estos sistemas están diseñados básicamente para trabajar sin ductos. El mueble de la unidad no es necesario que sea completo, eliminando así peso y reduciendo costos.

Como se mencionó anteriormente, es común referirse a un "sistema de enfriamiento" para luego advertir que puede también ser equipado para calefacción. Los evapora-



**FIGURA A7-34** Sistemas de evaporador con ventilador para cieloraso (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

dores con ventilador para cielo falso pueden ser equipados con resistencias eléctricas para calefacción. La capacidad de enfriamiento de estos equipos está en el rango de 12,000 a 30,000 Btu/h y se instalan usando acoples rápidos y líneas de refrigerante precargadas. Las líneas de drenaje del condensado deben ser manejadas con cuidado, ya que una obstrucción puede causar una inundación que dañara el cielo falso. En algunos lugares se recomienda y se requiere seguridad.

Evaporadores con ventilador de mayor tamaño, para uso residencial y comercial (figura A7-35) están disponibles en tamaños desde 1½ hasta 7½ toneladas y vienen con sus muebles completos. Estas son también comúnmente denominadas *unidades manejadoras de aire*. Los modelos de instalación horizontal se cuelgan en los sótanos o se instalan sobre una base en un cielo falso oático. Los modelos verticales para descargar hacia arriba o hacia abajo son fácilmente adaptados para instalación en un closet. Como se mencionó anteriormente, estas unidades pueden ser equipadas también con resistencias eléctricas para calefacción durante el invierno. Los ventiladores centrífugos proveen una presión estática externa lo suficientemente amplia como para un sistema de distribución de aire completo, motores opcionales de varias velocidades permiten variar el flujo de aire. Estas unidades se usan frecuentemente en aplicaciones comerciales pequeñas con ductos o con un plenum de suministro para una distribución del aire con descarga libre.

A7-8

## SISTEMAS DE ENFRÍAMIENTO DIVIDIDOS UNITARIOS

A7-9-1

### Sistemas comerciales divididos

Hasta las 7½ toneladas de capacidad no hay una norma específica para clasificar los distintos equipos en residenciales y comerciales, puesto que hay una amplia gama de aplicaciones en ambos mercados que utilizan los mismos productos. Sin embargo, por encima de las 7½ toneladas, las aplicaciones pasan a ser esencialmente comerciales y el diseño de los productos incluye componentes estándar diferentes.

La primera diferencia notable fuera del tamaño y de la capacidad está en el uso de líneas de refrigerante soldadas y de válvulas de expansión en vez de tubos capilares. La reducción en capacidad y los métodos para operación a bajas temperaturas ambientales son más eficientes en virtud del uso de compresores y ventiladores de condensación múltiples. El diseño estructural pasa a ser un poco más funcional y pesado con menos énfasis en la apariencia. Los compresores tienen todas las características trifásicas.

Los sistemas comerciales divididos van desde 7½ toneladas hasta 100 toneladas y más, siendo el diseño de la unidad condensadora, en la mayoría de los casos, similar al de la unidad en la figura A7-36, donde el aire se descarga

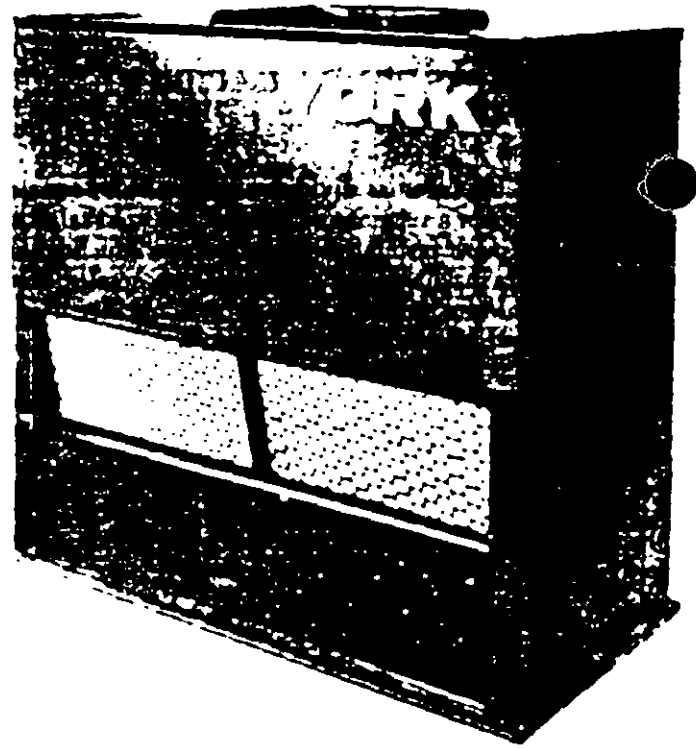


FIGURA A7-35 Unidad de aire acondicionado con soplador y evaporador. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

verticalmente después de entrar por los lados o por debajo. La descarga vertical tiene varias ventajas. Primero, estas unidades mueven grandes volúmenes de aire y la mejor manera de evitar que la descarga sea obstaculizada genera turbulencia, es enviándola derecho hacia abajo. Segundo, la posición horizontal de las aspas de los ventiladores es la menos afectada por el efecto del viento cuando la unidad está apagada, ya que se trata de que no estén girando en sentido contrario en el momento del arranque. El uso de ventiladores múltiples de acople directo es casi

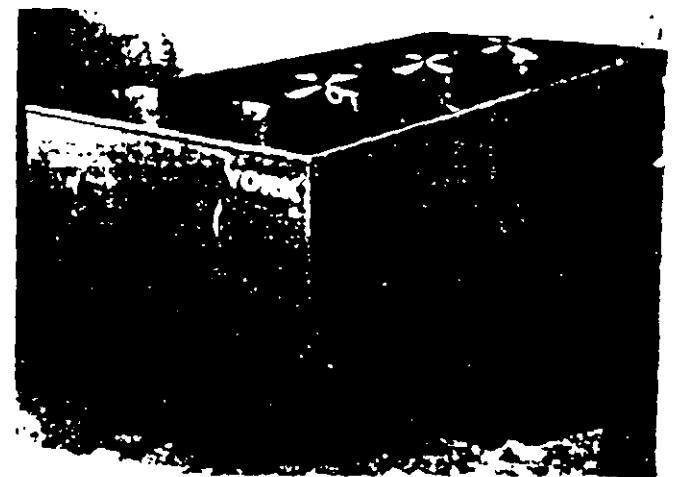


FIGURA A7-36 Unidad típica de condensación. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

una práctica universal en esta clase de equipos. No es necesaria la utilización de ductos cuando el equipo está situado normalmente sobre un techo o a nivel del suelo en espacio abierto. El control de la capacidad es necesario solo a que las cargas comerciales de aire acondicionado son muy poco constantes. La reducción de capacidad se logra de varias maneras. Cuando se usan compresores múltiples, como en el caso de los equipos de mayor tonelaje, esto se logra simplemente programando los compresores por etapas o secuencias de modo que poco a poco vayan arrancando o parando para satisfacer la carga. Donde se usa solamente un compresor (y aún en el caso de compresores múltiples), éste puede estar equipado con descargadores de cilindro para reducir la capacidad de compresión hasta un 25% o menos. En otras palabras, la máquina arranca casi descargada y los cilindros son desactivados a medida que la carga de calor así lo demande. Además los arranques descargados reducen el consumo de corriente.

Un ejemplo de un descargador de cilindro (figura A7-37) lo constituye la válvula de desvío instalada en la culata del cilindro, la cual es abierta por un resorte y cerrada por la presión del gas de descarga, siendo también operada por válvulas solenoides que responden a la presión de succión. El compresor siempre arranca descargado para una máxima economía de corriente. La disminución en potencia (caballos de fuerza) es casi directamente proporcional a la reducción en capacidad. Usando este método, la capacidad de un compresor se puede variar en mayor grado mientras más cilindros tenga. Otros tipos de descargadores utilizan la presión del aceite para abrir la válvula de desvío.

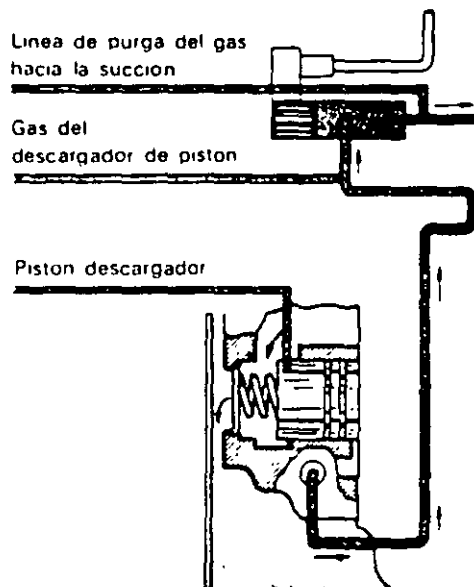
Otro método de control de capacidad consiste en el desvío del gas caliente (figura A7-38). La válvula de paso

del gas caliente en la línea de desvío puede ser controlada por temperatura o por presión del gas, dependiendo de la naturaleza de la aplicación. Tan pronto como el controlador ordena una reducción de capacidad, la válvula de desvío se abre, permitiendo que parte del gas caliente vaya directamente al múltiple de distribución del serpentín. Esto reduce la capacidad efectiva del compresor en la misma cantidad en que el gas sea desviado alrededor del condensador. Durante el desvío del gas caliente, no hay una apreciable reducción en el caballaje.

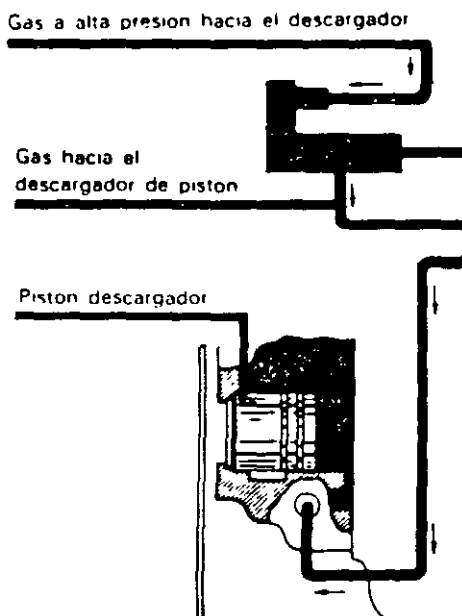
El método usado con mayor frecuencia para proveer un control de operación durante los periodos de baja temperatura ambiental, consiste en la desconexión momentánea de los ventiladores de condensación como fue previamente explicado, excepto que no se mencionó que el número de pasos aumenta a medida que se multiplican los ventiladores. Así se obtiene por consiguiente un control cada vez más exacto. Hay otras técnicas entre las cuales está la de controlar con dampers el flujo del aire al condensador (figura A7-39). Cada fabricante escoge lo que más convenga a su diseño. Ya que estos equipos comerciales deben poder operar durante periodos de temperaturas medias y bajas, es necesario dotarlos de calentadores de carter en los compresores para mantener el aceite de lubricación tibio. Un interruptor de acción invertida energizará el calentador tan pronto como pare el compresor. Los calentadores de carter también vaporizarán el refrigerante líquido que se mezcle con el aceite en el carter, de modo que durante los arranques en épocas frías el refrigerante no hierve instantáneamente y las válvulas del compresor no corren peligro.

Otros sistemas de control aún más sofisticados incluyen un interruptor de baja presión de aceite e interruptores

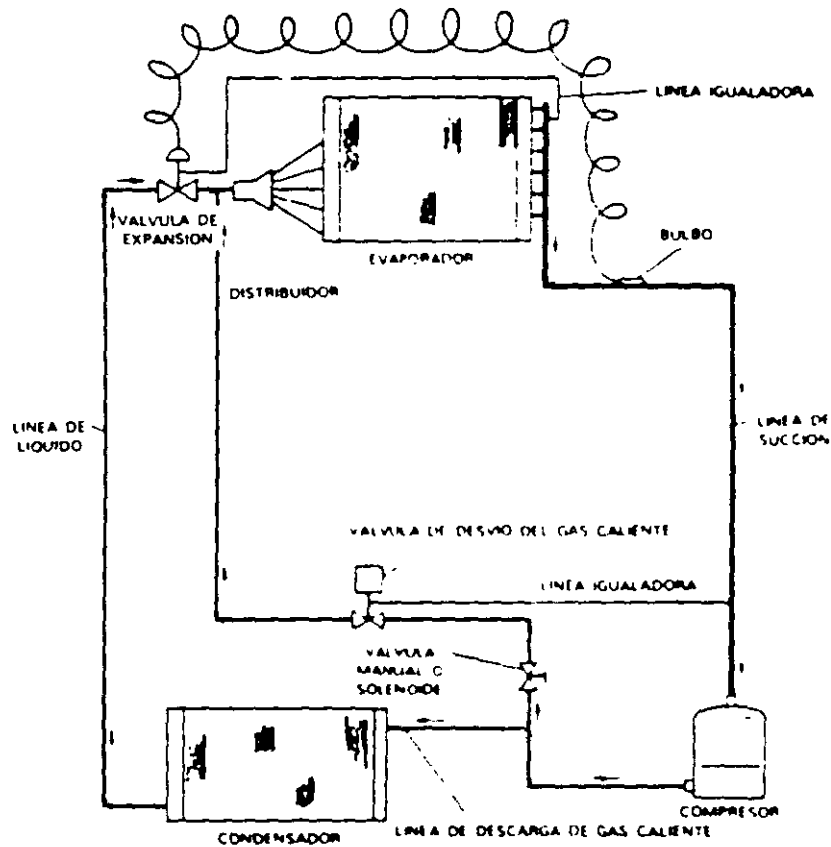
Desenergizado (descargado)



Energizado (cargado)



**FIGURA A7-37** Descargador de cilindro. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

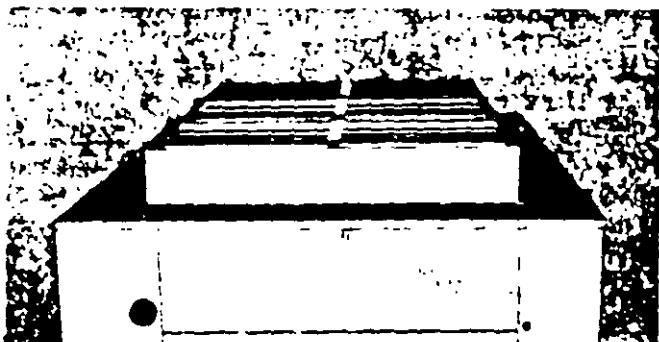


**FIGURA A7-38** Desvío del gas caliente. (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

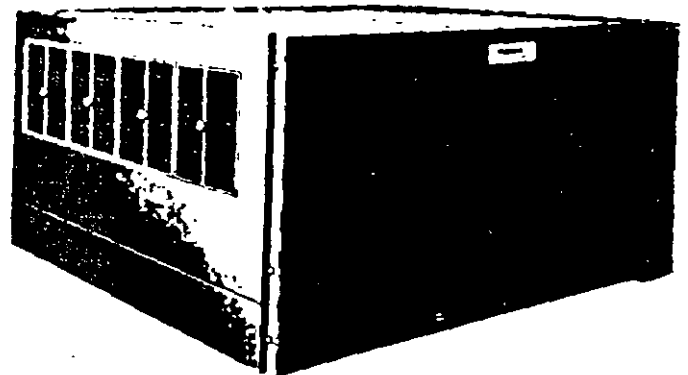
de alta y baja presión de refrigerante, relés de protección, relés retardadores de tiempo entre arranques y temporizadores que cumplen la misma misión, evitar que el compresor pase y arranque repetidas veces en corto plazo. Los periodos de tiempo entre arranque se alargan desde 3 hasta 5 minutos con estos controles. La unidad manejadora interior puede ser de dos formas principalmente, como se muestra en las figuras A7-40 y A7-41. Las secciones de evaporador y ventilador horizontales (figura A7-40) pueden ser suspendidas del techo para trabajar dentro del espacio, con descarga libre a un plenum, con rejillas de suministro o pueden ser instaladas en un sitio remoto, llevando el aire

acondicionado por ductos hasta el área de confort. Los modelos verticales (figura A7-41) son para instalación sobre el piso y pueden ser también de descarga libre o con ductos. La decisión entre descarga libre y ductos está basada en el análisis de costos, espacio, apariencia y tipo de local. Los almacenes grandes con espacios abiertos, son el caso típico de una aplicación de la descarga libre, mientras que las oficinas con muchas subdivisiones deben acondicionarse con ductos.

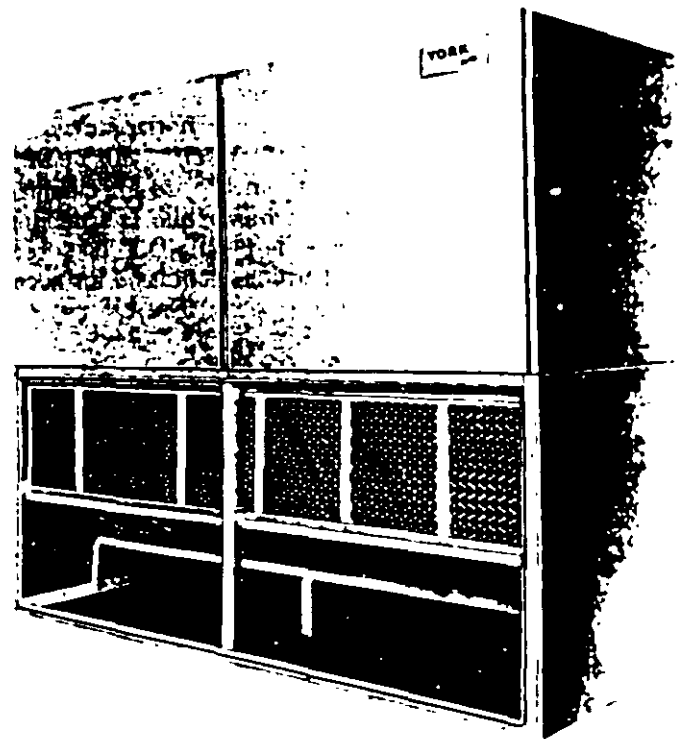
El ventilador centrífugo debe soplar un mayor volumen



**FIGURA A7-39** Dampers para regular el aire de condensación. (Cortesía de Fedders Air-Conditioning, U.S.A.)



**FIGURA A7-40** Modelo horizontal, sección de evaporador y ventilador. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A7-41** Modelo vertical: sección de evaporador y ventilador (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

de aire, con mayor presión estática de la que se requiere en aplicaciones residenciales, lo que obliga a utilizar una rueda en V con una transmisión de poleas de diámetro variable opcionales. La carcasa del ventilador puede ser rotada si se necesita dentro del mueble, para obtener diferentes direcciones de descarga y mayor flexibilidad.

Los serpentines de evaporación serán subdivididos de modo que tengan un circuito por cada compresor. También se deja generalmente un espacio para la inclusión de un serpentín de vapor no congelable o de un serpentín de agua caliente, para calefacción durante el invierno.

La capacidad de cada combinación de unidad condensadora con unidad manejadora, es publicada por el fabricante y certificada bajo el estándar ARI 210. Un ejemplo de especificación está dado en la figura A7-42. Para un sistema combinado (unidad condensadora y unidad manejadora) con determinada cantidad de pies<sup>3</sup>/min (normalmente 400 pies<sup>3</sup>/min/ton), 95°F como temperatura del aire de condensación y con 67°F bulbo húmedo como temperatura de retorno al evaporador, el cuadro muestra:

1. Capacidad total en miles de Btu/h (93)
2. Temperatura de bulbo húmedo a la salida del evaporador (60.6°F)
3. Consumo total de energía en kW (9.9)
4. Capacidad sensible en miles de Btu/h

basándose en cualquier temperatura de bulbo seco para el retorno del aire desde el espacio acondicionado (80°F). En este ejemplo la capacidad sensible sería de 73 MBTU/h para un coeficiente S/T de 0.785. Toda esta información ha sido precalculada, de modo que la selección de una combinación estándar es muy fácil y el técnico tratará siempre de usar un equipo estándar para reducir los costos y el tiempo de entrega. Hay ocasiones en que será necesaria o ventajosa una combinación que no sea estándar, de modo que lo difícil en ese caso será, primero, la selección de la unidad manejadora y luego la comparación de la capacidad del evaporador contra la capacidad de la unidad condensadora para poder determinar si el sistema quedará balanceado correctamente.

**FIGURA A7-42**  
Capacidades.

Sistema		AIRE SOBRE EL EVAPORADOR		CAPACIDAD SENSIBLE MBH									
				Pie <sup>3</sup> /min	BH Temp (°F)	Capacidad total Mbh	Temp BH salida del evap (°F)	Costo potencia compres y vent condens (kW)	Temperatura de bulbo seco sobre el evaporador (°F)				
									70	75	80	85	90
CA 91	(EB92-B)	3300	72	101	65.9	10.4	—	40	56	69	89		
	(EBV92-B)		67	93	60.6	9.9	43	57	73	88	91		
	(C90UX*)		62	86	55.4	9.4	57	73	84	86	86		
	(92DX)	57	78	50.2	9.0	67	72	78	78	78			
		72	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
	(EB122-B)	4400	67	98	60.6	10.2	43	59	77	93	98		
(EBV122-B)	62		91	55.4	9.7	61	79	87	91	91			
(122DX)	57		84	50.2	9.3	83	84	84	84	84			

Capacidad de enfriamiento — 95°F BS Aire sobre el condensador (MBtu/h)

tamente en términos de la temperatura de operación del refrigerante. Este procedimiento lo explica el fabricante y varía con los distintos métodos de evaluar la eficiencia del sistema.

El conocimiento que el técnico de instalación y servicio tenga de las líneas de refrigerante en los sistemas comerciales divididos es importante. La técnica de la soldadura que se necesita para tender una tubería de cobre duro fue discutida con anterioridad, sin embargo, estamos aquí interesados en el diseño del sistema sobre todo en lo concerniente en un retorno apropiado del aceite al compresor, la pérdida de presión en las líneas de refrigerante y la velocidad de flujo del gas. La caída de presión en la línea de succión es más crítica que la caída en la línea de líquido, puesto que aquélla significa una pérdida de capacidad en el sistema, puesto que obliga al compresor a trabajar con una baja presión de succión para mantener la temperatura deseada en el evaporador. La capacidad disminuye mientras la potencia generalmente aumenta. Mientras mayor sea el diámetro de la línea de succión, menor será la caída de presión, pero un diámetro excesivo también tiene sus problemas. Primero, la velocidad de flujo del gas puede no ser lo suficiente, para que el aceite retorne al compresor y segundo, el costo de una tubería de mayor diámetro se torna en un factor económico crítico. Por eso, la norma técnica y económica recomienda que las líneas de succión sean dimensionadas usando una caída de presión nominal correspondiente, 2 F o aproximadamente 3 lb/pulg. para R-22. Las líneas de líquido tienen caídas de presión nominales correspondientes a 1 F o a aproximadamente 2 lb/pulg. para R-22.

El tamaño de las conexiones de las líneas de líquidos de succión provistas con el equipo, generalmente representan un compromiso entre las velocidades máximas y mínimas, con cargas máximas y mínimas y caídas de presión nominales en las tuberías y en las conexiones. Es imposible esperar que un solo tamaño de tubo pueda cubrir todas las condiciones, sin embargo, basándose en el volumen de arriba, los tamaños estándar de líneas deben quedar dentro de una elevación de la succión de 30 pies y la longitud de las líneas de succión y de líquido debe ser entre 50 y 75 pies. Sistemas diseñados con valores por encima de éstos deben ser verificados calculando las pérdidas reales en las tuberías y en las conexiones. Ahora se explicará un procedimiento para hacer este tipo de cálculo.

Primero, determine la caída de presión total debido a tubos y conexiones. Esto se hace usando el método de longitudes equivalentes. Puesto que cada válvula, conexión y codo en una línea de refrigerante ofrece resistencia al libre flujo del gas, cada accesorio de éstos también aumenta la caída de presión. Para evitar tener que calcular la caída de presión de cada uno de los accesorios, una longitud equivalente de tubo recto ha sido establecida para cada accesorio como se muestra en la figura A7-43. Las tablas para determinar el tamaño de las tuberías están hechas sobre la base de la caída de presión por cada 100 pies de tubería recta. Esto permite considerar la línea en toda su extensión, incluyendo todos los accesorios como longitudes equivalentes de tubería recta y permite que la información de la tabla pueda ser usada directamente.

Asuma que usted está calculando la pérdida de presión en la línea de succión del sistema de 10 toneladas que se muestra en la figura A7-44. La separación real entre la unidad condensadora y la unidad manejadora es de 57 pies, combinando las distancias verticales y horizontales. La línea de succión incluye una válvula y seis codos de 90°. Del catálogo del fabricante o promedio de un chequeo directo del equipo se puede determinar que la conexión estándar en la línea de succión es de 1" pulg D.E. en cobre. En seguida se determinan las pérdidas debidas a los accesorios usando la figura A7-43.

Válvula de 1" pulg D.E. = 15.0 pies de longitud equivalente

Codos de 90° de 1" pulg. D.E. con 2.4 pies c/u = 14.4 de longitud equivalente

Pérdida total de los accesorios = 29.4 pies de longitud equivalente

Sumando esto a los 75 pies de longitud que tiene en total la línea en los tramos rectos, el valor total de la pérdida en la línea de succión para este sistema llega a los 104.4 pies o aproximadamente 105 pies.

Si vamos al catálogo del fabricante, encontraremos que la tubería de 1" D.E. tiene una pérdida por fricción de 2.8 lb/pulg. por cada 100 pies para R-22 y con una carga de 10 toneladas y como tenemos 105 pies, la pérdida por fricción real será de  $2.8 \times 1.05 = 2.95$  lb/pulg., la cual es casi exactamente el máximo permitido de 2 F o aproximadamente 3 lb/pulg. La línea de líquido se calcula del mismo modo.

La mayoría de los fabricantes publican tablas con diámetros de las líneas para varias longitudes de recorrido, incluyendo una cantidad promedio de accesorios y conexiones y sus recomendaciones dan generalmente buenos resultados ya que siempre dejan un margen de error; no exceda intencionalmente estos valores.

La posición de la unidad condensadora en relación con la unidad manejadora determina el sitio donde deben instalarse las trampas necesarias en la línea de succión. En la figura A7-44 la unidad condensadora está por encima del evaporador. En el elevador de succión, el aceite es transportado hacia arriba por el refrigerante en estado gaseoso. Una velocidad mínima del gas es necesaria para impulsar el aceite. El colector o trampa en la parte baja del elevador permite que el refrigerante líquido salga rápidamente del evaporador cuando no hay evaporación completa.

Cuando la capacidad del sistema es variable, gracias a los controles de capacidad en el compresor o a algún otro método similar, un elevador corto será generalmente instalado de un diámetro menor que el resto de la línea de succión para garantizar el retorno del aceite a lo largo del elevador. Algunos fabricantes también recomiendan una trampa en el elevador vertical aproximadamente a 20 pies y una trampa adicional cada 10 pies de allí en adelante.

Cuando la capacidad del sistema varía dentro de un amplio rango, puede que no sea posible encontrar un diámetro de tubería adecuado para la instalación de un solo

# FIGURA A7-43

Longitud equivalente en pico de tubería recto para varios tipos de válvulas y accesorios

año de la línea DE pulg	Válvula de globo	Válvula de ángulo	Codo de 90°	Codo de 45°	Te en línea	Te en ramal
1/2	10	10	10	10	2.0	2.0
3/4	12	12	12	12	2.5	2.5
1	14	14	14	14	3.0	3.5
1 1/2	18	18	18	18	4.0	4.5
2	24	24	24	24	6.0	6.0
2 1/2	30	30	30	30	7.0	7.0
3	36	36	36	36	10.0	10.0
4	48	48	48	48	12.0	12.0
6	72	72	72	72	15.0	15.0
8	96	96	96	96	17.0	17.0

Nota: Para información completa sobre longitud equivalente ver también el artículo ASHRAE

elevador que asegure el retorno de aceite, bajo condiciones de mínima carga y que tenga sin embargo una caída de presión razonable durante los periodos de máxima carga. Un elevador de succión doble como el que se muestra en la figura A7-45, debe entonces ser considerado. En un elevador doble, la tubería delgada A de la izquierda se dimensiona de modo que el aceite retorne cuando el compresor está "descargado" y a mínima capacidad. La segunda línea, la cual es más gruesa, aunque necesariamente no tiene que serlo, se dimensiona para que la caída de presión sea satisfactoria a través de ambas líneas, bajo condiciones de máxima carga. Una trampa se localiza entre los dos elevadores. Durante la operación con carga parcial, la trampa se llenará con aceite hasta que el elevador B quede sellado. El

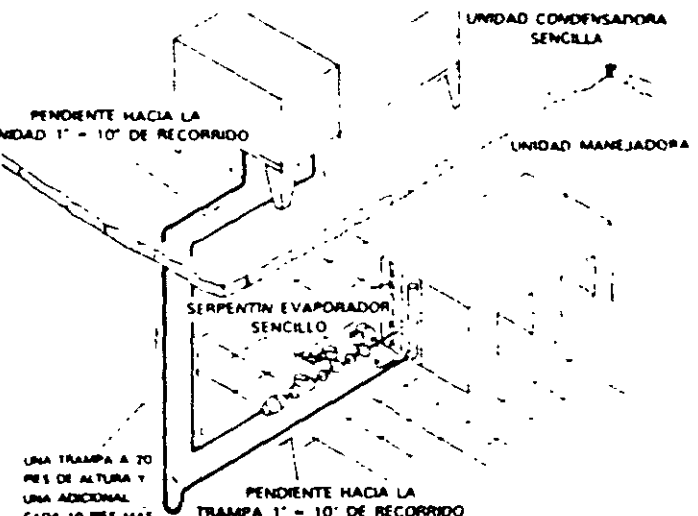
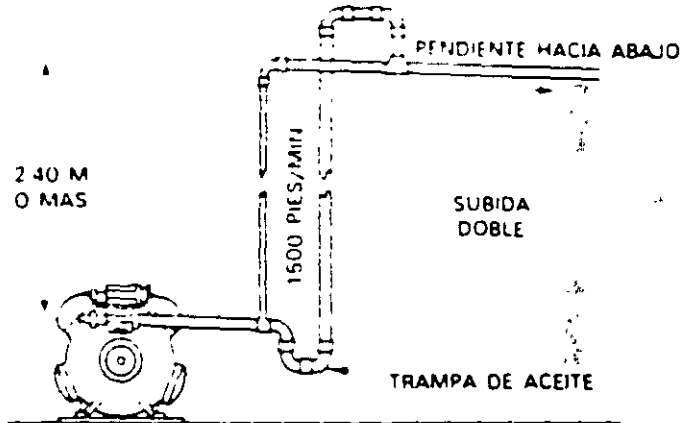


FIGURA A7-44 Una unidad condensadora con un serpentín de evaporación de un solo circuito. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

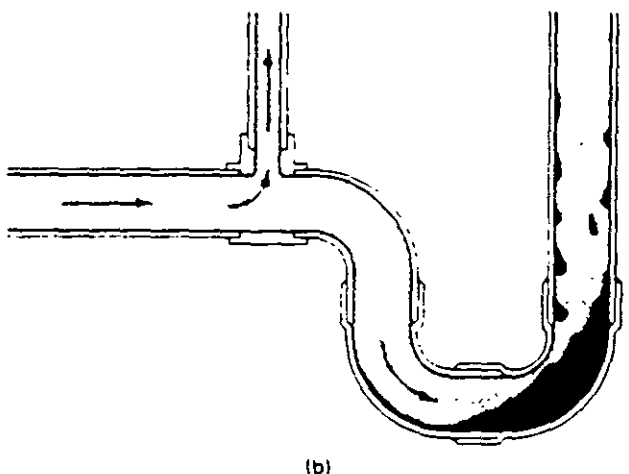
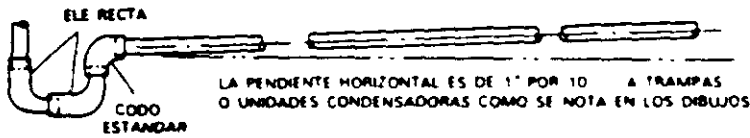
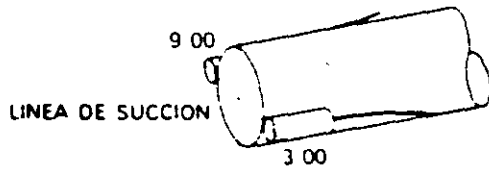


FIGURA A7-45 Subida doble a la succión (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

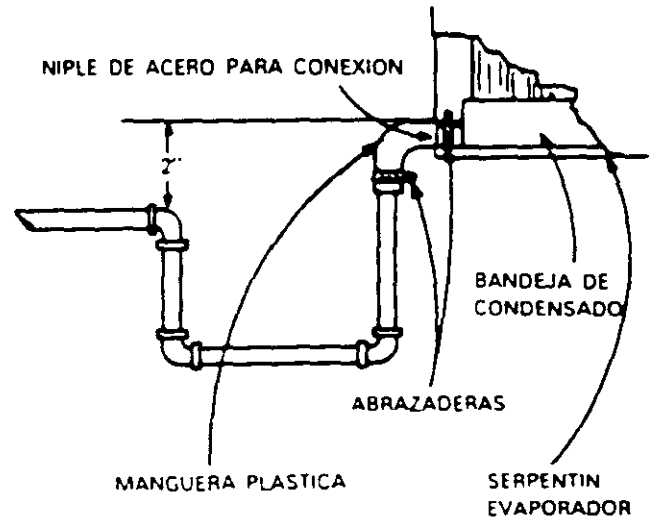


**FIGURA A7-46** Trampa típica de una línea

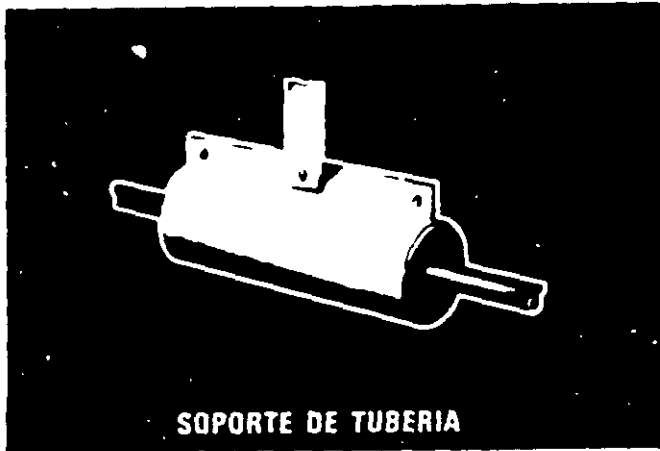


LOCALICE EL BULBO A LAS 9 00 O 3 00  
(NO EN EL TOPE A LAS 12 00 M)

**FIGURA A7-47** Localización típica del bulbo de la válvula de expansión



**FIGURA A7-49** Tuberia para el drenaje del condensado (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A7-48** Soporte de tubería (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

gas entonces se mueve hacia arriba a través del elevador A solamente y con la suficiente velocidad para transportar el aceite con él hasta la parte horizontal de la línea de succión. Esto se hace para evitar que el aceite se quede todo en un elevador que se ha sellado durante un periodo de operación con carga parcial.

En la figura A7-44 nótese la pendiente recomendada en un tramo horizontal de la línea de succión hacia una trampa o en la línea de descarga hacia la unidad condensadora. La figura A7-46 muestra como se hace una trampa con accesorios estándar. La figura A7-47 ilustra la posición correcta del bulbo de la válvula de expansión sobre la línea de succión. Entre la posición de las nueve y la posición de las tres, el bulbo censa solamente la temperatura del gas sobrecalentado, aunque podrá detectar cualquier exceso de líquido a la salida del evaporador.

Los controles y el circuito del serpentín que se escojan, determinan el colector y el número de válvulas solenoides que se usen, como también se recomienda en todos los casos que se instale un filtro secador y una mirilla en la línea

principal de líquido. Los serpentines evaporadores pueden ser de un solo circuito, de doble circuito, de cara dividida, de filas divididas o de cualquier combinación de estas alternativas y el múltiple apropiado para cada caso es generalmente recomendado por el fabricante.

Aunque la caída de presión en la línea de líquido debida al flujo del refrigerante no es tan crítica como en la línea de succión, la elevación que la primera alcance es también una consideración importante como se explicó anteriormente (La figura A7-32 presentó las pérdidas de presión estática debidas a la elevación de las líneas para refrigerante R-22.) Recuerde, elevaciones sobre los 30 pies pueden causar "evaporación instantánea" con posible deterioro de la válvula de expansión o por lo menos causando en ésta un control errático del evaporador.

El soporte de las líneas de refrigerante es importante no sólo desde el punto de vista del sostenimiento del peso sino también de la eliminación de la vibración y la minimización del ruido. La figura A7-48 ilustra un método típico de colgar una tubería. Los soportes deben proveer aislamiento entre ellos mismos y la tubería para absorber la vibración, pero no deben quedar demasiado ajustados como para dañar el aislamiento.

El aislamiento térmico de las líneas de succión es indispensable para evitar que la tubería condense y para evitar que haya transferencia de calor. El espesor del aislamiento dependerá del tipo de aplicación y estará sujeto a las recomendaciones específicas del fabricante. El espesor correcto debe subir la temperatura de la superficie expuesta por encima del punto de rocío. Cuando esté expuesto a la intemperie el aislamiento debe también tener una barrera de vapor adecuada. Algunos aislamientos, gracias al material de que están hechos, tienen de por sí una barrera de vapor y no necesitan de nada más.

Los evaporadores están siempre equipados con una conexión para la línea de condensado y la línea que



instale para el drenaje del condensado debe ser del mismo diámetro y sin reducciones. Una trampa similar a la mostrada en la figura A7-49 debe ser instalada cerca a la unidad para formar una barrera contra el aire. De otro modo, la presión negativa creada por el ventilador que está succionando el aire de retorno a través del serpentín, puede obstaculizar por completo el drenaje del condensado. Las líneas

de drenaje también pueden ser protegidas de la congelación; ellas deben llevar el condensado hasta un sifón abierto y nunca deben descargar dentro de una tubería sanitaria con una conexión cerrada puesto que pueden absorber gases de la alcantarilla que van a parar a la unidad manejadora en el caso de que el agua en la trampa se seque durante el tiempo de invierno

## PROBLEMAS

- A7-1. Las evaluaciones de capacidad y las normas de los acondicionadores de aire de ventana están bajo el control de \_\_\_\_\_.
- A7-2. ¿Cuáles son las condiciones normales ARI de operación para evaluar las unidades paquete enfriadas por aire?
- A7-3. Las relaciones son de alrededor de \_\_\_\_\_ %
- A7-4. Las unidades enfriadas por aire enlistadas por ARI deben trabajar a \_\_\_\_\_ °F de temperatura ambiente exterior.
- A7-5. A la operación de una unidad de aire acondicionado hasta 55°F de temperatura ambiente exterior se le llama \_\_\_\_\_.
- A7-6. A la operación de una unidad de aire acondicionado hasta 0°F de temperatura ambiente exterior se le llama \_\_\_\_\_.
- A7-7. El método más frecuente de control a baja temperatura ambiente es \_\_\_\_\_.
- A7-8. Los condensadores enfriados por agua con torre de enfriamiento tienen la tubería de agua al condensador para flujo \_\_\_\_\_.
- A7-9. Con frecuencia, las unidades para cuarto de computadoras usan serpentines remotos enfriados por aire con circulación de \_\_\_\_\_ en lugar de agua, para trabajar durante todo el año.
- A7-10. Los evaporadores de agregar se fabrican en cuatro tipos, ¿Cuáles son?
- A7-11. Las unidades de condensación enfriadas por aire se fabrican en dos configuraciones, ¿Cuáles son?
- A7-12. Dar los nombres de tres tipos de sellos mecánicos para unir tubería de refrigerante.
- A7-13. A la pérdida de presión en un tubo de líquido debida a diferencia de altura se llama \_\_\_\_\_.
- A7-14. Cincuenta pies de elevación en un tubo de líquido ocasiona una pérdida de presión de \_\_\_\_\_ psig.
- A7-15. Un conjunto de serpentín y soplador encerrado por completo en una caja se llama \_\_\_\_\_.
- A7-16. El control de capacidad se puede obtener mediante varios métodos. Dar el nombre de dos.
- A7-17. ¿Por qué se necesitan trampas en el tubo de succión?
- A7-18. Los tubos de drenado del evaporador deben tener trampas de agua para formar un \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 8 COMBINACIÓN DE EQUIPOS UNITARIOS DE  
CALEFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# Combinación de equipos unitarios de calefacción y enfriamiento

===== A8-1

## ===== GENERALIDADES

El campo completo de los productos para calefacción y enfriamiento, hasta donde ha sido tratado, no ha quedado claramente definido. Muchos productos paquete y de sistema dividido para enfriamiento pueden ofrecer la opción de la calefacción para proveer confort durante todo el año. Hay sin embargo tres categorías de productos unitarios diseñados para calefacción y enfriamiento, y en este capítulo revisaremos todos sus aspectos.

===== A8-2

## ===== UNIDAD PAQUETE TERMINAL

La figura A8-1 representa lo que se llama algunas veces *sistemas incrementales*, los cuales han tenido un rápido crecimiento de mercado en los pasados diez años. Este tipo de unidad está diseñada para construcciones nuevas como moteles, hoteles, escuelas, oficinas, apartamentos, hospitales, guarderías, etc., donde la naturaleza de la construcción y la necesidad están basadas en el acondicionamiento de una pieza o espacio a la vez. Los sistemas de ductos no permiten el control individual de las condiciones, y en algunos casos la mezcla de aire proveniente de los distintos espacios como en hospitales y guarderías no es deseable. También, en un edificio de oficinas, cada propietario puede estar en un lado diferente del perímetro y requerir condiciones diferentes. Finalmente, las características mismas del producto se prestan para que la operación con el servicio sean fáciles de hacer. Una de las instalaciones más grandes con unidades terminales paquete es el edificio del Departamento del Transporte de los Estados Unidos en Washington, D. C., con aproximadamente 2,000 unidades instaladas. Donde hay grandes cantidades de unidades, es

normal tener unidades completas de repuesto, de modo que cuando se necesita una reparación mayor, simplemente se intercambian unidades con un mínimo de trabajo e interrupción del servicio; esta es una de las principales consideraciones que se hacen durante el diseño. Estas unidades terminales paquete no son lo mismo que las unidades de ventana o de instalación a través de la pared. Las primeras ofrecen una construcción de mayor calidad, confiabilidad y un campo de aplicación mucho más amplio.

El diseño típico de una unidad terminal paquete está generalmente basado en varios elementos (figura A8-2). Primero, el marco de la pared se inserta y se asegura de modo permanente a la pared exterior del edificio. Este marco también incluye la rejilla exterior del condensador. Esta rejilla debe tener una buena apariencia y ser funcional en términos de la orientación del aire de suministro y de descarga, de la protección contra el agua lluvia, y lo más importante de todo, debe ser de un material anticorrosivo.

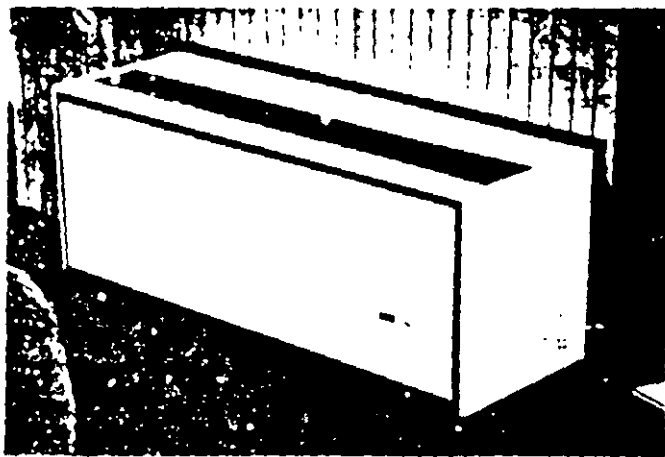


FIGURA A8-1 Unidad terminal paquete, sistema incremental (Cortesía de Standard Refrigeration Company)

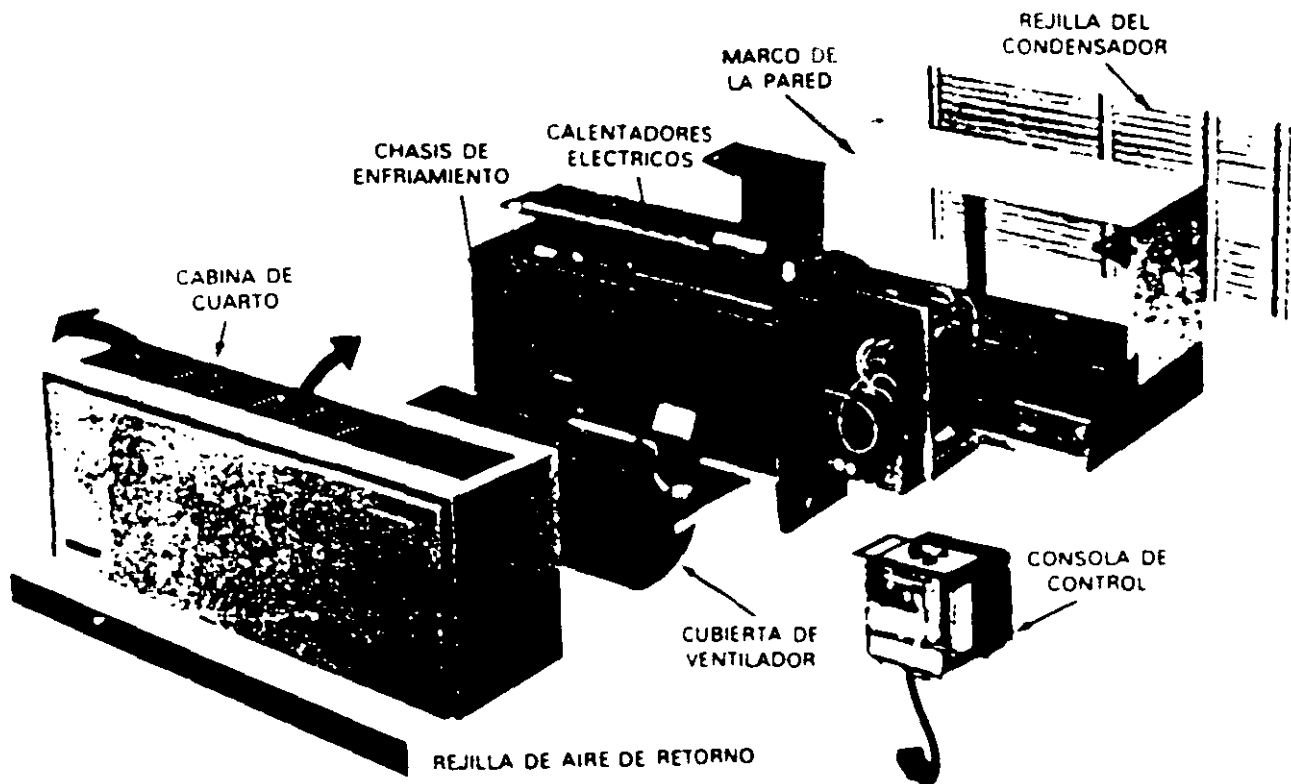


FIGURA A8-2 Unidad paquete terminal (Cortesía de Standard Refrigeration Company)

El chasis con todos los elementos de enfriamiento es un conjunto completo, que se desliza dentro del marco de la pared. Este chasis incluye todo el ciclo de refrigeración y tiene espacio también para las resistencias eléctricas de calefacción o en algunos casos, para un serpentín de vapor o de agua caliente. El 90% de todos los sistemas usan calefacción eléctrica, pero hay todavía áreas donde se dispone de calor húmedo para la calefacción. Dentro del chasis de refrigeración los elementos tales como la cubierta de ventiladores, la consola de controles, etc., son del tipo de conexión rápida y pueden ser fácilmente retirados para un servicio más rápido.

Mirando hacia el espacio acondicionado está el mueble, el cual posee las rejillas de suministro y retorno del aire. Las salidas del aire están en la parte alta y tienen persianas de control para dirigir y esparcir el aire del modo requerido. El aire retorna a ras del piso y entra a la unidad a través de una abertura no visible. El mueble debe ser decorativo y fuerte. Su proyección dentro de la pieza es una función del modelo individual de cada fabricante. Naturalmente se trata de que éste ocupe la menor extensión posible. Los filtros están incluidos también en el mueble interior y son de fácil acceso para los cambios rutinarios.

Varios factores operacionales deben ser resaltados en este tipo de equipo. Primero, puesto que todos los componentes mecánicos están contenidos en un espacio comparativamente pequeño, el aislamiento acústico se vuelve vital si se trata de reducir el ruido al mínimo nivel en la pieza. El control de velocidad del ventilador también ayuda a reducir el ruido producido por la descarga del aire. Segundo, la

eliminación del condensado se logra sin la instalación de tubería. El agua condensada es vaporizada mecánicamente y eliminada con el aire de descarga del condensador. Esto incluye también el agua lluvia que se pueda estancar dentro de la unidad durante una tormenta, el condensado no puede dejarse gotear sobre una pared exterior. Tercero, el marco de pared y la base del chasis deben ser adecuadamente sellados durante la instalación para evitar la infiltración de aire y humedad. Estas unidades son frecuentemente usadas en rascacielos donde la velocidad del viento, aún en días de clima normal, puede ser muy alta. Debido a esto, algunos fabricantes someten sus unidades a la *prueba de huracán* (figura A8-3), la cual se lleva a cabo bajo condiciones donde el agua y el aire están soplando a 75 millas por hora contra la rejilla exterior.

Otra provisión para la operación es la introducción de aire exterior. Esto se hace a través de una pequeña abertura con damper localizada entre las secciones exterior e interior. El aire es infiltrado antes de que entre a la pieza. El damper es normalmente operado con un control manual situado en el panel de control. La cantidad de aire exterior puede algunas veces estar regulada por un código, sobre todo cuando estas unidades son para instalación en escuelas, hospitales, guarderías, etc.; un 25% de aire exterior sería el mínimo requerido. En el caso de moteles y oficinas esto se deja a la decisión personal de cada diseñador con el objeto de que él estudie cada caso en cuanto a la eliminación del humo y del aire viciado.

Puesto que estas unidades deben operar durante todo el año, es enteramente posible que necesiten operar durante

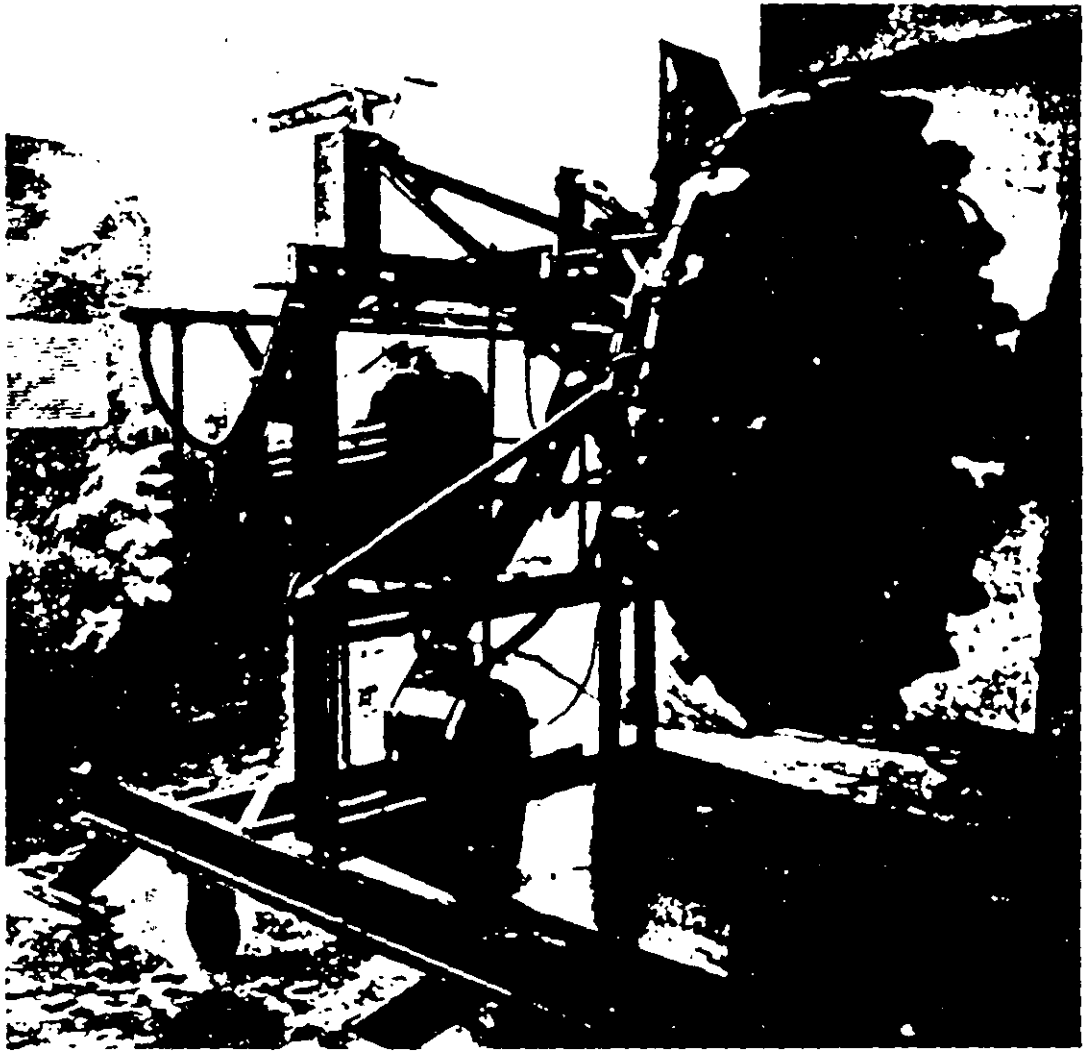


FIGURA A8-3 Prueba de huracán

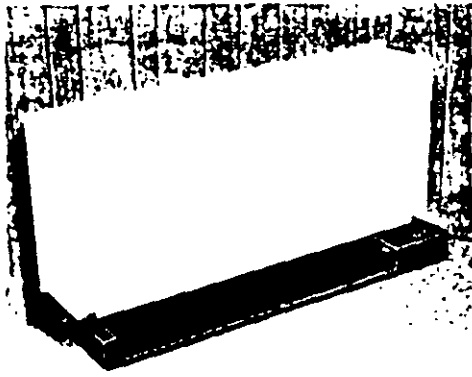
periodos con temperaturas ambientes exteriores intermedias y bajas. Por consiguiente, el sistema debe ser capaz de operar en condiciones de baja presión de descarga sin ningún peligro.

Los controles de una unidad terminal paquete pueden ir desde el simple selector manual para ventilador, calefacción, enfriamiento y ventilación hasta la sofisticada consola de control central para la operación de muchas unidades. Un ejemplo del último caso sería un hotel donde la recepcionista puede activar la unidad de cualquier alcoba en el momento en que el huésped se registra. Las oficinas también pueden ser "controladas por zonas" desde la oficina de mantenimiento del edificio. Una reducción nocturna de la cantidad de unidades en operación también puede ser incluida para reducir los tiempos de operación durante horas de baja ocupación. Los dampers del aire exterior motorizados pueden ser controlados o programados en función de la temperatura del ambiente exterior o en conexión con la reducción nocturna para minimizar los costos de operación.

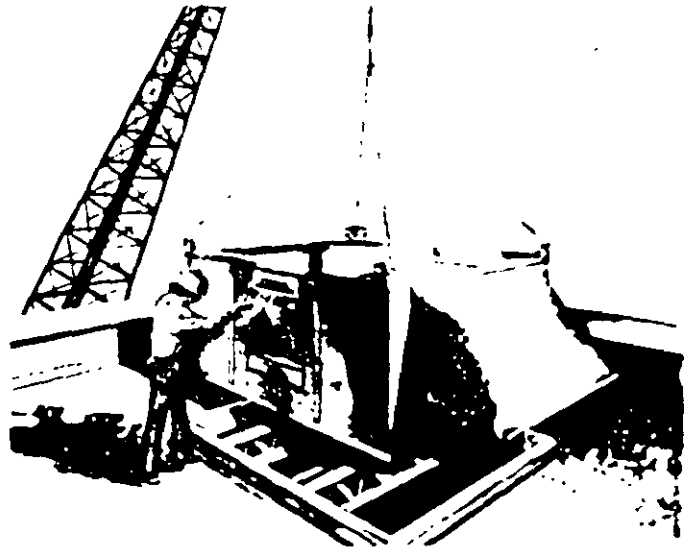
La capacidad de enfriamiento de las unidades terminales va desde 7,000, 9,000, 12,000 hasta 15,000 Btu/h con

algunos modelos hasta de 18,000 Btu/h. La capacidad de calefacción eléctrica varía en el rango de los 4,000 hasta los 16,000 Btu/h. La mayoría de los fabricantes utilizan la calefacción en dos etapas para poder dividir los circuitos eléctricos y para poder ofrecer un control más exacto de las condiciones en el área, sin sufrir sobrecalentamiento.

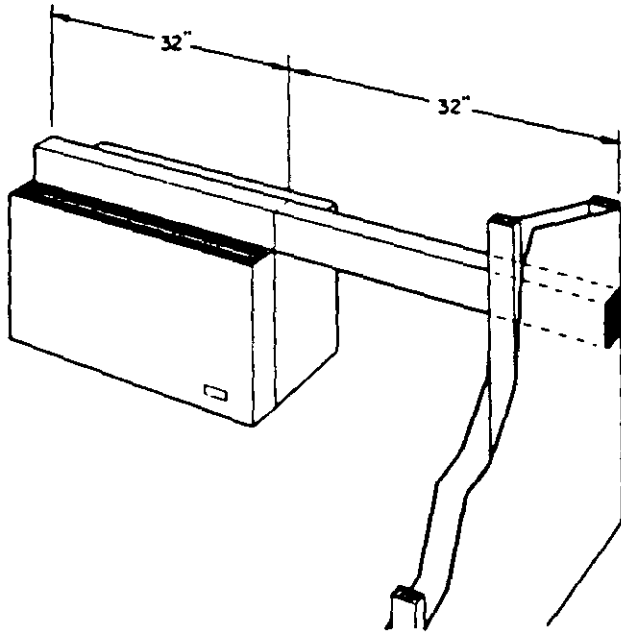
La instalación eléctrica es simple. Las unidades de 208/240 V pueden quedar alambradas permanentemente o pueden equiparse para conexión a tomas montados en la pared, estas tomas pueden ser de 15, 20 o 30 amps, dependiendo de los requerimientos de la unidad. Un cable de fuerza o conexión de bandera con la capacidad de corriente apropiada es provista por la fábrica. La operación a 227 V tan común en muchas oficinas es otra de las consideraciones. Los laboratorios UL requieren que las instalaciones eléctricas de 227 V sean protegidas con unos rieles, lo que hace necesario el uso de una sub-base con una toma de corriente incorporado (figura A8-4). La sub-base también presta otro servicio el cual consiste en soportar el peso de la unidad y del marco de pared cuando la unidad se instala contra un vidrio con cortina. La mayoría de las construcciones



**FIGURA A8-4** Subbase con toma de corriente incorporado



**FIGURA A8-6** Unidad combinada de calefacción de gas y de enfriamiento, para techo (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A8-5** Ducto de extensión (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

nes con vidrieras al exterior no tiene capacidad de carga en el perímetro de las losas, lo que no permite la instalación corriente de la unidad terminal.

Aunque la unidad paquete terminal es básicamente diseñada para acondicionar una alcoba, el uso de un ducto (figura A8-5) corto permite el suministro de aire acondicionado a una habitación adyacente. Tal puede ser el caso de una pieza de hospital o guardería con un baño adyacente. El aire puede no ser retornado desde el área adyacente y la pérdida tendrá que ser compensada con aire exterior.

El servicio de una unidad paquete terminal está entre aquel que se le presta a una nevera y el de una unidad paquete central enfriada por aire. Todas las unidades usan compresores herméticos soldados y por consiguiente no puede hacerse ninguna clase de reparaciones en el sitio de la instalación. La mayoría de las unidades no tiene válvulas

de servicio para chequear las presiones de operación y dependen de las temperaturas que se puedan tomar para controlar la eficiencia del funcionamiento. Los ventiladores y motores (del evaporador y del condensador) son de acople directo y requieren muy poca lubricación. Si falla el motor de un ventilador, el motor simplemente se desconecta y se retira rápidamente. El mantenimiento de los filtros es la clave de la operación eficiente. El espacio simplemente no permite el uso de filtros grandes y, por consiguiente, es estrictamente necesario que sean cambiados o lavados con frecuencia; afortunadamente en instalaciones grandes con múltiples unidades, ésta es una actividad programada regularmente. Las consolas de control están diseñadas para el fácil acceso o para su desconexión rápida o retiro total. La mayoría de las reparaciones y del mantenimiento pueden hacerse sobre el hanco del taller y gracias a que se dispone de unidades de reserva, el tiempo de interrupción del servicio es siempre mínimo.

Las unidades terminales paquete son muy poco usadas en residencias para una sola familia, donde un sistema de ductos ofrece mayores facilidades para el acondicionamiento de toda la casa en conjunto.

≡≡≡ A8-3

### ≡≡≡ UNIDADES DE TECHO

Los equipos con combinación de calefacción y enfriamiento para instalación con ductos caben dentro de la descripción de las *unidades de techo* de una sola pieza (figura A8-6). Estas unidades son ideales para centros comerciales de pocos pisos y para edificios comerciales e industriales. Esta categoría en particular de equipos para acondicionamiento durante todo el año ha experimentado el más rápido ritmo de crecimiento entre todas aquellas reportadas por el ARI.

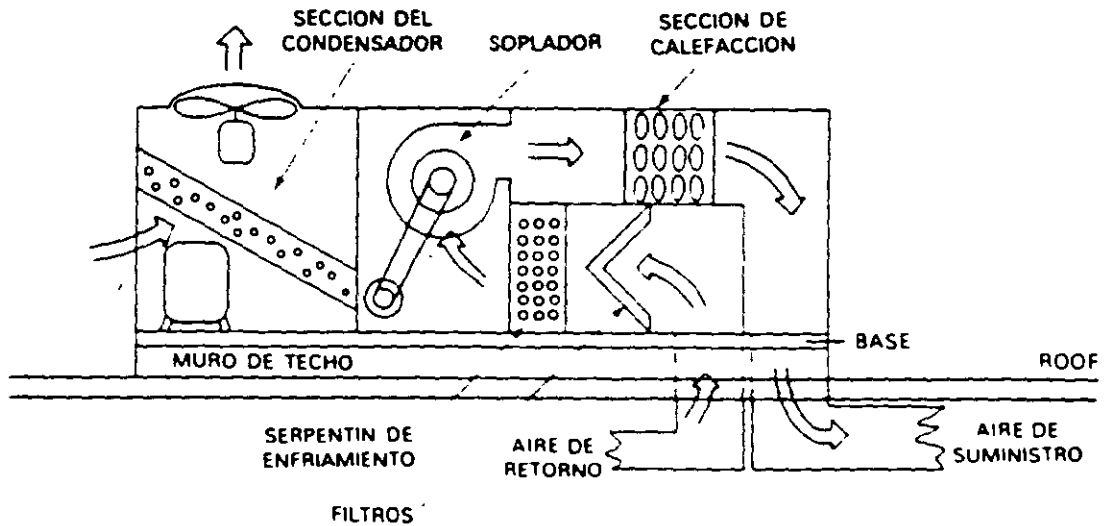


FIGURA A8-7 Corte transversal de una unidad de techo

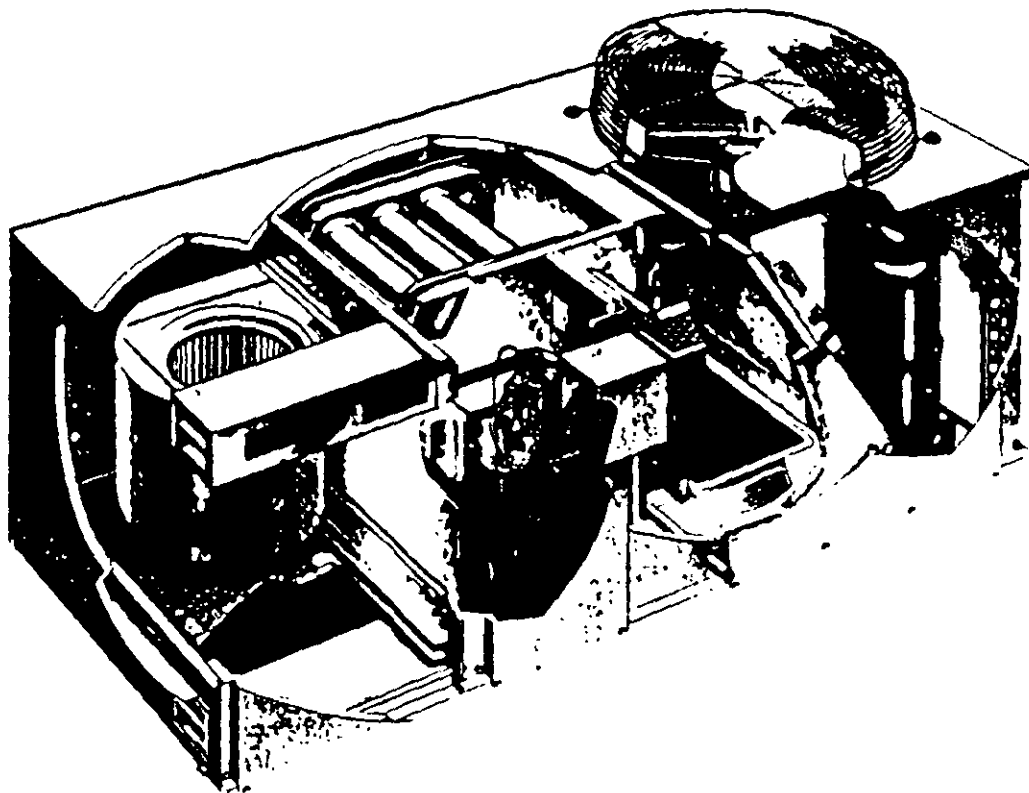
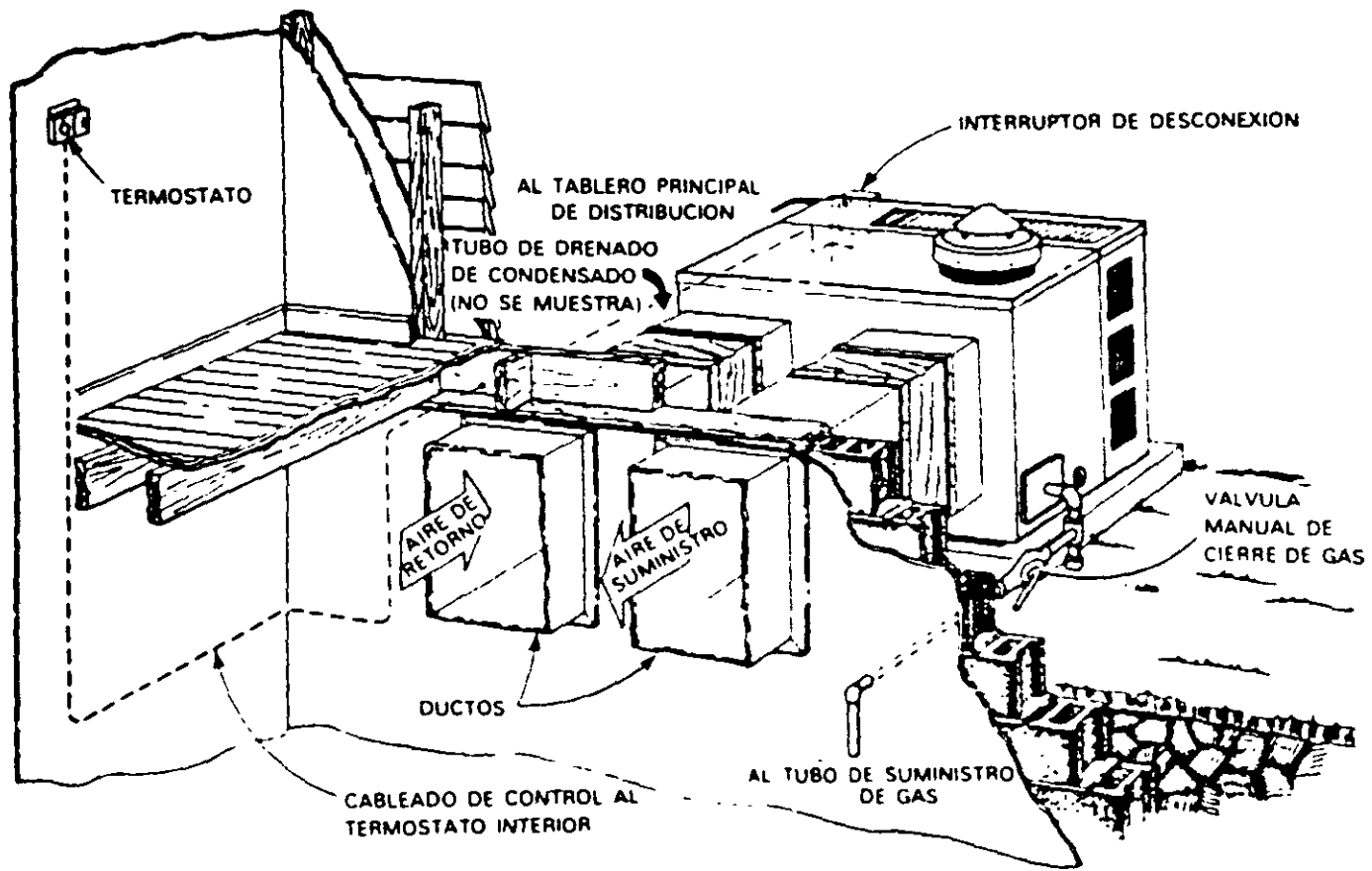


FIGURA A8-8 Unidad con calefacción de gas y enfriamiento eléctrico en un solo paquete (Cortesía de Lennox Industries.)

El diseño de esta unidad tiene características similares a las de un acondicionador paquete grande para enfriamiento y de condensación por aire, adicionándole una sección de calefacción y otra sección para la distribución del aire. La figura A8-7 representa un corte trasversal simplificado de todos sus componentes. El aire de retorno llega hasta la unidad, succionado por el ventilador centrífugo a través de los filtros y del serpentín de enfriamiento. Este aire es luego forzado a través del elemento de calefacción para ser entonces descargado por los conductos de suministro hasta el espacio acondicionado. La parte de condensación por aire

funciona del modo descrito para los productos previamente analizados. Debido a su peso y a la necesidad de proveer una base que pueda ser hecha durante la construcción del edificio, en la mayoría de los casos se recurre a un muro de techo; estos muros bajos pasan en realidad a ser una parte del mismo techo. Una vista de corte de una unidad de zona sencilla se puede apreciar en la figura A8-8 y los principales componentes pueden ser identificados. El equipo de la figura A8-8 es de calefacción con gas; sin embargo el uso de resistencias eléctricas para la calefacción es también una alternativa muy popular. Algunos modelos también quemar



**FIGURA A8-9** Instalación típica a nivel de piso. (Cortesía de Bord Warner Central Environmental Systems, Inc.)

aceite, pero estas unidades son una minoría. La capacidad de enfriamiento de los modelos estándar comienza alrededor de 1 tonelada y va hasta las 60 toneladas. Aún más, algunos fabricantes ofrecen unidades hasta de 100 toneladas hechas a la medida. El rango de capacidad de la calefacción de gas que viene con el equipo de enfriamiento estándar va desde 45.000 Btu/h hasta más de 1.000.000 de Btu/h en unidades de gran tamaño. La proporción de energía de calefacción por gas a la de enfriamiento es de 2 o 2.5 a 1. La proporción con la calefacción eléctrica es un poco más baja, debido a que se asume que las construcciones son más herméticas, mejor aisladas y con cargas internas que requerirán un suministro de calor menor.

La descripción de una unidad de techo, por muy buena y completa que sea, no deja entrever la gran versatilidad de esta línea de productos; por ejemplo, estas unidades también pueden instalarse a nivel del suelo con ductos que pasan a través de la pared hasta el espacio acondicionado (figura A8-9). Esta aplicación es muy popular en los tamaños de menor capacidad para uso residencial o comercial liviano, ya que son unidades completas en un solo paquete, completamente probadas en fábrica; no requieren una chimenea o tubo de ventilación para el quemador, todo el ruido mecánico permanece en el exterior y el servicio se facilita mucho ya que a nivel del piso se dispone de bastante espacio

Miremos un poco más de cerca ciertas características de esta unidad. Las unidades de zona sencilla, mostradas en las figuras A8-7 a A8-9 descargan todo el aire acondicionado dentro de un ducto principal del cual se desprenden luego los ramales que se van necesitando para la distribución del aire. Las unidades de zona múltiple (figura A8-10) difieren en que el aire es dividido dentro de la unidad para ser llevado por varios ductos de zona a distintas partes del edificio. Los termostatos de cada zona controlan el servicio apropiado (calefacción o enfriamiento) de acuerdo a las necesidades de confort. Las unidades de zona múltiple difieren bastante de unas a otras en su concepto de diseño. Algunos fabricantes usan una circulación constante del aire y balancean los controles de calefacción, enfriamiento y humedad, mientras otros usan un conjunto de dampers y premezclan el aire que va a cada zona. Todavía algunos más 1) usan un sistema de ductos dobles como se muestra en la figura A8-11 (frío y caliente), para mezclar el aire dentro del espacio acondicionado. En términos de ventas, las unidades de zona sencilla son las más usadas por un amplio margen, puesto que son las menos complicadas de aplicar, instalar y controlar en la instalación promedio.

Una de las características importantes en la unidad de techo es el llamado ciclo economizador, el cual usa aire exterior filtrado para enfriamiento en vez de la refrigeración mecánica del mismo, cuando la temperatura ambiente exte-



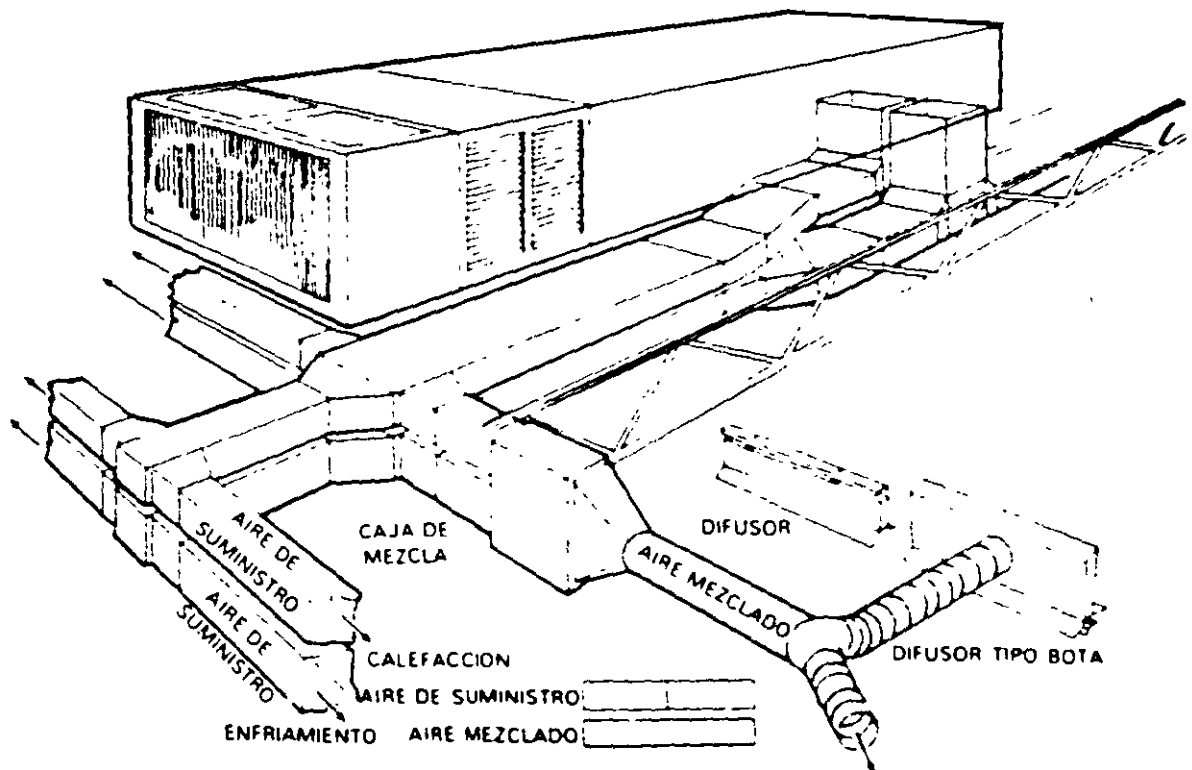


FIGURA A8-10 Sistema de ductos directos para zonas múltiples (Cortesía de Lennox Industries)

rior es menor que las temperaturas de confort de las zonas interiores. Esto se logra con una cámara de retorno y por medio de dampers instalados en el ducto de retorno y en la toma de aire exterior (figura A8-12). Estos dampers trabajan opuestos o sea que a medida que se abre el de aire exterior se cierra el de retorno, aunque siempre se mezclan los dos flujos. Algunas unidades pueden llegar a tomar un 100% de aire exterior, lo cual significa que no habrá aire de retorno. Esto crea presiones dentro del edificio, las cuales deben ser aliviadas a través de alguna vía de escape. Algunas unidades tienen poderosos extractores incorporados como se muestra en la figura A8-12. Otros dependen de extractores remotos que son energizados por el control del ciclo economizador. La mezcla de aire resultante del aire exterior y del de retorno es controlada para obtener un aire, que al llevarlo a través de los ductos hasta el espacio acondicionado, no tenga una temperatura menor a los 55°F. Por debajo de este límite el ciclo economizador pasará a cerrar o a reducir al mínimo la toma de aire exterior, de allí en adelante se requerirá entonces del ciclo de calefacción.

Durante periodos de temperaturas intermedias, se requerirá la operación del ciclo de enfriamiento pero con una reducción de la capacidad. Esto se logra a través de las técnicas de control de velocidad, programación y desconexión temporal de los ventiladores de condensación. Algunas unidades también ofrecen compresores descargables para el control de la capacidad. Estos dispositivos deben programarse para trabajar en coordinación con los controles de los ventiladores de condensación.

El sistema de calefacción con quemador de gas tiene varias características importantes. La más obvia es que no

hay una larga chimenea que genere el suficiente tiro para extraer los productos de la combustión. Las unidades pequeñas tienen unos cortos ductos de ventilación. Sin embargo, en las unidades de mayor capacidad se necesitan extractores centrífugos (figura A8-13) para proveer una corriente de aire inducida mecánicamente a través del intercambiador de calor y para descargar los productos de la combustión a la atmósfera. Debido a este movimiento forzado del aire, el diseño del intercambiador de calor incluye acero tubular, como también el acero convencional de secciones. La ignición se obtiene con una chispa producida eléctricamente por un circuito de estado sólido. Si la llama piloto se extingue, esta chispa la encenderá automáticamente. La extinción de la llama piloto continuamente, puede convertirse en un grave problema, pero el método de chispa electrónica lo ha resuelto de manera efectiva.

Debido a la cantidad de calor requerida por los almacenes grandes, los equipos de techo de tamaño comercial tienen generalmente quemadores de dos etapas controlados por termostatos de dos pasos, de modo que se puedan satisfacer más de cerca las variaciones de la carga. El gas natural y los combustibles de propano LP son las opciones estándar para la calefacción de gas.

La calefacción eléctrica (figura A8-14) se logra a través de los bancos con elementos de alambre de níquel-cromo soportados por aisladores de cerámica. Como fue descrito anteriormente, estos bancos están protegidos contra el sobrecalentamiento por interruptores de corte térmicos los cuales están respaldados por fusibles. Algunos fabricantes instalan los bancos de la planta; otros los ofrecen como conjuntos para ser instalados en el sitio de operación, dentro

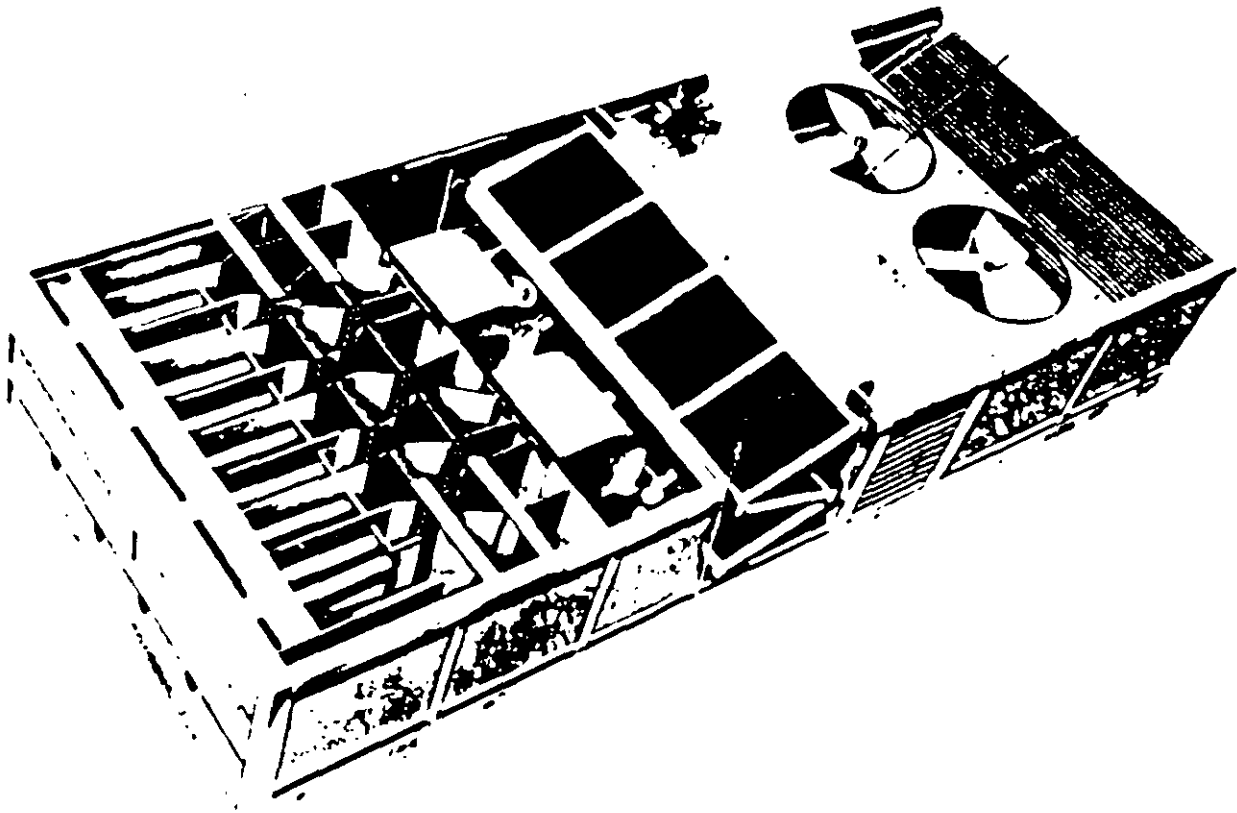


FIGURA A8-11 Sistema de ductos dobles (Cortesía de Carrier Air Conditioning Company )

del flujo de aire de suministro. Fusibles y contactores previamente alambrados vienen dentro del panel de control de equipo para simplificar y reducir el trabajo del electricista de la instalación.

Frecuentemente oiremos la expresión "conexión eléctrica en un solo punto". Esto significa que el total de la

corriente requerida por la unidad es llevada hasta un solo punto y de allí repartida internamente a las distintas funciones. Esto contrasta con el cableado individual externo hasta los ventiladores del evaporador, del quemador, de la unidad condensador, etc. Obviamente, la primera alternativa también reduce el gasto de materiales y simplifica la instalación eléctrica del edificio.

El muro o base de techo (figura A8-15) varía de un fabricante a otro, pero esencialmente es una base de acero galvanizado rígido que es enganchada a las cerchas del techo antes de la instalación de las tejas. La posición de la

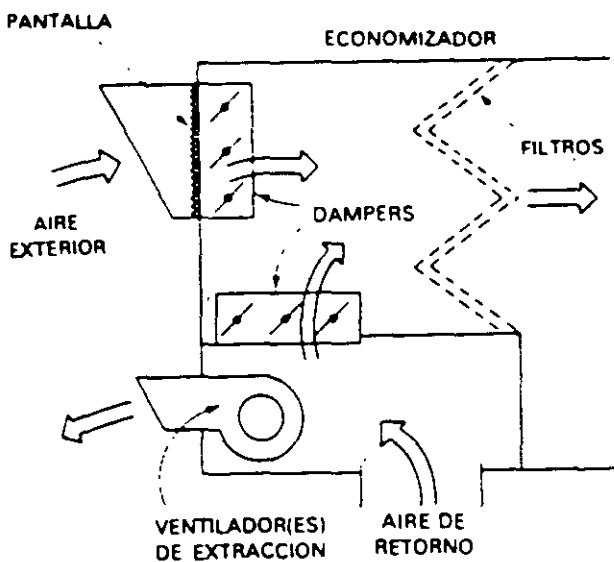


FIGURA A8-12 Ciclo economizador

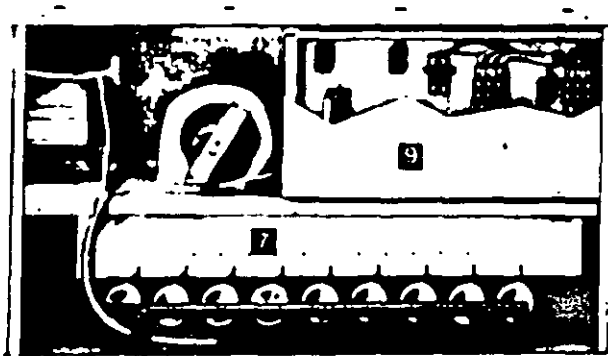
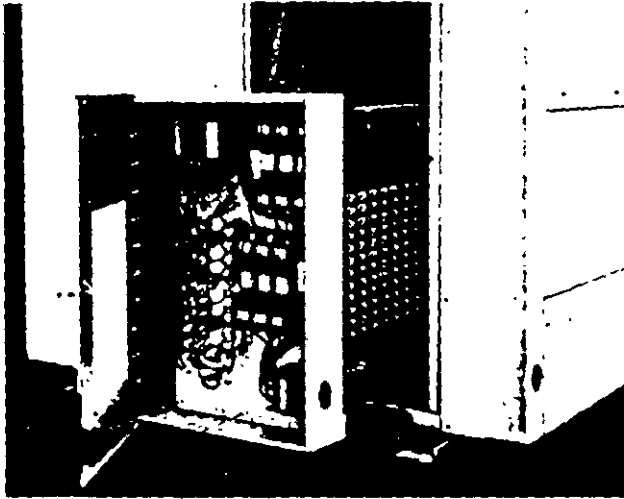
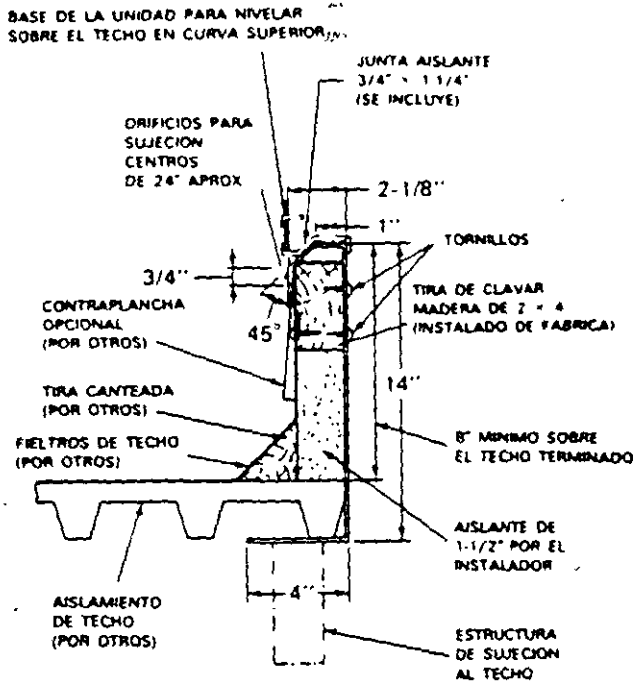


FIGURA A8-13 Extracción con ventilador centrífugo (Cortesía de Fedders Air Conditioning, USA )

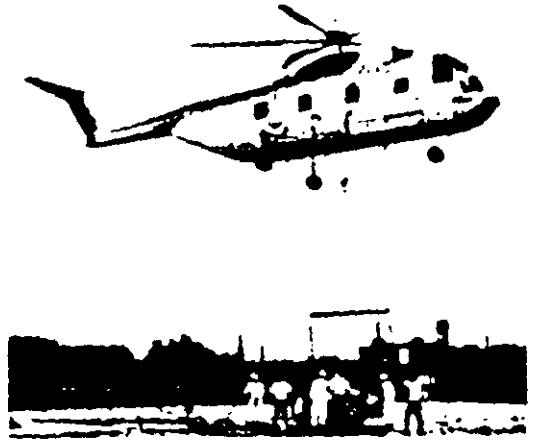


**FIGURA A8-14** Calefacción eléctrica (Cortesía de Fedders Air Conditioning USA )

base depende de la localización de la unidad. La nivelación es importante para asegurar que la unidad drenara correctamente. Listones de madera son atornillados en la parte inferior de la base para que el contratista del techo pueda clavar allí las carteras. El aislamiento alrededor de la base se necesita para evitar que condense. Cuando la unidad se coloca sobre la base, un empaque evita que queden escapes de aire, siendo también una práctica aceptada que los paneles de la unidad sobresalgan de la base para formar una

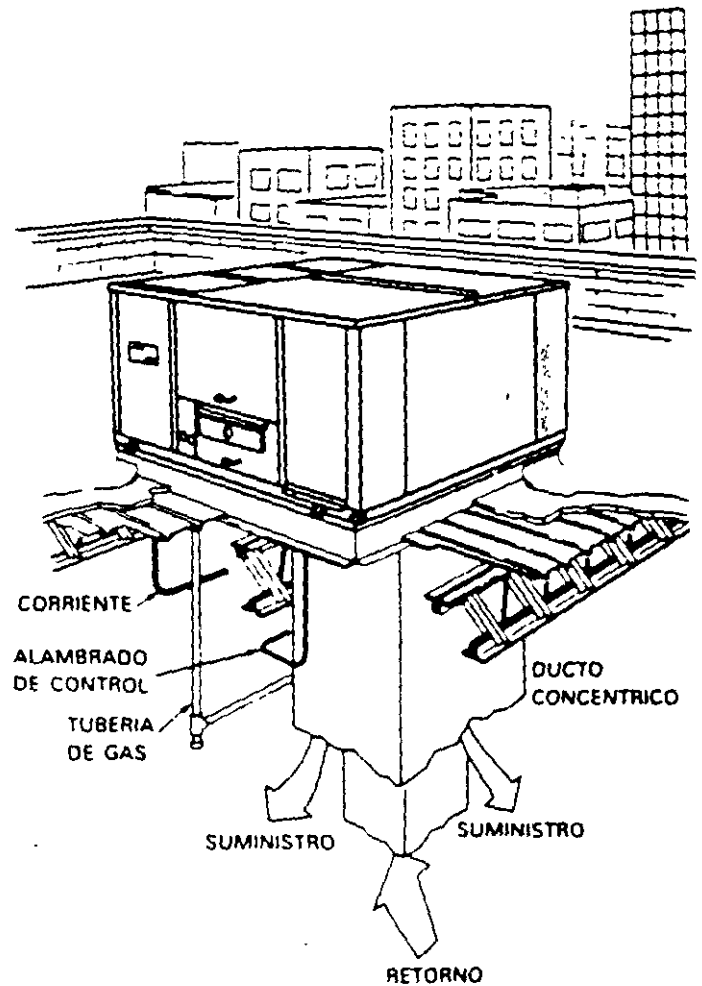


**FIGURA A8-15** Muro de techo montado directamente sobre los soportes del techo (Cortesía de Borg-Warner Environmental Systems, Inc )

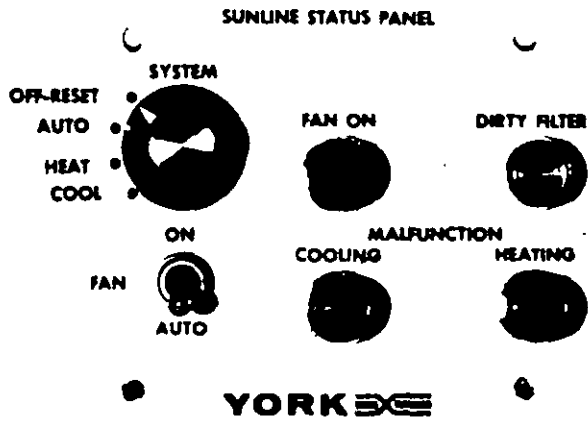


**FIGURA A8-16** Levantamiento aereo con helicoptero

protección contra la lluvia. Las goteras en el techo eran un problema muy común en las primeras etapas del desarrollo de estos equipos, pero esto ha sido abolido con mejor equipo y la experiencia ganada por los instaladores.



**FIGURA A8-17** Instalación típica de techo con accesorios (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc )



**FIGURA A8-18** Panel de control para instalación dentro del espacio acondicionado. (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Levantar la unidad hasta la base es siempre un evento interesante. Se usan generalmente grandes grúas con plumas de extensión para situar los equipos sobre los edificios bajos. Cuando hay que levantar un gran número de unidades, es más fácil y rápido utilizar un helicóptero como se aprecia en la figura A8-16. La técnica para manejar equipo de este tamaño y situarlo sobre su base requiere por supuesto un piloto experto.

Dos métodos se usan para distribución del aire con

método de zona sencilla o integral cuando éstas quedan montadas sobre un techo en una instalación comercial. Primero, los ductos convencionales (de suministro y retorno) bajan hasta la cámara del cieloraso como se muestra en la figura A8-8. Estos son llevados entonces hasta los difusores del aire en forma de duros ramales según las necesidades. El segundo método consiste en usar ductos concéntricos (figura A8-17) de suministro y retorno, hasta un solo difusor de techo debajo. Este arreglo depende de la posibilidad de situar múltiples unidades sobre toda el área para lograr un cubrimiento completo. Pero cuando este método puede ser usado sin dificultad, se obtienen economías considerables en los costos de ductos y de instalación.

Los ventiladores centrífugos interiores en equipos de gran tamaño son movidos con transmisiones de bandas y deben ser capaces de producir presiones estáticas en los ductos mucho más altas que las necesarias en los equipos residenciales. Presiones de 1, 2 y hasta casi 3 pulg de columna de agua, son necesarias frecuentemente dependiendo del tipo de distribución del aire. Distintas combinaciones de poleas y motores proveen una amplia gama de velocidades.

Puesto que los equipos de techos son localizados en sitios remotos y no fácilmente visibles, es importante que se instale un panel de control dentro del espacio acondicionado (figura A8-18) para permitir que el operador seleccione cualquiera de las posibilidades de operación (calor, frío o ventilación) que sea necesaria. Las luces piloto pueden ser también incluidas para indicar la condición de suciedad de los filtros o para advertir otras fallas.

## PROBLEMAS

- A8-1.** Los sistemas con unidades terminales tipo paquete son también llamados \_\_\_\_\_.
- A8-2.** Las unidades de azotea para calefacción y enfriamiento también se dividen en otras dos categorías basadas en el flujo de aire. ¿Cuáles son?
- A8-3.** El uso de aire exterior para enfriamiento durante periodos de clima suave, se denomina ciclo \_\_\_\_\_.
- A8-4.** Las unidades de techo con quemador tienen casi universalmente ignición o reignición \_\_\_\_\_.

- A8-5.** ¿Qué significa *conexión en un solo punto*?
- A8-6.** ¿Qué permite la conexión de ducto concéntrico en una unidad de azotea?
- A8-7.** El soplador centrífugo interior de un equipo grande es capaz de trabajar a presiones estáticas tan altas como \_\_\_\_\_ pulgadas de columna de agua.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

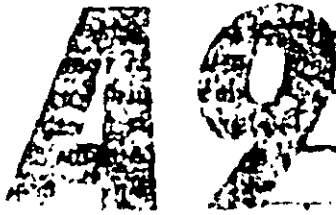
### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 9 SISTEMAS DE PLANTA CENTRAL**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Sistemas de planta central

A9-1

## GENERALIDADES

Los sistemas de equipo o planta central son también comúnmente llamados *sistemas aplicados*, *equipos aplicados*, *máquinas aplicadas* y *sistemas diseñados*. Básicamente estos nombres son adoptados por las muchas compañías que fabrican los equipos, con el objeto de identificar la división o departamento que ensambla el equipo dentro de sus organizaciones. De todas maneras el significado es esencialmente el mismo.

Los *equipos de planta central* están asociados con instalaciones donde la planta de enfriamiento está localizada en el sótano o en la terraza de un edificio de muchos pisos. Ellos sirven unidades manejadoras y sistemas de distribución de aire en todo el edificio. Aunque el tamaño no indica necesariamente el punto de transición de equipo unitario a sistema de planta central, se supone que generalmente los equipos de sistema de planta central comienzan con capacidades de 25 a 50 toneladas y van hasta sistemas de varios miles de toneladas. Los equipos unitarios desaparecen en el rango de 50 a 75 toneladas.

Otra diferencia radica en que los sistemas de planta central utilizan un medio líquido (generalmente agua) para transferir calefacción o enfriamiento al aire en la unidad manejadora, mientras que el sistema unitario está basado en el enfriamiento o calefacción del aire directamente en la unidad manejadora. Los sistemas unitarios hacen uso de equipos ensamblados, probados y balanceados en la fábrica y requieren un mínimo de materiales y mano de obra para ponerlos en operación. Los sistemas de planta central están hechos de componentes separados tales como enfriadores, unidades manejadoras, torres economizadoras, controles, etc., que pueden llegar a ser muy complejos en términos de instalación y mano de obra especializada. Los sistemas de planta central se someten muy de cerca a los *planes* y *especificaciones* definidos por la firma de ingenieros consultores. Los equipos son, por consiguiente, seleccionados o fabricados especialmente para que cumplan con dichas

especificaciones. El tiempo de entrega puede variar desde unos pocos meses a un año o más para aparatos muy grandes.

El arte de seleccionar e integrar los componentes corresponde a ingenieros de mucha experiencia y los técnicos de servicio no necesitan preocuparse por esta labor. Los técnicos de servicio deben, sin embargo, preocuparse por la instalación, operación y mantenimiento del sistema y, por consiguiente, conocer las partes básicas del equipo y su aplicación. Así pues, examinaremos ahora el alcance de los sistemas disponibles, comenzando con un esquema de orientación para un sistema de planta central convencional (figura A9-1). Primero, se identifican los componentes principales.

1. Enfriador de agua
2. Caldera
3. Unidad manejadora
4. Torre economizadora de agua
5. Sistema de control

El enfriador de agua producirá agua entre los 40° y 45°F y por medio de una bomba la hará circular a través del serpentín de agua fría en la unidad manejadora. El agua que sale del serpentín retornará generalmente con un aumento de 10°F en temperatura.

De modo similar, en el invierno la caldera producirá agua caliente entre 180° y 200°F, para ser bombeada a un serpentín de agua caliente. Hay que tener presente que el enfriador y la caldera pueden operar al mismo tiempo porque en edificios grandes se puede necesitar enfriamiento o calefacción en diferentes zonas.

El agua de condensación que sale del enfriador (95°F), se bombea a las boquillas de una torre economizadora para ser enfriada hasta alrededor de 85°F y luego retornada al condensador. El bypass de la torre permite regular la temperatura de retorno del agua en función de los cambios de temperatura en el ambiente, pero la temperatura del agua nunca será menos de 70°F.

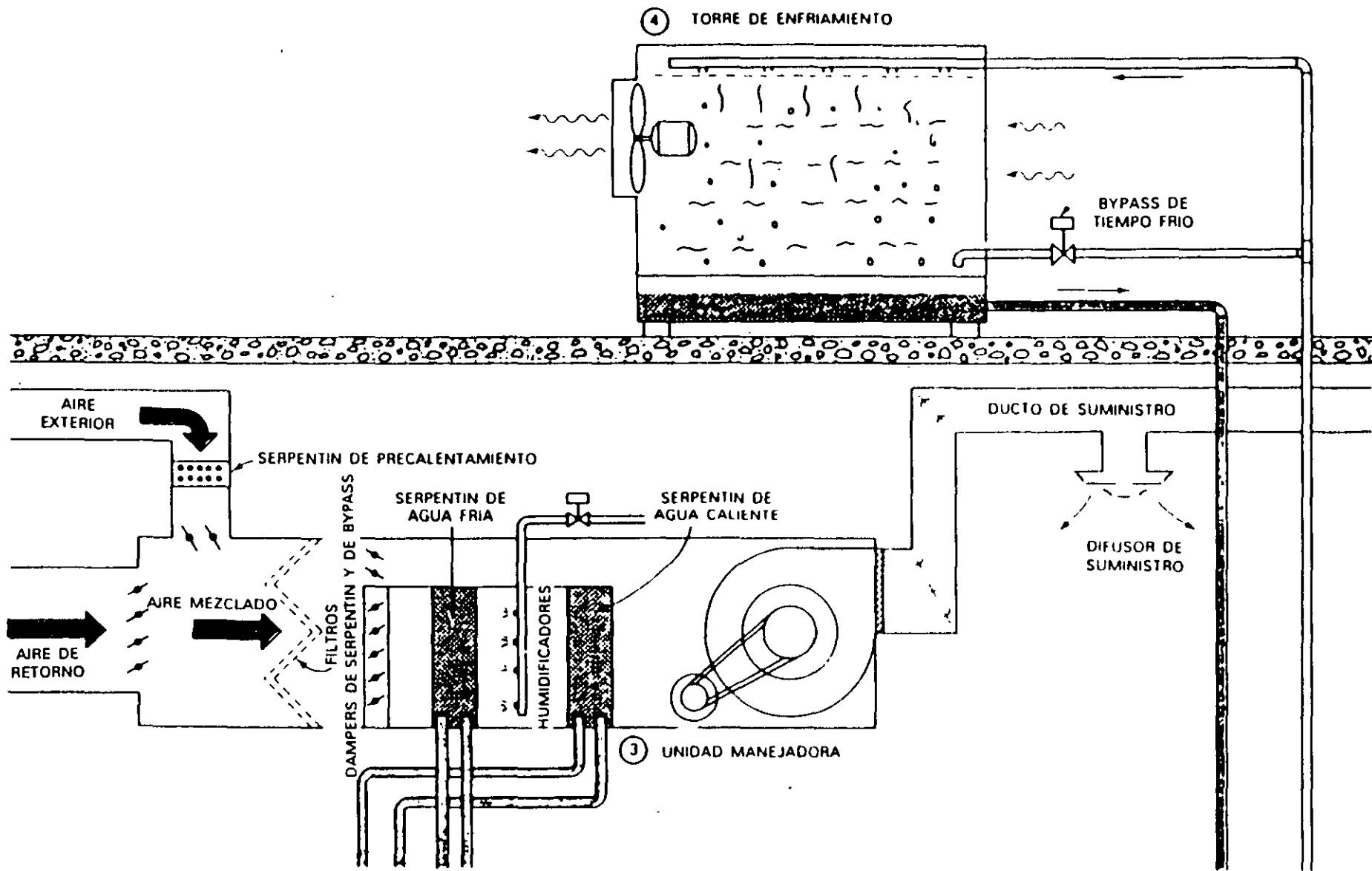


FIGURA A9-1 Sistema de planta central convencional

La unidad o unidades manejadoras, dependiendo del número de pisos o zonas, contienen generalmente:

- Serpentes de agua fría
- Serpentin de agua caliente o vapor
- Humidificador
- Filtros
- Persianas de control de flujo
- Cámara de mezcla de aire de retorno con aire exterior
- Ventilador y motor

Un serpentín de precalentamiento se requiere frecuentemente cuando se necesitan grandes cantidades de aire exterior a 32°F (0°C) o menos para calentar, por reglamento o aplicación, grandes cantidades necesarias de aire exterior y su operación es controlada en función de la temperatura del aire que entra al serpentín de calefacción principal.

Las persianas del serpentín y del bypass permiten que todo el aire pase por los humidificadores y por los serpentines de calentamiento y enfriamiento, o que una parte del aire sea desviado, dependiendo de la situación en particular. Todo el aire que llega al recinto acondicionado es siempre filtrado.

El sistema de control regula la operación de los elementos del equipo, automáticamente. En las instalaciones grandes, el montaje de los controles es un trabajo independiente de la instalación del equipo. Los controles pueden ser eléctricos, electrónicos o neumáticos, o una combinación de los tres y deben ser instalados en la etapa inicial de fabricación. Aunque se requiere un conocimiento profundo de controles para diseñar e instalar sistemas, éstos no son tan complicados cuando los elementos se estudian individualmente. Básicamente los enfriadores de agua operan censando la

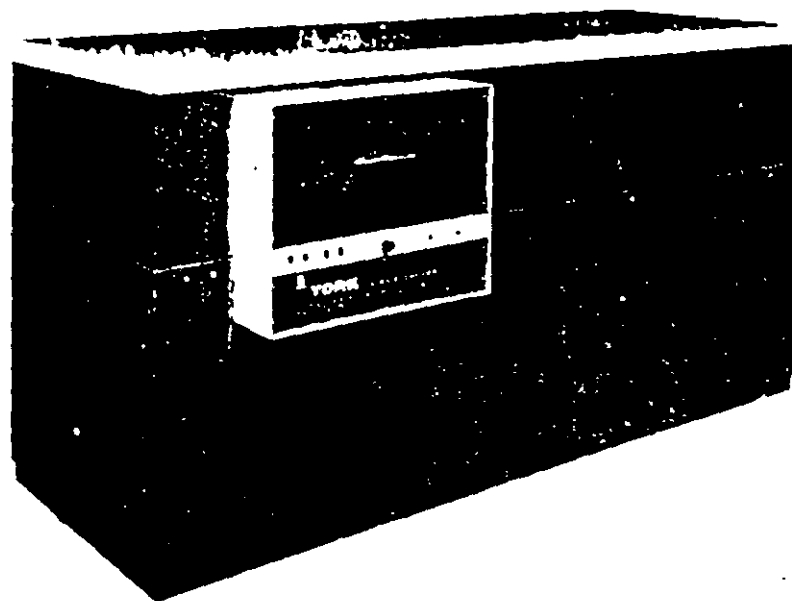
temperatura del agua fría y controlándola. El ventilador de la torre y la bomba de agua de condensación trabajan cuando el enfriador arranca. La válvula de bypass de la torre controla la temperatura del agua de condensación. Los termostatos y humidoestatos controlan el aire en la unidad manejadora. Las bombas de agua fría o caliente operan continuamente dependiendo de si es verano o invierno.

Naturalmente, ésta es una simplificación del sistema de control y hay muchos detalles que el técnico debe aprender, pero esto sólo se logra con el tiempo y la experiencia y dependen también del equipo que se opere. Esta descripción corresponde a solo una clase de sistema; otro sistema puede ser el de condensador enfriado por aire.

Una vez identificados los elementos del sistema revisemos detenidamente cada elemento

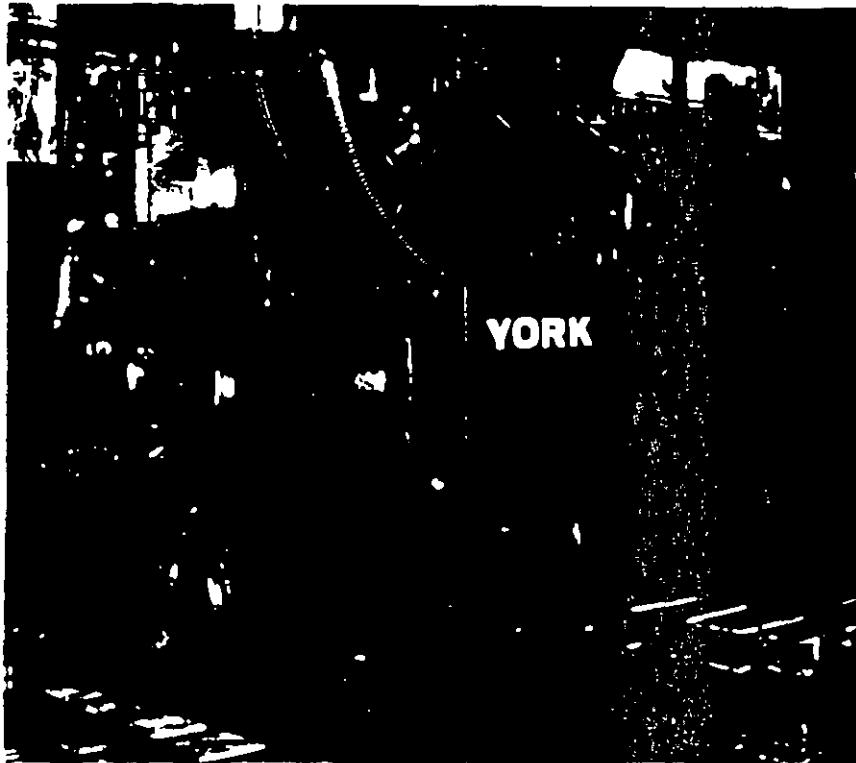
A9-2  
**EQUIPOS ENFRIADORES DE AGUA**  
A9-2 :  
Enfriadores paquete

El diseño y capacidad de los enfriadores de agua depende en parte, del compresor y del sistema de condensación empleado. Comenzando con los de más baja capacidad, los enfriadores de agua paquete usan uno o varios compresores alternativos. La figura A9-2, muestra un enfriador de agua paquete pequeño en el rango de 20 toneladas, con compresores recíprocos, enfriador de líquido y condensador enfriado por agua, arrancadores, controles y manómetros de aceite y refrigerante; todos bien distribuidos en una caja. Este tipo de unidad es ideal para moteles, pequeños edificios para oficinas, etc. Porque son paquete,



**FIGURA A9-2** Enfriador paquete pequeño (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)





**FIGURA A9-3** Gran enfriador paquete con compresor alternativo. (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

estos enfriadores pueden ser probados y ajustados a las especificaciones, en la fábrica. Deben ser usados con una torre economizadora o con otra fuente de agua, para la condensación.

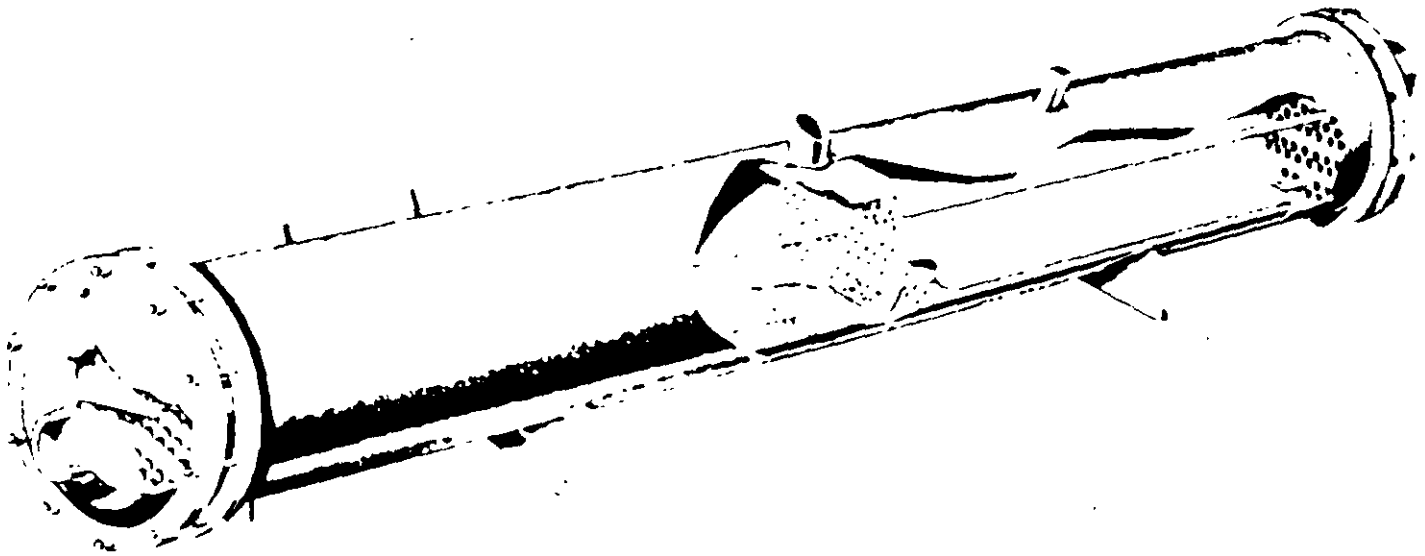
Continuando con los modelos con compresores recíprocos y enfriados por agua (figura A9-3), los enfriadores paquete más grandes están entre las 40 a 200 toneladas. Estos son comúnmente modelos de varios compresores que permiten un control exacto de la capacidad; ellos tienen también elementos confiables para proteger los compresores en caso de una falla. Los compresores están equipados individualmente con descargadores de cilindros para permitir reducciones en la capacidad y consumos mínimos de corriente en los arranques.

El componente básico para la eliminación del calor en las unidades descritas antes, es un condensador de carcasa y tubo (figura A9-4). El agua fluye a través de los tubos y el refrigerante gaseoso que es condensado en el fondo de la carcasa es subenfriado de 10° a 15°F, para aumentar la capacidad. En el circuito del agua, el agua de condensación más fría entra por la parte baja de la carcasa y circula a través de los tubos. El agua hará dos o tres pasadas a lo largo de la carcasa antes de salir. Esto es posible gracias al diseño especial de los cabezotes en los extremos del condensador. Mientras más pasadas haya, mayor será la caída de presión y mayor será la presión requerida para producir el volumen de flujo necesario. Hay también tabiques dentro de la carcasa que sirven para sostener los tubos juntos y para distribuir mejor el refrigerante gaseoso a lo largo de la carcasa.

La capacidad del condensador está generalmente basada en una entrada de agua a 85°F con un aumento de 10°F. Incluido dentro del cálculo de capacidad está un *factor de suciedad*, que compensa la incrustación dentro de los tubos. Este alcanza hasta un 4% de reducción en capacidad, comparado con la de un condensador limpio. La limpieza de los condensadores enfriados por agua depende de la dureza del agua y de los contaminantes atmosféricos que se depositan en la torre. Los tratamientos del agua con productos químicos son una actividad de rutina en mantenimiento, pero eventualmente el condensador requiere servicio. Los cabezotes removibles permiten la limpieza mecánica de los tubos para eliminar la incrustación.

La mayoría de los fabricantes ofrecen condensadores especiales para uso con agua salada en aplicaciones marinas. Los tubos están hechos con aceros aleados de cobre y níquel para resistir la corrosión.

En los enfriadores con compresores recíprocos, para refrigerante 22, el enfriador, mostrado en la figura A9-5 es del diseño de expansión directa. El refrigerante fluye a través de los tubos y generalmente hace dos pasos en contraflujo al agua. Las conexiones para el agua están en los lados en vez de los extremos. Los tabiques transversales encauzan el agua fría para que vaya de lado a lado sobre los tubos con refrigerante, a la velocidad adecuada para una óptima transferencia de calor. El sistema de agua fría de un edificio es generalmente un sistema cerrado. Eso significa que no está expuesto a la evaporación o contaminación como lo está el circuito de condensación. De todos modos



**FIGURA A9-4** Condensador de carcasa y tubo (Cortesía de Borg Warner Air Conditioning, Inc.)

un factor de suciedad, es asumido para el cálculo de capacidad de un enfriador.

La carcasa del enfriador y la línea de succión deben ser aisladas para prevenir la condensación, esto se hace en la fábrica con espumas densas antes de pintar.

Ambas carcasas, la del enfriador y la del condensador, deben cumplir con el código ANS B9.1 y los códigos de seguridad aplicables a tanques presurizados, de la ASME.

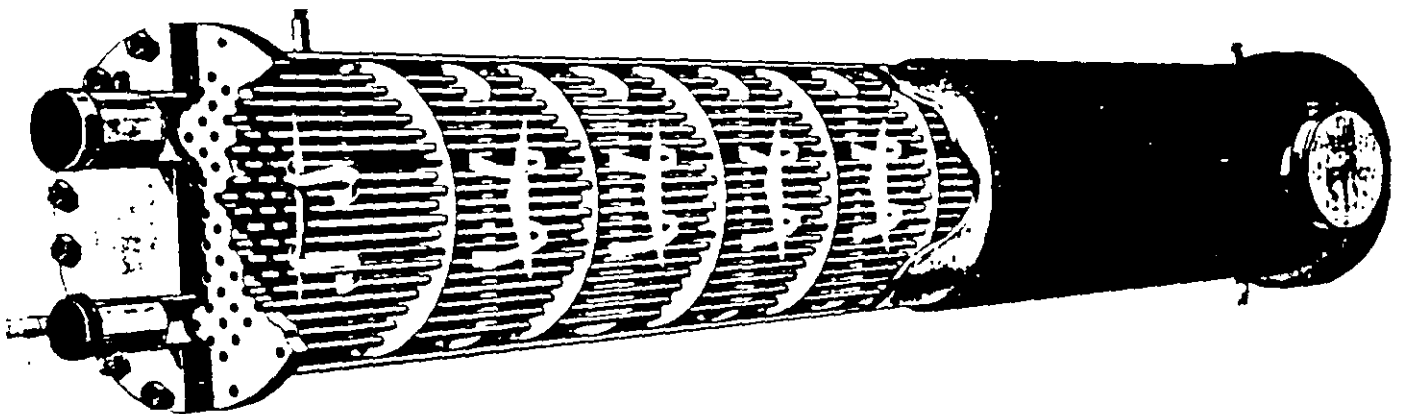
La capacidad de un enfriador está basada en el Estandar 590 del ARI: 44°F, temperatura del agua fría a la salida, con 105°F y 120°F como temperaturas de condensación; también 95°F temperatura del agua de condensación en la salida, con una ganancia de 10°F, dentro del condensador. Una temperatura de 95°F en la salida del agua del condensador producirá una condensación cercana a los 105°F. Para condensadores enfriados por aire (figura A9-6), se usa una temperatura de condensación de 120°F.

Un modo más popular de ofrecer enfriadores paquete con condensación de aire (figura A9-7), es muy parecido a una unidad condensadora grande, sólo que la carcasa del

enfriador está instalada debajo del serpentín de condensación y de la sección de ventiladores y todo el paquete se instala en un techo. La construcción interna del enfriador es la misma que se explicó anteriormente excepto que debe protegerse contra congelamientos. La carcasa está cubierta por resistencias eléctricas debajo del aislamiento. Algunos fabricantes añaden también una caja metálica protectora que sirve además como barrera de vapor.

Los tamaños de enfriadores paquete con compresores recíprocos y condensación por aire varían desde 10 hasta más de 100 toneladas. Su capacidad también es evaluada de acuerdo con el Estandar 590 del ARI, o sea con 44°F para la temperatura de salida del agua fría y 95°F para la temperatura de bulbo seco del aire cuando entra al condensador.

Además de que ahorran espacio y evitan los problemas de la torre economizadora y del condensador enfriado por agua, los enfriadores paquete de condensación por aire tienen la ventaja de que pueden suministrar agua helada con tiempos fríos y bajas temperaturas, que originarían problemas de congelamiento en los condensadores enfriados por



**FIGURA A9-5** Enfriador (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

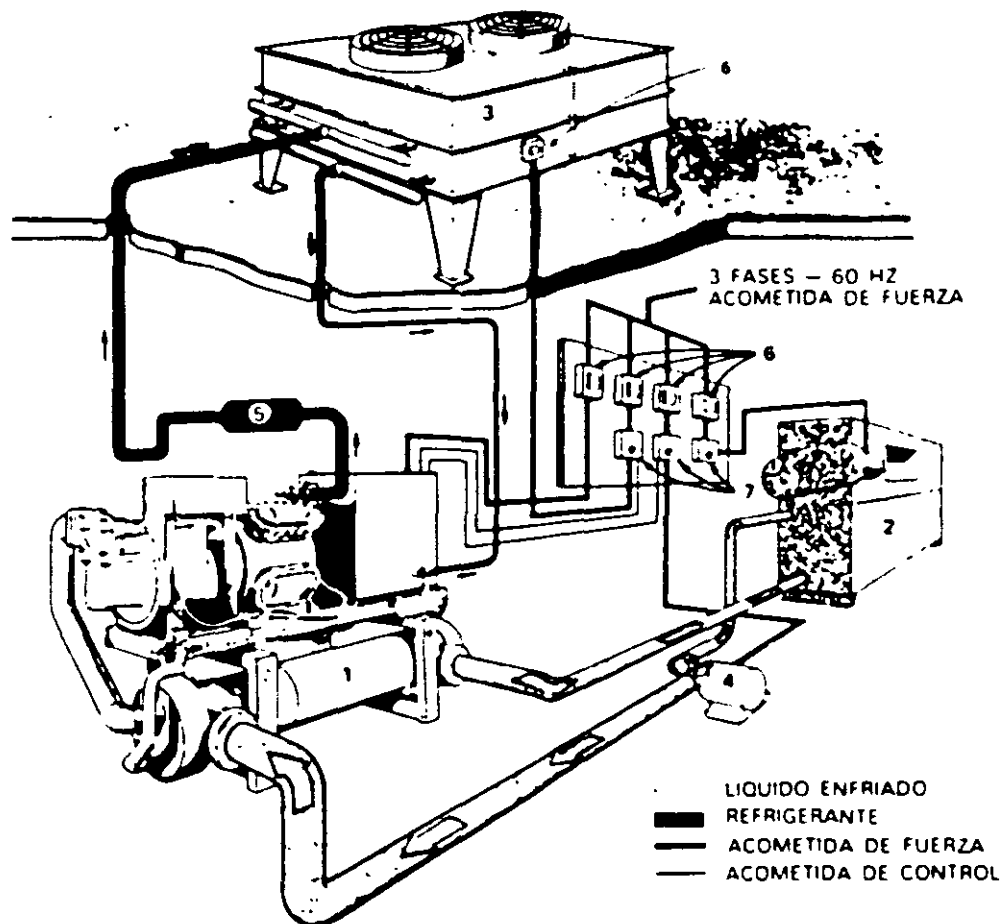


FIGURA A9-6 Enfriador con condensación por aire (Cortesía de Borg Warner Air Conditioning, Inc.)

agua. Las técnicas de control a bajas temperaturas son las mismas descritas anteriormente para unidades condensadoras enfriadas por aire y equipos para instalación en techos

diseño, pero algunas unidades movidas por engranajes van hasta las 20,000 o 25,000 rpm. La capacidad está controlada por un conjunto de álabes en la succión, que regulan el paso del gas para cargar o descargar el impulsor.

Un conjunto completo de enfriador con compresor centrífugo hermético y condensación por agua está ilustra-

=====  
=====  
=====  
A9-22  
**Enfriadores centrífugos**

**Herméticos:** Para instalaciones de gran tamaño la industria ofrece, enfriadores de agua con compresores centrífugos herméticos, hasta de 1,300 toneladas en un solo conjunto; cuando se usan varios, se pueden manejar gigantescas cargas como las de estadios, aeropuertos y rascacielos. Sin embargo es interesante anotar que los enfriadores centrífugos pequeños de 100 toneladas y menos, están comenzando a menoscabar la popularidad de las máquinas alternativas de bajo tonelaje.

Los compresores centrífugos herméticos (figura A9-8), varían en diseño y refrigerante. Algunos son de una etapa, otros de varias. Algunos son de transmisión directa, otros son movidos por engranajes. Sin embargo, como se estudió en *Refrigeración*, todos los compresores centrífugos están basados en el mismo principio básico, que consiste en el uso de un impulsor giratorio que succiona el gas del enfriador y lo comprime descargándolo en el condensador (enfriado por agua o aire). La velocidad del impulsor depende del

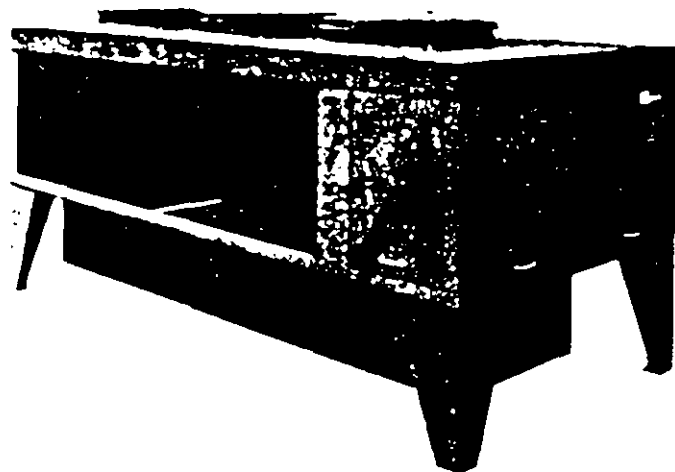
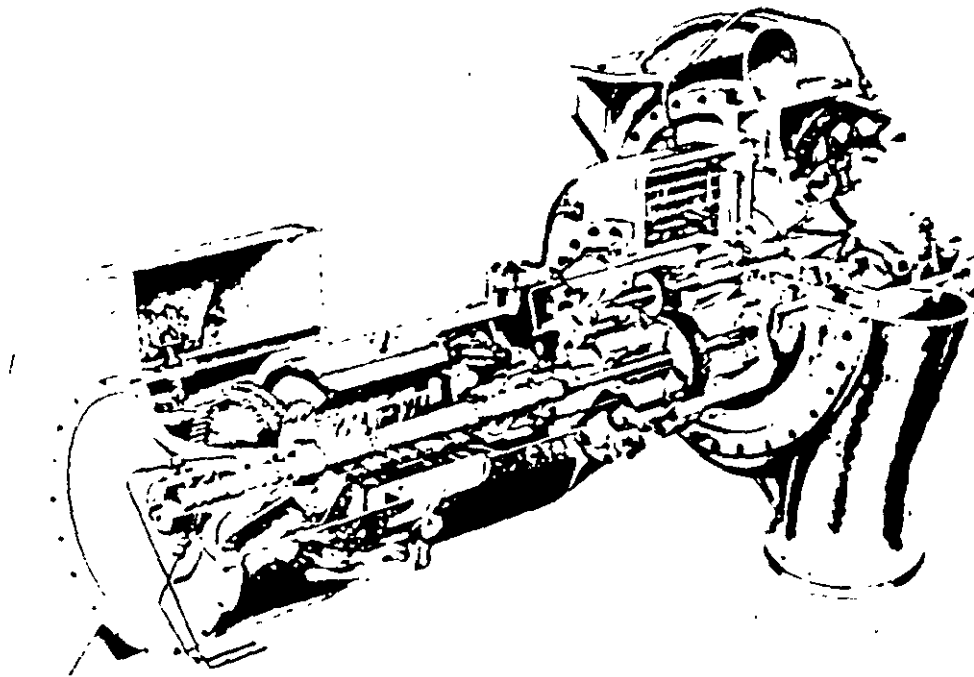


FIGURA A9-7 Enfriador de agua paquete de condensación por aire (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)



**FIGURA A9-8** Compresor centrífugo hermético e impulsor (Cortesía de Borg-Warner Air Conditioning, Inc.)

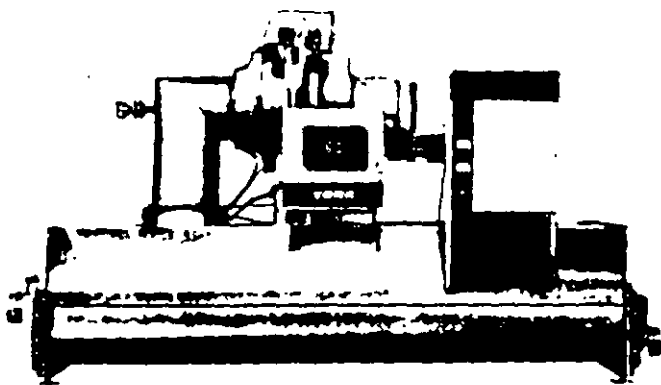
do en la figura A9-9. Esta unidad en particular utiliza una combinación de enfriador y condensador dentro de la misma estructura, aunque ellos están separados internamente de acuerdo a su respectiva función. Los enfriadores de este tamaño y diseño no usan válvulas de expansión; en cambio hacen uso de un flotador o de un orificio de medición para inundar la carcasa del enfriador con refrigerante líquido.

Enfriadores con compresores centrífugos herméticos en unidades completas de condensación por aire, también están siendo ensamblados para montar en terrazas. Los equipos ofrecidos en la actualidad varían desde 130 hasta 320 toneladas. El tamaño, el peso, así como la eficiencia de

unidades de condensación por aire, serán factores importantes para su futuro desarrollo en tamaños mayores.

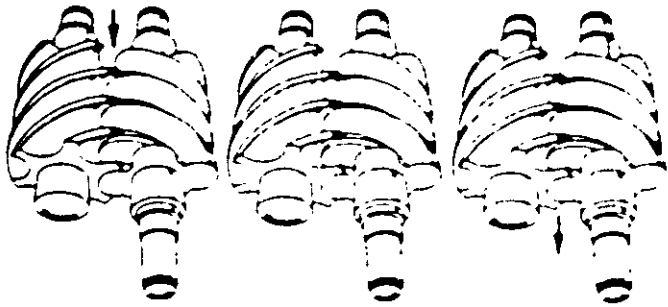
*Tipo abierto:* Fuera de los compresores centrífugos herméticos, hay en el mercado compresores centrífugos abiertos con capacidad hasta de 5,000 toneladas. Pueden ser movidos por motores de gas compatibles, motores de vapor, diesel o eléctricos. Esta categoría de unidades centrífugas es algo más especializada y de no tan fácil diseño, selección e instalación como las unidades paquete completas.

===== A9-23  
 ===== **Enfriadores con compresor de tornillo**



**FIGURA A9-9** Enfriador líquido hermético centrífugo (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

Un tipo importante de enfriador de planta central es del diseño con compresor de tornillo (figura A9-10), el cual utiliza un juego de tornillos acoplados que giran; mientras giran, el espacio entre dientes se reduce poco a poco de modo que el gas es comprimido a medida que avanza desde la entrada hasta la salida del conjunto. El compresor ilustrado en la figura A9-11 no es hermético porque es movido por un motor externo. El diseño del condensador y del enfriador es similar al de carcasa y tubo ya visto. El desarrollo de los compresores de tornillo para enfriadores ha sido muy útil para las necesidades de refrigeración de las industrias química y de alimentos, aunque recientemente este tipo de compresor está ganando popularidad en el mercado del aire acondicionado para confort.



El gas es admitido en los espacios entre dientes

A medida que los tornillos giran el espacio entre dientes se cierra y se crea la entrada

Cuando el espacio entre dientes llega a la salida el gas es descargado

La continua rotación reduce el espacio entre dientes comprimiendo el gas

FIGURA A9-10

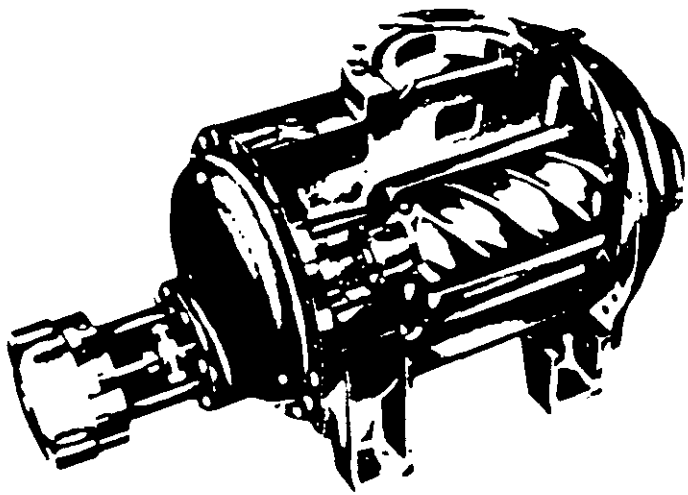


FIGURA A9-11 Compresor de tornillo (Cortesia de Borg Warner Air-Conditioning, Inc.)

==== A9 2 4  
 Enfriadores de absorción

A diferencia del ciclo de refrigeración convencional, que usa todo el equipo de compresión mecánica descrito, un enfriador de absorción (figura A9-12) usa vapor o agua caliente, como fuente de energía para producir una diferencia de presión en la sección del generador. El ciclo de absorción sustituye el proceso puramente mecánico del ciclo de compresión, por un proceso físico químico. Un análisis termodinámico completo del ciclo de absorción es relativamente complicado y está más allá del objetivo de este libro. También, esto constituye un campo más especializado que debe ser investigado por aquellos que desean entrar en este tipo de trabajo. Para más información consulte

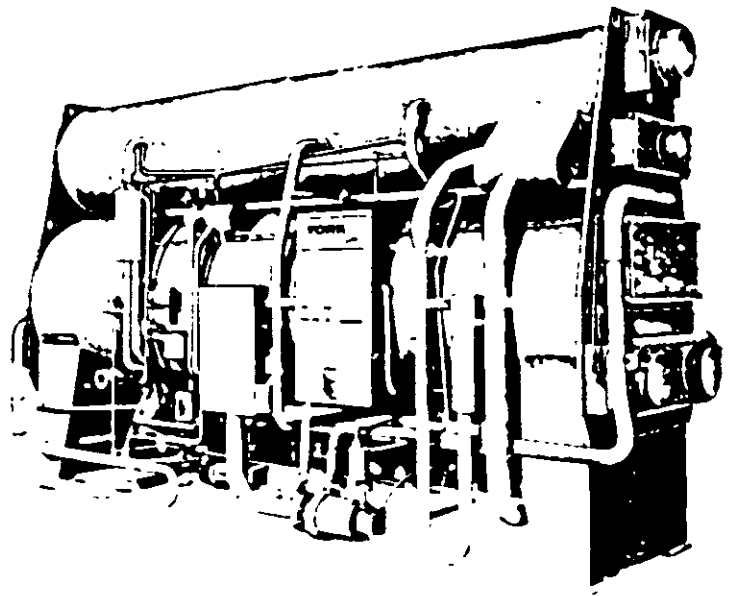


FIGURA A9-12 Enfriador de absorción (Cortesia de Borg Warner Air Conditioning, Inc.)

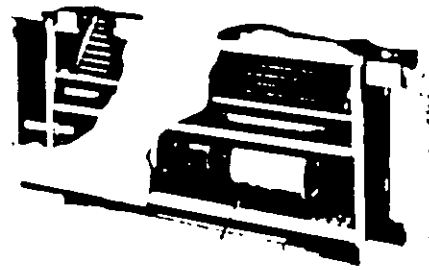
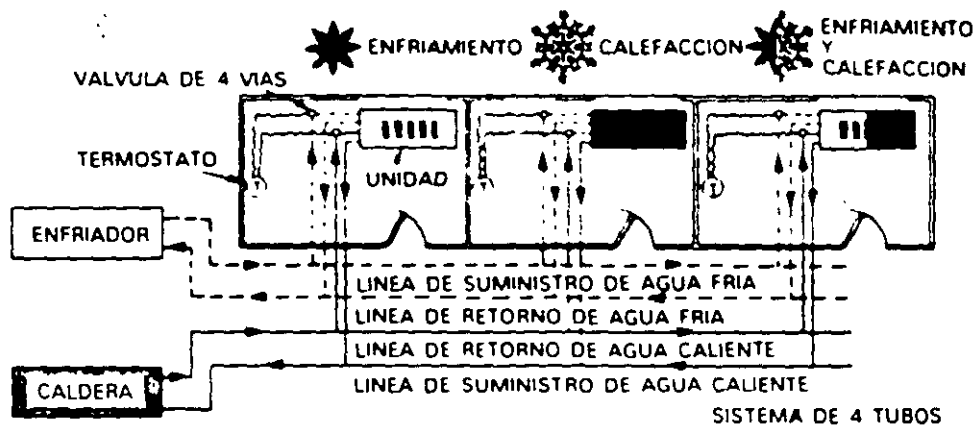
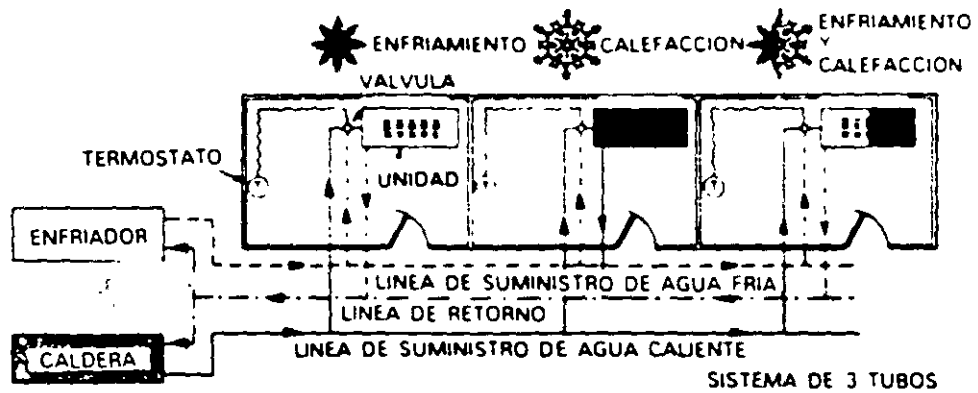
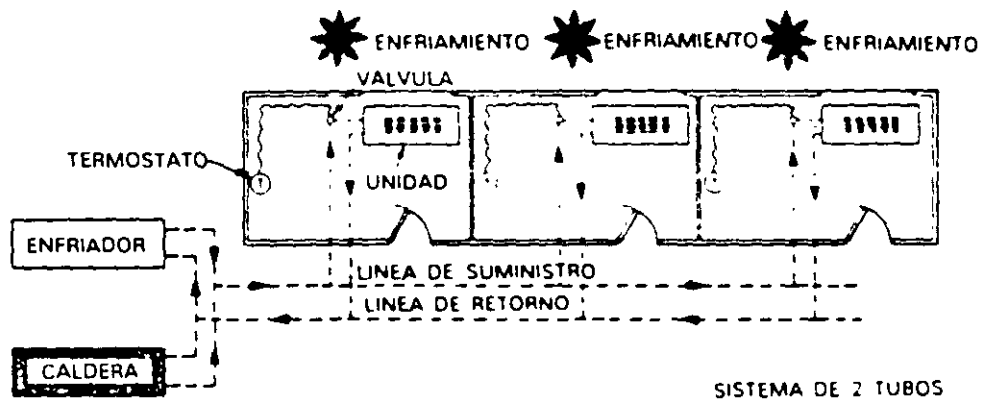


FIGURA A9-13 Unidades de serpentín y ventilador (Cortesia de Carrier Air-Conditioning Company)

el *Manual de fundamentos y equipos de ASHRAE*. Por ahora será suficiente anotar que estas unidades están disponibles con capacidades desde 100 hasta más de 1,500 toneladas. El tamaño y el peso, son los puntos de más importancia en la selección, aplicación e instalación de un equipo de absorción.

En esta discusión de equipos de enfriamiento, hemos trabajado con el agua como medio que debe ser enfriado y recirculado, como es característico de la mayoría de las instalaciones de aire acondicionado para confort. Sin embargo, estos equipos pueden suministrar líquidos fríos para otras aplicaciones, como en el caso de salmueras o soluciones de glicol a baja temperatura, para pistas de patinaje en el hielo, plantas congeladoras y otras industrias de drogas, químicas y petroquímicas.

Con la fuente de agua fría ya definida, el siguiente paso consiste en revisar el equipo terminal que es usado para transferir el efecto de enfriamiento del agua al espacio acondicionado.



**Sistema de dos tubos**

Ya sea agua fría o caliente se suministra en todo el edificio a un número determinado de unidades. Una línea lleva el agua la otra la trae de regreso al entrador. La operación de enfriamiento es la ilustrada.

**Sistema de tres tubos**

Dos líneas de suministro una para agua fría y otra para agua caliente permiten que en todo momento haya calefacción o enfriamiento según sea necesario. Una línea de retorno común sirve a todas las unidades.

**Sistema de cuatro tubos**

Los circuitos separados uno para agua fría y otro para agua caliente. La unidad tiene un serpentín doble o dividido. Una parte para calefacción solamente, la otra parte para enfriamiento.

FIGURA A9-14 Unidades de ventilador y serpentín (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

A9-3

## EQUIPOS PARA DISTRIBUCION DEL AIRE

A9-3.1

### Unidades de serpentín y ventilador (fan-coil)

Hay una gran variedad de diseños en unidades de serpentín y ventilador con combinación de calefacción y enfriamiento. Tal vez el modelo más familiar es el acondicionador de alcoba (figura A9-13), tan frecuentemente visto en oficinas, apartamentos, dormitorios, moteles y hoteles. Tiene un mueble atractivo con el retorno en la parte baja y un conjunto de rejillas de suministro direccionalmente ajustables en la parte superior. Además consiste de un filtro, ventiladores centrífugos de acople directo y un serpentín adecuado para agua fría o caliente. El tamaño de la unidad depende de su capacidad de enfriamiento. La calefacción será entonces más que suficiente. Existe gran variedad de conjuntos para el control del flujo de agua fría o caliente, algunos manuales, semiautomáticos o completamente automáticos, motorizados o de operación con válvulas solenoides. El volumen de aire se controla ajustando la velocidad del ventilador (manual o automáticamente). El aire exterior se toma a través de una rejilla con damper montada en un hueco de la pared. El tamaño de la unidad se designa de acuerdo a su capacidad en pies<sup>3</sup>/min y puede variar desde 200 hasta 1,200 pies<sup>3</sup>/min. El serpentín se selecciona para igualar esta capacidad según el número de filas que tenga. Estas unidades pueden ser instaladas en sistemas de 2, 3 y 4 tubos según se ilustra en la figura A9-14.

Con pocas modificaciones en el mueble, los mismos componentes se pueden ensamblar en forma horizontal para colgar del techo (figura A9-15). Donde la calefacción con agua no es práctica, se pueden instalar resistencias en el lado de descarga del serpentín.

Otra versión del tipo de unidad de ventilador y serpentín es la de diseño vertical (figura A9-16), que puede ser instalada a la vista o detrás de la pared. Son colocadas por lo general en paredes comunes a dos apartamentos, piezas de hotel, etc. La tubería de agua también se instala en el mismo espacio entre paredes.

Las unidades de ventilador y serpentín de agua, con tramos cortos de ductos (figura A9-17), pueden ser instaladas en cielos falsos o dentro de clósets, con los ductos saliendo hasta las distintas piezas del apartamento. Estas varían en tamaño desde 800 hasta los 2,000 pies<sup>3</sup>/min. La capacidad de la unidad está basada en la cantidad de pies<sup>3</sup> por minuto y en el número de filas del serpentín.

Las unidades de serpentín y ventilador de mayor tamaño (figura A9-18), usadas para acondicionar oficinas, almacenes, etc., donde la distribución de aire es posible, son algo parecidas a los muebles de unidades integrales para almacenes. Están equipadas con rejillas de suministro y retorno para uso dentro del espacio acondicionado, o pueden usarse con ductos en instalaciones remotas. Los tamaños varían desde aproximadamente 800 pies<sup>3</sup>/min hasta 15,000 pies<sup>3</sup>/min. En los tamaños grandes hay flexibilidad para la instalación y la descarga del ventilador. Estas unidades de ventilador y serpentín se aproximan a la siguiente categoría de equipo llamado *unidades manejadoras de aire*, pero en general, no tienen la capacidad y los accesorios disponibles en unidades manejadoras de planta central.

A9-3.2

### Unidades manejadoras de planta central

La unidad manejadora ilustrada en la figura A9-1 es de zona integral, baja presión y con ventilador succionador después del serpentín, lo que es característico de instalaciones con enfriadores pequeños o donde se usan varias unidades manejadoras para proveer control por zonas. Sin

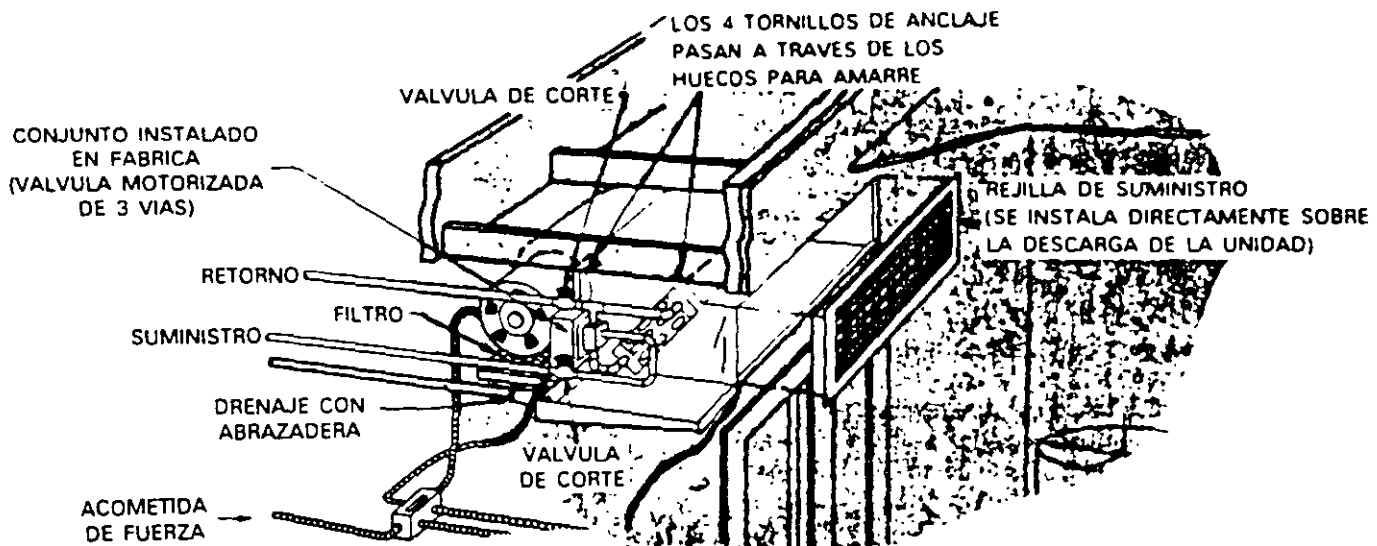
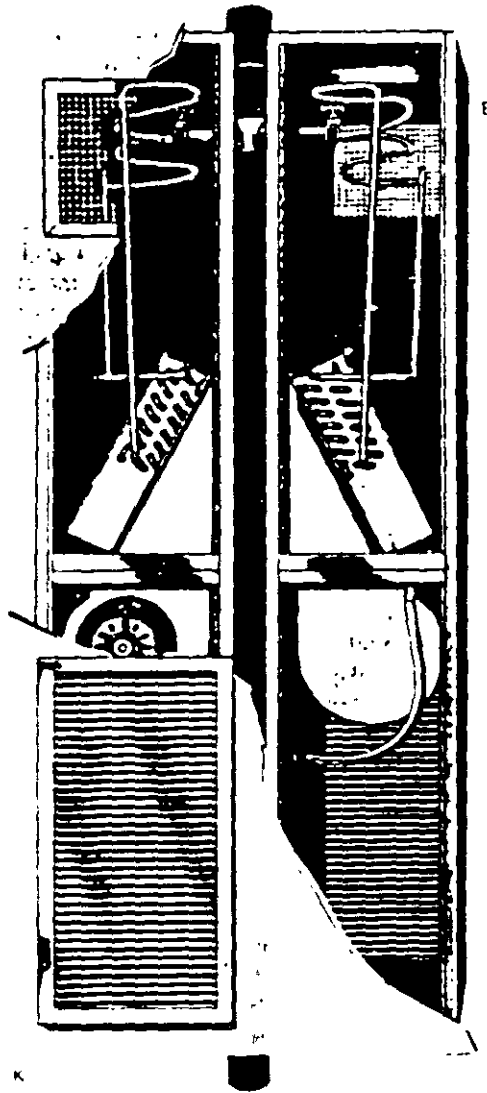


FIGURA A9-15 Unidad de serpentín y ventilador para colgar (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

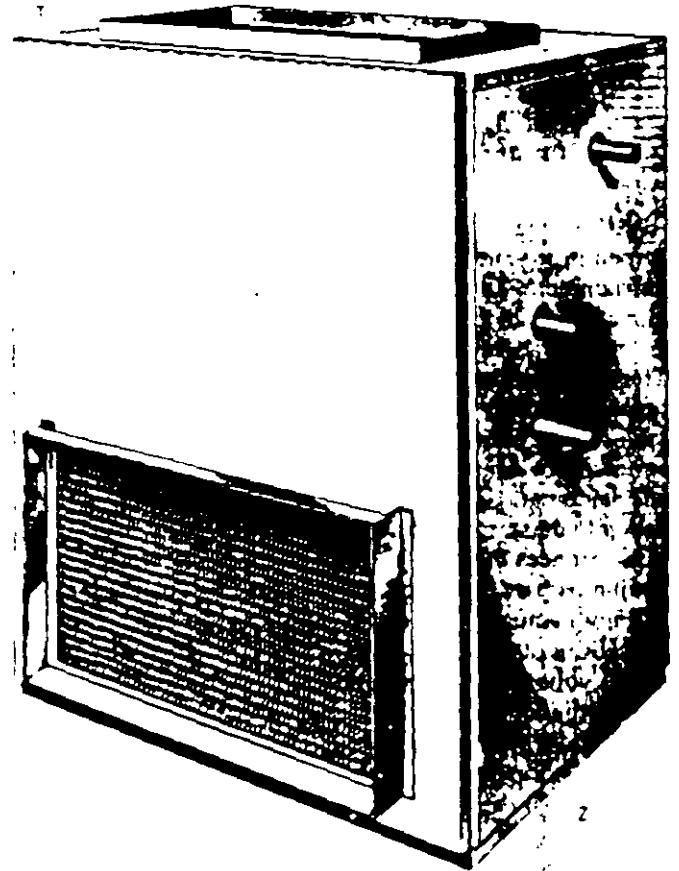


**FIGURA A9-16** Unidad de ventilador y serpentín de tipo vertical (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

embargo, cuando se necesita distribuir grandes volúmenes de aire y donde se necesitan sistemas de ductos dobles o de zonas múltiples, la unidad con ventilador soplador antes del serpentín, es utilizada como se muestra en la figura A9-19. Esta unidad está compuesta de módulos de tamaños similares. Cada módulo lleva a cabo una función específica y puede ser seleccionado independientemente.

Nótese la combinación de sección de filtros con cámara de mezcla. El tamaño de la toma de aire exterior es tal, que un 100% de aire fresco puede ser tomado durante las estaciones intermedias, justamente como fue descrito para las unidades de techo con ciclo economizador. Los filtros pueden ser del tipo desechable o del tipo lavable.

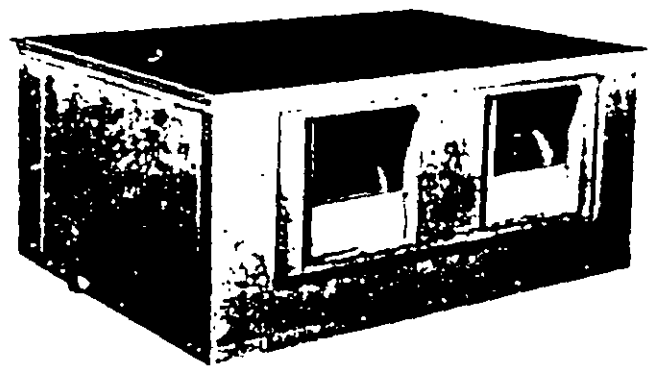
La sección con ventilador soplador utiliza un ventilador centrífugo, que está clasificado como de rendimiento a baja o mediana presión. Ventiladores de baja presión producen presiones estáticas externas desde cero (0) hasta 3 pulgadas de columna de agua y generalmente son de aletas curvas hacia adelante, para presiones estáticas medianas de



**FIGURA A9-17** Unidad de serpentín y ventilador vertical para uso con ductos (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

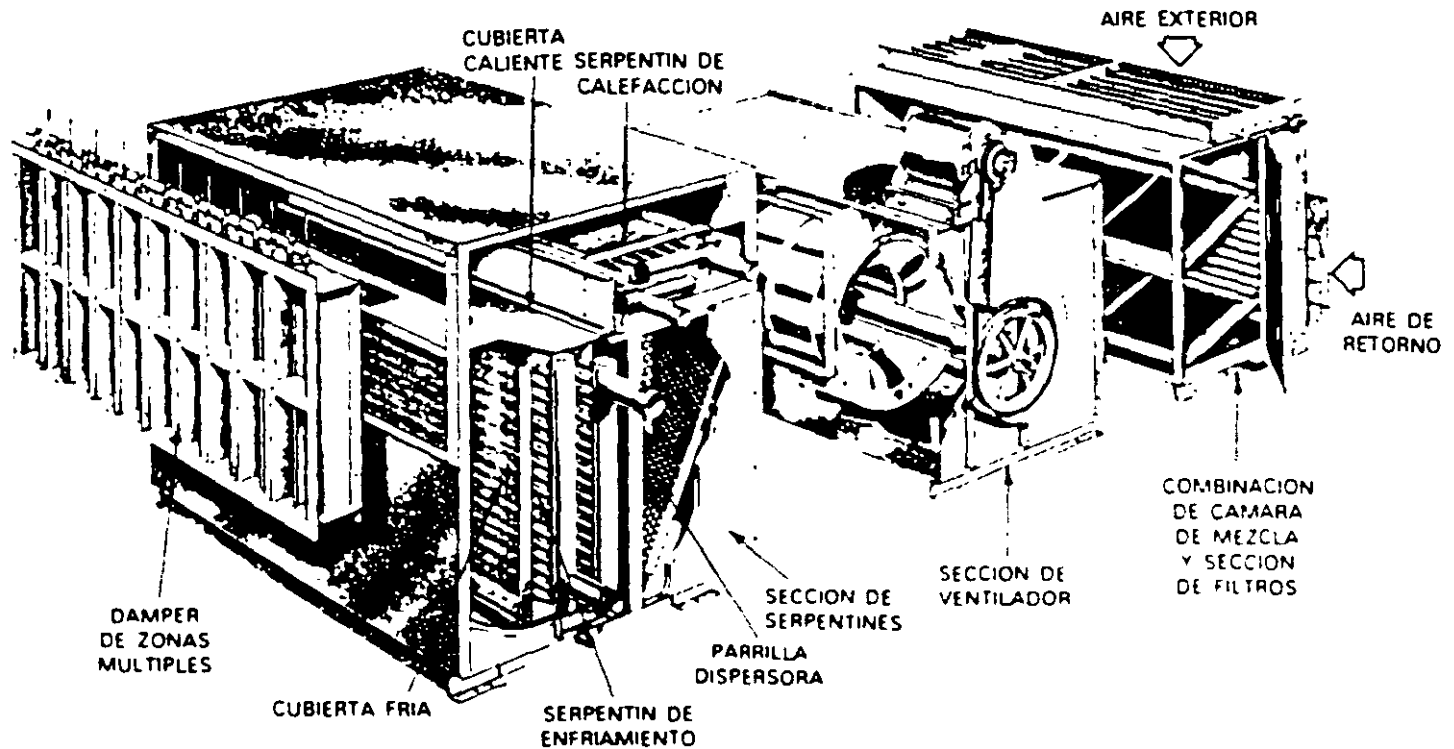
3 pulgadas hasta 6 pulgadas de columna de agua, las unidades pueden usar el tipo de rueda "air-foil" (aleta aerodinámica) ilustrado en la figura A9-19. Los ventiladores de mayor tamaño pueden ser también equipados con persianas ajustables en la succión (figura A9-20), para controlar el flujo del aire (El capítulo A4, contiene más información sobre diseño básico y aplicaciones de ventiladores.)

La sección del serpentín consiste en un serpentín de enfriamiento y un serpentín de calefacción. Los serpentines



**FIGURA A9-18** Unidad manejadora de aire. (Cortesía de Addison Products Company)





**FIGURA A9-19** Unidad manejadora central con ventilador antes del serpentín. (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

con tubos aleteados para agua (figura A9-21) son seleccionados con base en los pies cuadrados de cara que se necesitan usando el espacio eficientemente, las filas y las distancias entre aletas necesarias para obtener el estándar de rendimiento al menor costo y el circuito adecuado para la mejor transferencia de calor, dentro de las limitaciones de caída de presión. Realmente hay infinidad de opciones posibles y muchos fabricantes ofrecen servicios de selección computarizados para ayudar al ingeniero a hacer la selección óptima.



**FIGURA A9-20** Ventilador centrífugo con persiana de succión ajustable. (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

Los serpentines de calefacción para agua caliente tienen una apariencia idéntica a la de los mostrados para enfriamiento, excepto por el área de cara y el número de filas que muy rara vez pasa de tres, ya que la diferencia entre agua a 180°F y aire acondicionado a 75°F, es bastante grande comparada con la diferencia entre agua fría a 44°F y aire a 75°F. Los serpentines de vapor también están disponibles para instalación a cambio del serpentín de agua caliente.

Nótese la parrilla dispersora (figura A9-19), que se usa para esparcir la descarga de aire del ventilador sobre toda la superficie del serpentín. La posición y separación de los dos serpentines forman una cubierta caliente y una cubierta fría, para así poder mezclar el aire y satisfacer los requerimientos individuales de cada zona. En muchos edificios de gran tamaño, las oficinas hacia el perímetro exterior pueden necesitar calefacción mientras las interiores, debido a las luces, las personas y los equipos, pueden necesitar enfriamiento. El damper de zonas múltiples individualmente controlará las condiciones de cada zona.

≡≡≡ A9-4  
**HUMIDIFICADORES**

Los humidificadores no se muestran en la unidad manejadora de la figura A9-1, son utilizados para aumentar la humedad del aire. Esto se haría en la cubierta caliente en función de la necesidad de calefacción. Se usan varios tipos

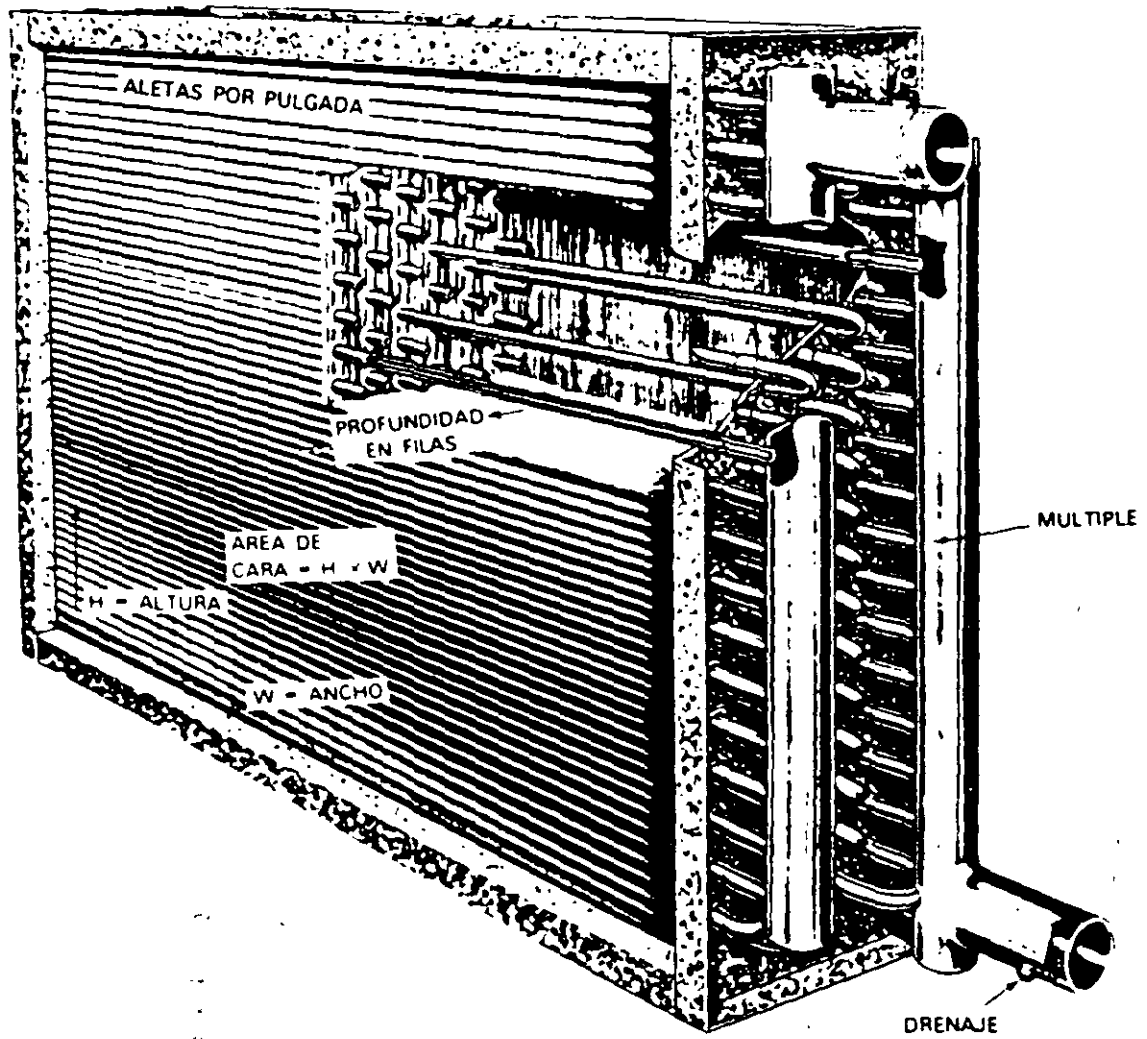


FIGURA A9-21 Serpentin de tubos aleteados para agua (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

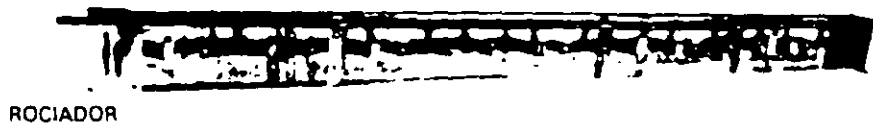


FIGURA A9-22 Humidificador de rociadores de agua

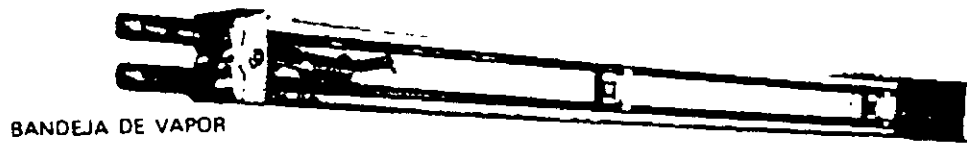


FIGURA A9-23 Humidificador de bandeja de vapor

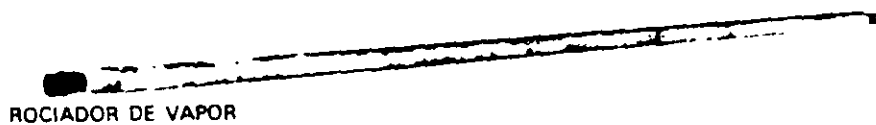


FIGURA A9-24 Humidificador de rociador de vapor

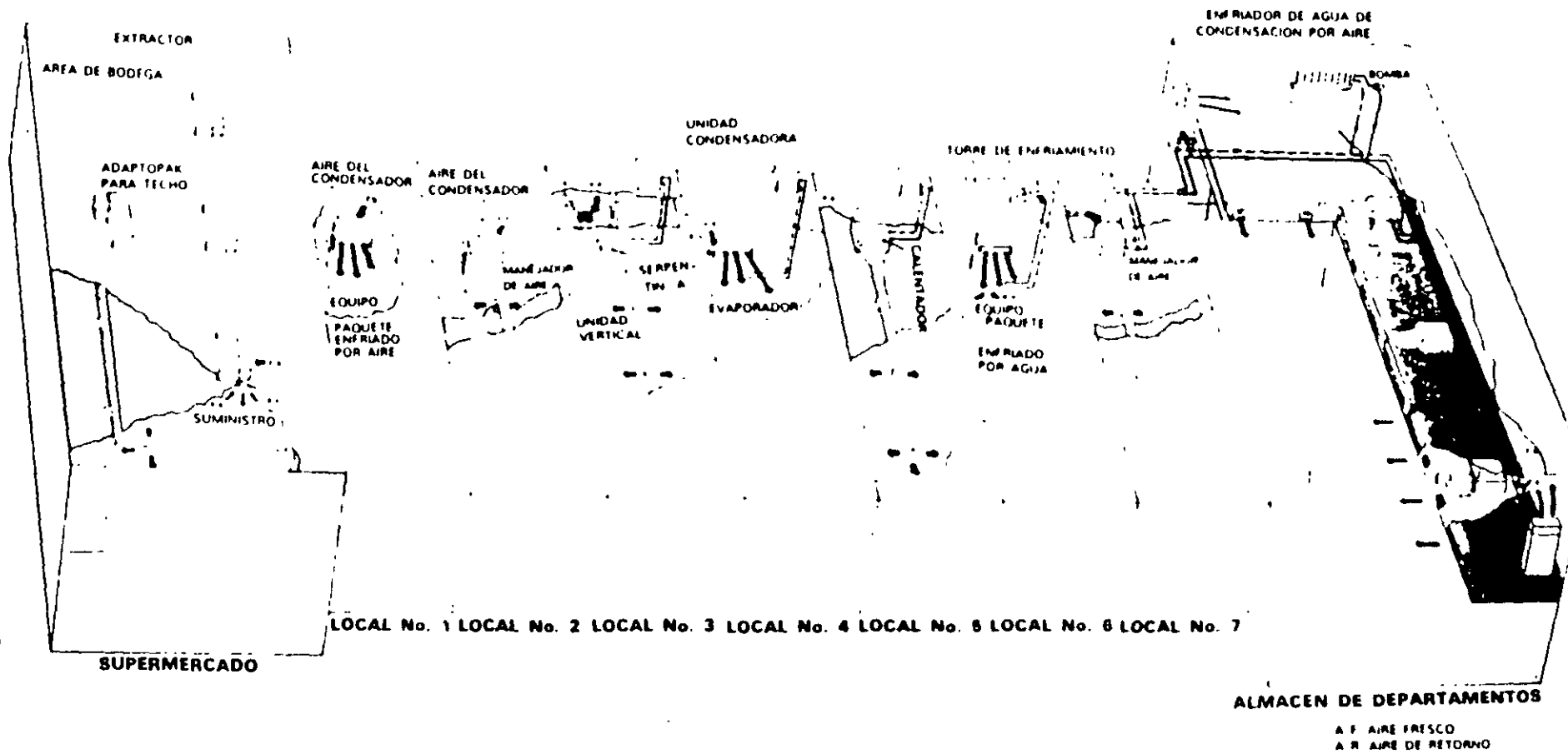


FIGURA A9-25 Instalaciones de aire acondicionado en un centro comercial (Compañía de Fellers Air Conditioning USA)

de humidificadores (figura A9-24), dependiendo de la necesidad y aplicación. Los de tipo de rociado de agua se usan con calefacción por agua caliente y tienen un rendimiento bajo en aplicaciones donde el nivel de humedad es bastante bajo y donde no se necesita un control exacto.

El tipo de bandeja de vapor se usa cuando no es aconsejable la introducción de vapor directamente en la corriente de aire. La vaporización del agua en la bandeja provee de humedad al aire acondicionado.

El rociador de vapor es el tipo más recomendado porque ofrece simplicidad en su construcción y operación y porque la humidificación puede ser controlada muy de cerca. Obviamente se debe disponer de una fuente de vapor.

El sistema de ductos dentro del espacio acondicionado varía con la aplicación y el tipo de unidad manejadora. Algunos son relativamente sencillos, otros son complicados debido a la naturaleza del montaje.

## ===== A9-5

### ===== **SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE AIRE**

En términos de los principios de flujo de aire, velocidad, presión estática, etc., los sistemas de distribución de aire de aplicación comercial se basan en la misma información para diseño presentada previamente para los trabajos residenciales. Las principales diferencias radican en el hecho de que las casas, su construcción y factores de ocupación son todos muy similares entre sí cuando se comparan con la gigantesca variedad de aplicaciones encontradas en

el campo del aire acondicionado para confort para industrias y locales comerciales. Los requisitos para acondicionar un estudio de transmisión son bastante diferentes a los de distribución de aire en una planta textil. Así pues en gran parte la aplicación determina las condiciones de diseño.

En un rascacielos de oficinas la necesidad de proveer una distribución de aire periférica es función de la ganancia externa o pérdida de calor a través de las paredes y ventanas; al mismo tiempo la distribución del aire en la parte interna central es función de la carga de calor debida a la gente, iluminación y máquinas. Las cargas periféricas son función del clima y serán afectadas por el sol y otros factores atmosféricos. Las cargas centrales son función de si el edificio está ocupado o no. Así pues los sistemas de distribución de aire de la mayoría de las aplicaciones comerciales tienen que manejar una amplia variación de la demanda en un periodo de 24 horas. Encontramos aquí un uso para los sistemas que pueden variar la temperatura y el volumen del aire suministrado al área acondicionada y para los que pueden transferir calor de las zonas donde no se necesita a las que sí requieren, conservando de este modo energía.

## ===== A9-5.1

### ===== **Tipos de sistemas**

Los distintos tipos de sistemas de distribución de aire comercial pueden ser clasificados simplemente, como sistemas de baja, media o alta velocidad.

Los sistemas de *baja velocidad* son aquellos que usan unidades paquete pequeñas y sistemas partidos como se ilustra en la figura A9-25. La falta total de ductos o el uso de pequeños tramos de ductos, es típico de esta clasificación. Donde se usan ductos, la presión estática externa es rebajada al rango de 0.25 a 0.50 pulgadas de columna de agua. El uso de ductos de suministro y retorno concéntricos, como se muestra en la parte del supermercado, es una alternativa comúnmente usada. La velocidad del aire en el ducto y en los suministros y por consiguiente el ruido resultante son algo más altos que en los trabajos residenciales; de todos modos deben ser mantenidos dentro de los límites establecidos en el capítulo 4. La manera de diseño de los ductos es la misma que la del método de igualación de fricciones, lo que permite la predicción o control de la presión estática total.

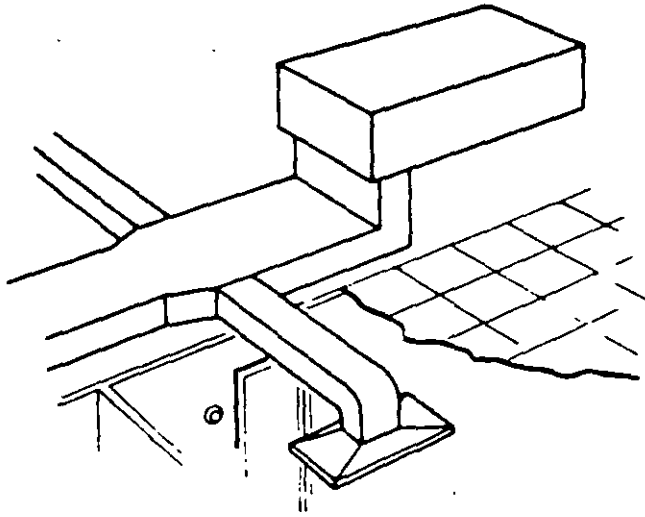
Los sistemas de *velocidad media* son aquellos asociados con acondicionadores o unidades manejadoras que proveen volúmenes de aire mayores con presiones estáticas externas desde 2.0 hasta 3.0 pulgadas de columna de agua. Unidades grandes para instalación sobre techos y unidades manejadoras para una o varias zonas son equipos típicos de esta categoría. A este nivel el uso de diferentes sistemas de distribución de aire, se vuelve necesario, dependiendo de la aplicación y de las consideraciones económicas. Las discusiones que siguen se presentan para familiarizar al lector con sistemas en general y no necesariamente con los diseños específicos ilustrados.

## ===== A9-5.2

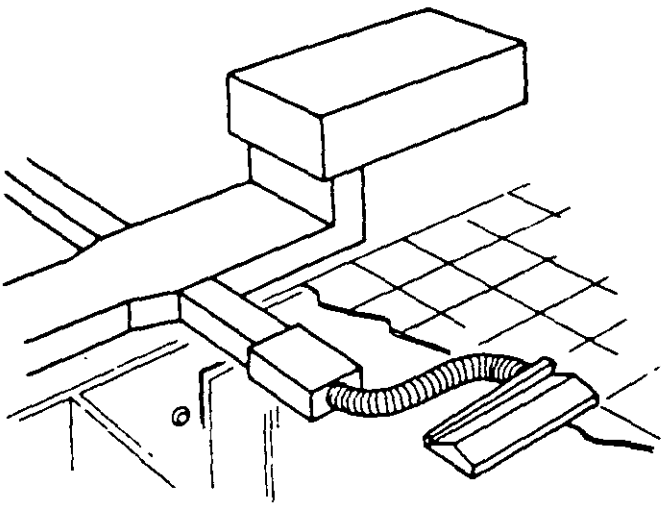
### ===== **Aplicación de sistemas**

La aplicación de sistemas de aire acondicionado en áreas interiores puede ser manejada de distintas maneras:

1. Calefacción y enfriamiento para una sola zona. Si la parte interior de un edificio es un área grande y abierta, un sistema de volumen constante (figura A9-26), para áreas unificadas puede ser usado a un costo inicial razonable. Un solo termostato para calefacción y enfriamiento controla automáticamente el ambiente todo el año; el piso alto y el piso bajo tendrán sistemas con calefacción para proveer una temperatura adecuada sobre todo en las mañanas. Los pisos intermedios generalmente no tienen calefacción. El diseño de los ductos sigue las prácticas convencionales y la distribución del aire se hace usualmente desde el cieloraso.
2. En un área compuesta de numerosos espacios, sujetos a variaciones en la carga de iluminación o en la densidad de personas, un sistema de volumen variable para áreas unificadas es la respuesta de menor costo (figura A9-27). En vez de distribuir un volumen constante de aire acondicionado a cada espacio, la cantidad de aire varía termostáticamente en cada espacio de acuerdo a las fluctuaciones en la carga de cada sector. Bajo condiciones de carga parcial cualquier volumen de aire sobrante es llevado de nuevo a la unidad. El terminal



**FIGURA A9-26** Sistema de volumen constante para calefacción y enfriamiento en zonas unificadas



**FIGURA A9-27** Sistema de volumen variable para zonas unificadas

de control de volumen variable (figura A9-28), consiste en un ducto principal por donde le entra aire y en uno o varios ductos ramales que alimentan los difusores de suministro. Un damper modula el aire de cada ramal y alivia o retorna el aire de exceso al plenum del cieloraso o al ducto de retorno según el caso. Los difusores de aire se diseñan de modo que encajan en los soportes en T de los cielorasos suspendidos. Ductos flexibles redondos alimentan el terminal de control y los difusores de aire.

Los sistemas de volumen variable pueden ser de alta o baja velocidad, dependiendo del tipo de terminal de control y de los difusores usados. El volumen de aire primario es ajustado automáticamente a la carga total de enfriamiento del edificio, por medio de álabes controlados por presión y situados en las tomas de los ventiladores de suministro y retorno.

La calefacción y el enfriamiento de las áreas periféricas pueden efectuarse fácilmente con equipos de enfriamiento para zonas unificadas usados junto con resistencias eléctricas o serpentines de agua caliente controlados termostáticamente (figura A9-29). Estas resistencias o serpentines colocados en los ductos ramales permiten un precalentamiento en la primavera o en el otoño, o una calefacción total en el invierno.

El sistema de volumen variable para zona unificada puede también ser usado en las áreas periféricas, aunque el aire es suministrado al espacio a nivel de piso y con el difusor sobre una pared exterior en vez de a través de difusores en el cieloraso. Los ductos ramales se instalan en el plenum del cieloraso del piso inferior y los difusores de aire se colocan en el piso a lo largo de la pared exterior y bajo las ventanas.

3. Para la solución directa de los problemas de aire acondicionado en zonas periféricas, los sistemas de calefacción y enfriamiento para zonas múltiples, son usualmente los mejores. En los sistemas de zona unificada, un ducto sencillo de suministro distribuye el aire a todos los espacios. En los sistemas de zonas múltiples (figura A9-30), un ducto pequeño conecta la unidad de techo o unidad manejadora con cada espacio directamente. Un termostato en cada sector modula los dampers de mezcla colocados en la descarga de la unidad. Esto permite el suministro de aire en la cantidad y temperaturas correctas para satisfacer los requisitos de calefacción y enfriamiento. Puesto que cada espacio tiene un termostato, ducto de suministro y damper de mezcla separado, un sector puede recibir calefacción mientras otro está siendo enfriado. Debido a que un volumen constante de aire es suministrado a cada espacio bajo todas las condiciones de carga, se puede garantizar un mejor control de la humedad, la filtración y los olores.

4. Los sistemas de ductos dobles para calefacción y enfriamiento (figura A9-31) son los de costo inicial más alto, pero ofrecen ventajas específicas para cierto tipo de construcción. El beneficio principal es su máxima flexibilidad. Este tipo de sistema es ventajoso también donde hay un gran número de áreas que requieren menos de 400 pies<sup>3</sup>/min. El tamaño del sistema de ductos es el doble que en un sistema de zona unificada porque, como su nombre lo indica, dos ductos van hasta cada espacio, uno para aire caliente y otro para aire frío. Ambos ductos están conectados a la misma cámara de mezcla instalada para cada sector, la cual está controlada por un termostato individual; por consiguiente, la mezcla del aire suministrada al aire se mantiene al nivel exacto de temperatura requerido.

El sistema de ductos dobles es del tipo de alta velocidad y alta presión. La velocidad máxima en los ductos principales de suministro está en el rango de los 2,500 a 6,000 pies/min, dependiendo de la cantidad de aire. Las presiones estáticas pueden estar por encima de las 4 pulgadas de columna de agua. Los ductos ramales que alimentan las cámaras de mezcla se dise-

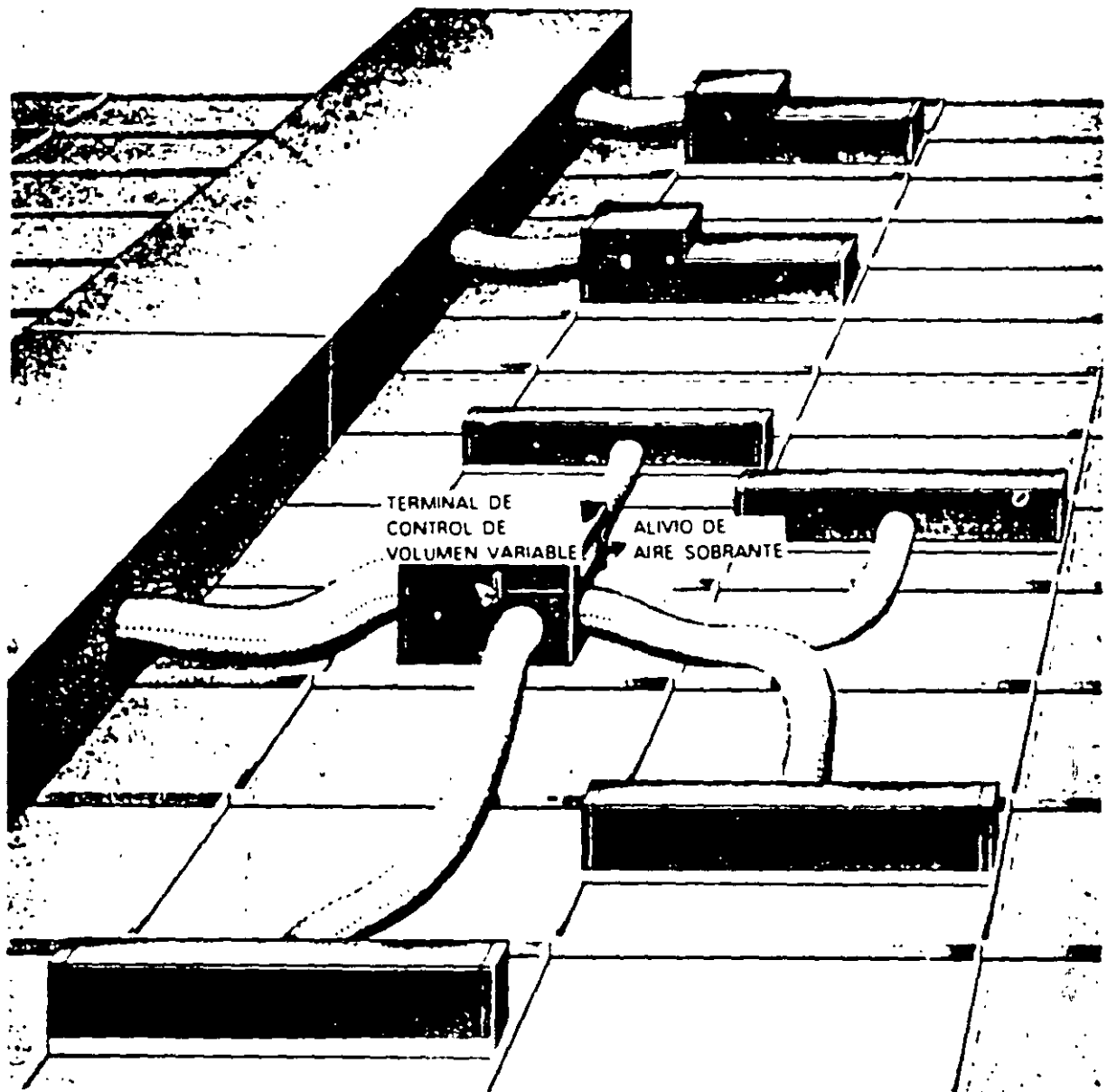


FIGURA A9-28 Terminal de control de volumen variable (Cortesía de Borg-Warner Air-Conditioning, Inc.)

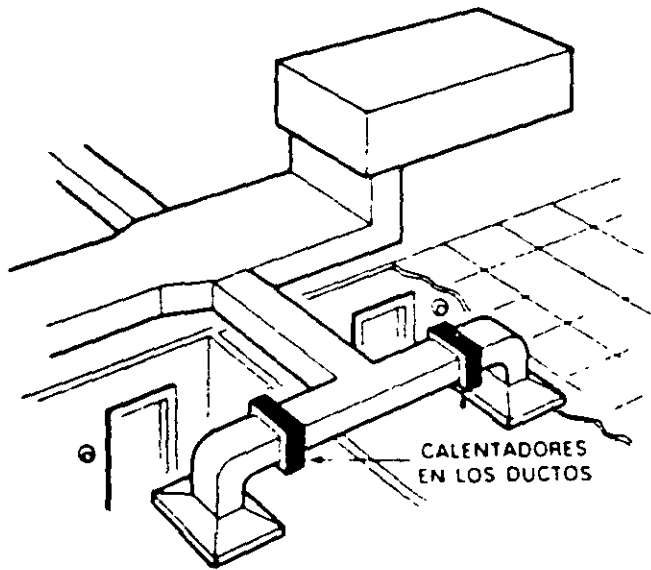
ñan de modo que ayuden a disminuir la velocidad del aire; cuando el aire entra a la cámara de mezcla su velocidad es reducida aún más, de modo que los ductos que salen de la cámara de mezcla son de baja presión y pueden ser diseñados como cualquier otro sistema convencional de ductos. Los ductos de baja presión que alimentan los difusores de aire son forrados con un material acústico para asegurar una operación silenciosa.

Los ductos de retorno en un sistema de ductos dobles como en cualquier otro sistema deben ser diseñados para baja velocidad. Los intentos de presurizar el ducto de retorno no han dado todavía buenos resultados.

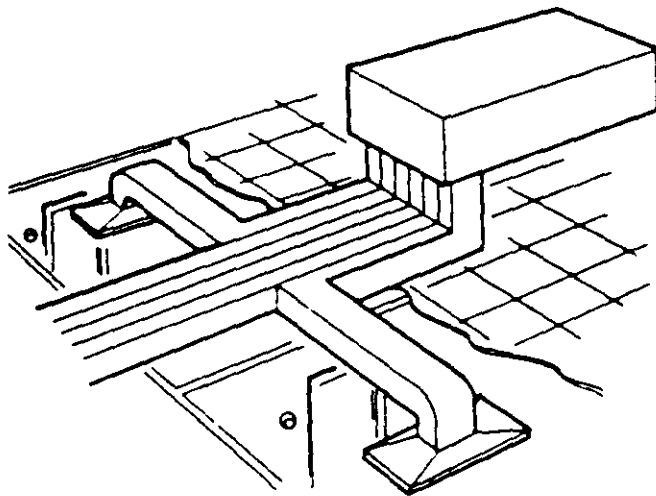
La combinación de sistemas usada es una función del tamaño del edificio y del presupuesto disponible. En los

edificios pequeños, no se justifica frecuentemente el uso de un sistema periférico y de otro central; en estas ocasiones cualquiera de los tres sistemas periféricos puede ser utilizado para todo el edificio

Los sistemas son todos del tipo que usa el aire (de suministro) primario del equipo acondicionador de aire y la cantidad máxima que se necesita está basada en las condiciones de carga máxima en el área. La temperatura del aire primario estará aproximadamente entre 20° y 22°F por debajo de la temperatura del aire en la pieza. Así pues, si la temperatura del aire en la pieza es mantenida en 78°F, el aire primario suministrado estará aproximadamente en 56°F. La cantidad de aire es una función de la carga sensible de calor y será de cerca de 400 pies<sup>3</sup>/min por cada tonelada de refrigeración.



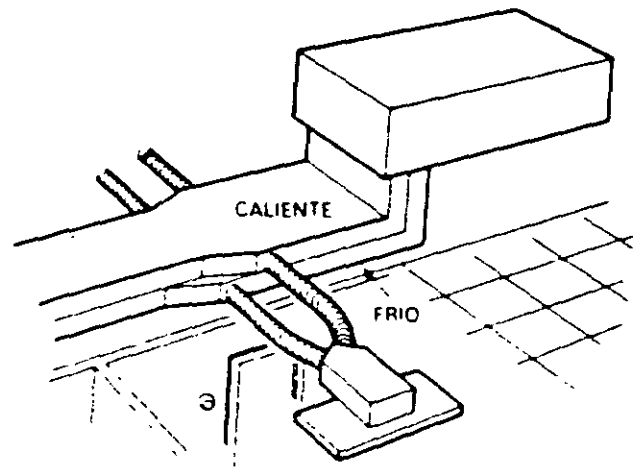
**FIGURA A9-29** Sistema de volumen constante para zona unificada con calentadores remotos en los ductos



**FIGURA A9-30** Sistema de volumen constante para calefacción y enfriamiento de zonas múltiples


**A9-53**  
**Sistemas de distribución de aire por inducción**

Puesto que el costo del sistema de ductos es una función del tamaño, mientras más pequeños sean los ductos menor será su costo inicial y menor será la mano de obra necesitada para su instalación. Una reducción en el tamaño de los ductos significa una reducción en la cantidad de aire primario y para reducir la cantidad de aire es necesario reducir su temperatura de modo que la capacidad sensible requerida para enfriamiento permanezca igual. Esto puede ser visto en la fórmula siguiente:



**FIGURA A9-31** Sistema de volumen variable para calefacción y enfriamiento con ductos dobles

LAT\* (temperatura del aire saliente)

= temperatura de la pieza

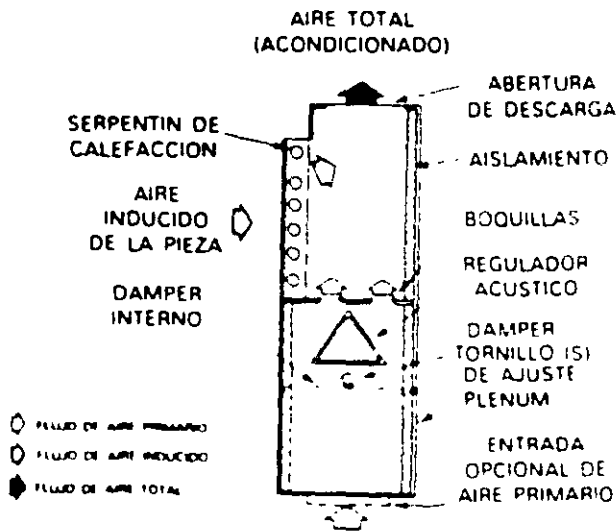
$$\frac{\text{capacidad de calor sensible de la pieza (RSHC)}}{1.1 \times \text{pies}^3/\text{min}}$$

Si la temperatura en la habitación es mantenida constante (por ejemplo, 78°F BS) y la capacidad de calor sensible también permanece constante, se hace aparente que una reducción en los pies<sup>3</sup>/min requerirá una reducción en el LAT o en la temperatura del aire primario. De modo que si el aire primario es bajado a 38 o 40°F, habrá un considerable ahorro en el tamaño y costo de los ductos. Sin embargo el aire suministrado no puede ser introducido en la pieza a 38°F, puesto que estaría 40° por debajo de las condiciones ambientales, lo cual causaría corrientes molestas de aire frío. Así pues, los terminales de inducción de aire, los cuales mezclan el aire frío primario, con el que es inducido a mayor temperatura de la pieza, fueron desarrollados para moderar la temperatura del aire suministrado.

Un terminal de alcoba del tipo de inducción tiene una apariencia externa muy similar a la de una unidad de ventilador y serpentín como la descrita en el capítulo 8, sin embargo por dentro es totalmente diferente. La figura A9-32 es un corte transversal de un terminal de alcoba del tipo de inducción. Nótese que no hay ventiladores. El aire primario a 38 o 40°F es introducido por el fondo (o por un lado) a presión y velocidad altas (1,500 a 2,000 pies<sup>3</sup>/min) dentro de un plenum muy bien aislado para el control acústico y térmico. Un damper interno controla el aire primario que alimenta las boquillas donde los chorros de aire crean una presión negativa, induciendo aire de la pieza dentro del terminal. La mezcla resultante se descarga a 55 o 60°F, BS, para mantener un movimiento satisfactorio del aire dentro

\*LAT es la temperatura del aire que sale del serpentín y se asume que es la misma temperatura del aire primario en los ductos pero sin la pérdida del ducto.

### TERMINAL DE INDUCCION PARA ALCOBA

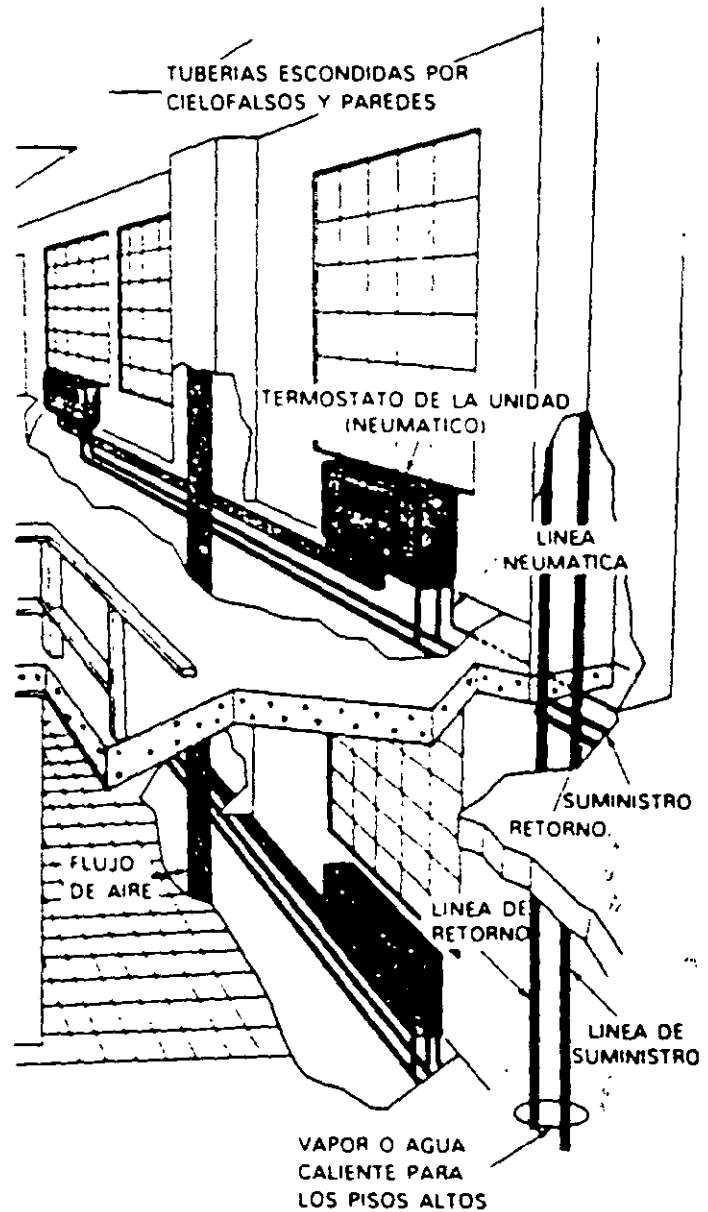


**FIGURA A9-32** Terminal de inducción para alcoba (Cortesía de Carrier Air Conditioning Company.)

de la pieza sin corrientes molestas. El volumen de aire es constante. Nótese el serpentín de calefacción en la entrada del aire inducido. Este serpentín provee calefacción total durante el invierno; puede ser usado también como serpentín de recalentamiento durante el periodo de enfriamiento. La calefacción puede ser por medio de vapor, agua caliente, resistencias eléctricas y puede ser escogida con base en tarifas de las empresas públicas.

Los terminales de inducción son usados con mayor frecuencia en escuelas, laboratorios, hospitales y edificios para oficinas bajos o de un solo piso. El sistema típico de tuberías está ilustrado en la figura A9-33. Este sistema también es de alta velocidad. El ducto principal está diseñado para velocidades de 2,000 a 5,000 pies/min. Los ramales que van a los terminales deben tener un máximo de 2,000 pies/min. Los ductos redondos son preferidos a los rectangulares, porque tienen más rigidez. Los ductos son sellados para prevenir escapes de aire que pueden causar ruidos molestos. Cierta número de alternativas se ofrece en el diseño de los equipos, incluyendo modelos horizontales que pueden ser suspendidos en un cieloraso. El aire primario de 38 a 40°F debe ser suministrado desde el serpentín de una unidad manejadora central que utiliza una salmuera para producir el enfriamiento. Las unidades del tipo de inducción aunque operan a altas velocidades, son consideradas como equipo de mediana presión, debido a que la presión estática en la entrada del terminal está normalmente entre 0.5 y 1.0 pulgadas de columna de agua. En la selección de unidades de inducción dos parámetros deben ser satisfechos: La unidad debe suministrar el aire a un nivel de ruido aceptable y debe tener suficiente capacidad para mantener la temperatura apropiada en la pieza.

Los sistemas de inducción de cieloraso utilizan unidades instaladas en el ducto primario de suministro. La figura A9-34 muestra una unidad de inducción simple que succio-

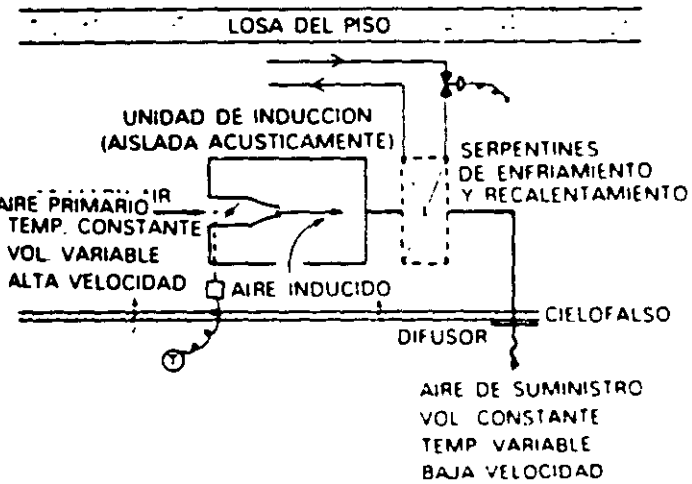


**FIGURA A9-33** Sistema de tubería para unidades terminales de inducción (Cortesía de Carrier Air Conditioning Company.)

na aire de la pieza y lo mezcla con el aire frío primario. El aire primario a alta velocidad es suministrado a las cámaras de inducción en cada zona en un volumen variable y a una temperatura constante. Las cámaras de inducción están diseñadas para ambas zonas: interiores y periféricas. La temperatura del aire frío puede ser regulada para adaptarse a las variaciones estacionales de la carga, especialmente en la periferia.

El aire suministrado a baja velocidad a la pieza, es descargado dentro de ella por una unidad de inducción que saca parte del aire de la pieza y lo mezcla con el aire primario. El volumen de aire obtenido de la pieza es constante. La temperatura del aire suministrado se sube incrementando la cantidad de aire inducido y disminuyendo al mismo tiempo la cantidad de aire primario.





**FIGURA A9-34** Terminal de induccion simple. (Cortesía de Borg-Warner Air Conditioning, Inc.)

Se puede requerir calefacción y enfriamiento adicional para satisfacer variaciones locales que excedan la capacidad del sistema. Las limitaciones del sistema están establecidas por la temperatura y por la cantidad mínima de aire primario.

Debido al creciente énfasis que se hace en la conservación de energía, como también al deseo de reducir el tamaño de los ductos, el uso de la doble inducción se está volviendo más popular. El principio de la doble inducción (figura A9-35), aumenta el rango de control sobre las condiciones del espacio. La doble inducción permite sacar aire desde dos fuentes, la pieza y el plenum, cada una con un potencial de calor diferente, permitiendo así aprovechar el calor generado en el plenum por el sistema de iluminación. En el invierno el damper del plenum se abre para aprovechar el calor de la iluminación eléctrica. Durante el verano se induce aire más que todo de la pieza para mezclarlo con el aire frío primario y mantener las condiciones deseadas. La

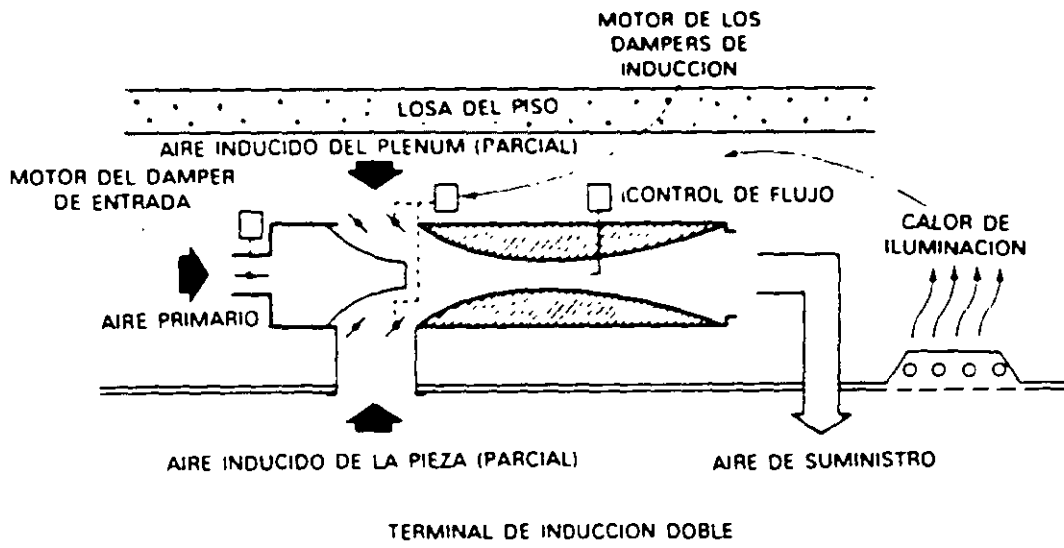
posición de todos los dampers está regulada automáticamente por moduladores que responden a las señales del control en la zona.

El ducto principal de retorno se extiende hasta el plenum del cielo falso por medio de ramales de servicio que sacan el aire de retorno del plenum en los puntos apropiados para traerlo otra vez hasta la planta central. En la mayoría de los edificios el plenum del cielo falso se usa como una cámara de retorno. El aire se extrae del espacio debajo de él a través de rejillas o ranuras en las cajas de iluminación.

El método de doble inducción ofrece una temperatura que se puede controlar muy de cerca, este método también reduce el total de pies<sup>3</sup>/min entregados, la potencia en el ventilador y el tamaño de la unidad manejadora, dando como resultado unos costos de operación y de instalación más bajos. Aunque puede utilizar en parte el calor producido por la iluminación reduciendo así los pies<sup>3</sup>/min requeridos para calefacción, no puede reducir los pies<sup>3</sup>/min requeridos para enfriamiento.

Recientemente este problema ha sido resuelto con el uso de aparatos de iluminación enfriados por agua o luminarias (figura A9-36). El objeto de todos los diseños de luminarias que retiran el calor de la iluminación, es reducir al mínimo la cantidad de calor que se convierte en carga para el acondicionamiento del recinto. Sin embargo el calor de la iluminación (durante el verano) debe ser eliminado del aire de retorno antes de que éste recircule a través del edificio. Esto significa que el equipo de refrigeración debe ser suficientemente grande para eliminar el calor total generado por el sistema de iluminación.

Es aquí donde radica la ventaja de utilizar luminarias enfriadas por agua; éstas capturan la máxima cantidad del calor de iluminación en un medio (agua) que permite que el calor sea redistribuido o eliminado del edificio. Una luminaria enfriada por agua es un intercambiador sencillo de calor en la forma de una lámpara fluorescente estándar. La tubería es parte integral de la caja. El agua circulada a través de la tubería absorbe la mayor parte del calor de iluminación



**FIGURA A9-35** Terminal de induccion doble. (Cortesía de Borg-Warner Air Conditioning, Inc.)

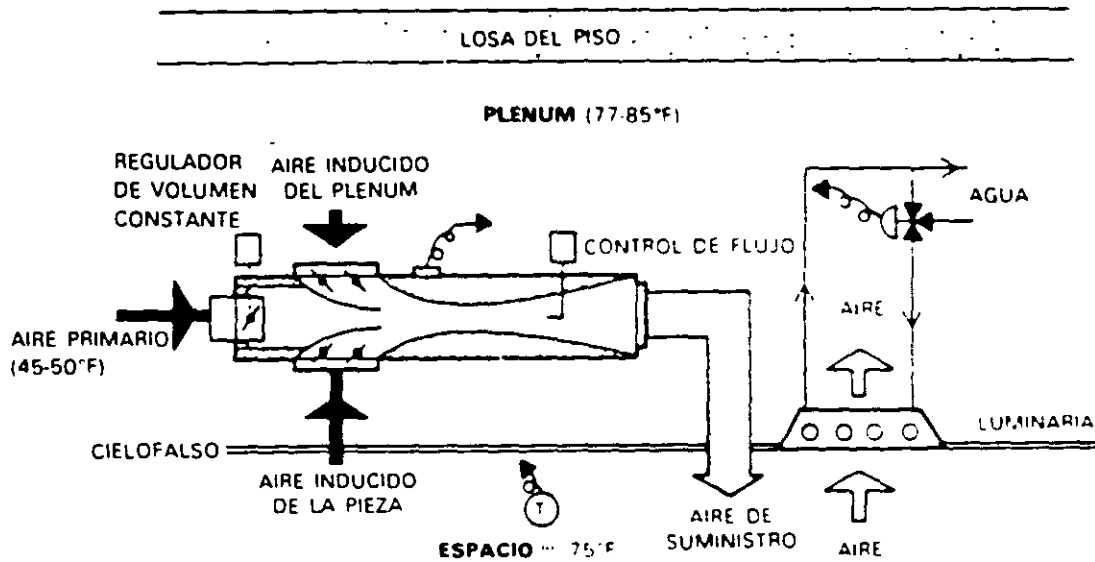


FIGURA A9-36 Luminaria (Cortesía de Borg Warner Air Conditioning, Inc.)

(60 a 80%), antes de que éste pueda incrementar, la temperatura del plenum y la ganancia de calor en el área. El tamaño de la planta de refrigeración central puede entonces reducirse en la medida en que se elimina el calor de la iluminación. El agua caliente resultante puede ser eliminada por medio de una torre enfriadora o se puede utilizar en el sistema doméstico de agua caliente del edificio. La eficiencia

de la iluminación aumenta en un 20% como resultado de las temperaturas más bajas en la instalación. Los terminales de inducción para cieloraso se usan como se explicó previamente, para mezclar el aire primario, de la pieza y del plenum y controlar así la temperatura del recinto. Sin embargo, el tamaño del terminal puede verse afectado por la reducción en los requisitos de la eliminación del calor.

## PROBLEMAS

- A9-1. Al equipo de estación central también se le llama \_\_\_\_\_
- A9-2. Los sistemas centrales se arman en \_\_\_\_\_
- A9-3. La transmisión de calor es de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_.
- A9-4. Un sistema central convencional ¿cuáles cinco componentes comprende, en general?
- A9-5. Los sistemas de agua helada para aplicaciones de confort producen agua fría entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ °F.
- A9-6. En la estación de calefacción, o sea el invierno, en general la temperatura del agua del calentador es de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ °F.
- A9-7. ¿Cuál es la función de las compuertas de cara y derivación?
- A9-8. En general, los enfriadores hasta de 100 ton nominales emplean compresores \_\_\_\_\_
- A9-9. ¿Qué quiere decir "numero de pasos" en una heladera o condensador?
- A9-10. ¿Qué quiere decir "factor de ensuciamiento" de un condensador?
- A9-11. El factor promedio de ensuciamiento que se usa en la selección de tamaño de un condensador es \_\_\_\_\_%.
- A9-12. Los condensadores marinos, o para agua de mar, se fabrican normalmente de \_\_\_\_\_
- A9-13. Los compresores centrífugos tienen impulsión de \_\_\_\_\_ o de \_\_\_\_\_
- A9-14. Los arreglos de tubería de la unidad ventilador y serpentín son de tres tipos ¿Cuáles son?
- A9-15. Los humidificadores que se usan en sistemas grandes son de tres tipos ¿Cuáles son?
- A9-16. Los sistemas de distribución de aire que se usan con equipos centrales se clasifican como sistemas \_\_\_\_\_.

**A9-17.** Cuando hay problemas de aire acondicionado en perímetro, el mejor sistema que se puede usar es uno \_\_\_\_\_ de enfriamiento y calefacción.

**A9-18.** ¿Cuál es la ventaja principal de un sistema de ducto doble?



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **AIRE ACONDICIONADO A 10 CONTROLES**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A10

## Controles

≡≡≡ A10-1

### GENERALIDADES

El desarrollo de controles y de sistemas de control ha ido mano a mano con el desarrollo de todo el equipo de calefacción y aire acondicionado. Determinados controles han servido para satisfacer la necesidad de mejorar la operación, la seguridad, la conveniencia personal y la economía, o una combinación de varios factores. Los siguientes capítulos cubrirán toda esta gama de factores y los instrumentos que ejecutan las operaciones de control.

Explicado en forma sencilla, un sistema de control chequea y regula una variable dentro de unos límites preestablecidos. Tal sistema consiste de tres partes principales: 1) una fuente de poder para hacer trabajar el sistema de control, 2) una o más cargas para utilizar la corriente y obtener los resultados deseados, y 3) controladores para obtener los niveles deseados de los resultados.

Los controles y los circuitos de control se describieron extensamente en el capítulo R20, aplicados a un sistema de control de refrigeración. En este capítulo el objeto es describir los controles y circuitos de control aplicados a sistemas de calefacción y aire acondicionado. Los controles para las bombas térmicas se describen en el capítulo HP2.

La figura A10-1 muestra un sistema de control característico de un sistema de acondicionamiento de aire que trabaja todo el año, empleando gas para calefacción durante el invierno y aire enfriado para verano. Además, se incluye un humidificador de poder para las condiciones invernales, y un limpiador electrónico de aire para filtración durante todo el año. Se usa en la unidad de calentamiento (manejo de aire) un motor de soplador de varias velocidades para tener los mejores resultados, tanto en la fase de calefacción como en la de enfriamiento.

El funcionamiento del sistema está dirigido por el control maestro de un termostato de recinto, que mantiene las condiciones deseadas en la fase de calefacción mediante el control de una válvula de gas, y en la fase de enfriamiento controlando la operación de la unidad de condensación. Además, el soplador del quemador de gas debe trabajar en forma intermitente, dependiendo de la temperatura de la

cámara plena de suministro de aire en la fase de calefacción, y en forma continua o cuando trabaje la unidad de condensación (dependiendo de la comodidad de los ocupantes de la zona acondicionada) en la fase de enfriamiento. Se usa un termostato de recinto de bajo voltaje para controlar un motor de soplador de alto voltaje (120 V) y el de la unidad de condensación de mayor voltaje (240 V).

Como se explicó en el capítulo R20, cuando un dispositivo de un voltaje está controlado por otro de otro voltaje, se necesitan controles intermedios. Pueden ser relevadores, contactores o arrancadores de motor, dependiendo de las características de carga que se encuentren.

En este circuito de control, la fuente de poder es un transformador que es parte de un conjunto de transformador y relevador montado en una placa. El otro componente del conjunto es un relevador de dos juegos de contactos de un polo y doble tiro. Un juego controla la velocidad del motor del soplador, mientras que el otro la operación del motor ya sea a través del control del interruptor del ventilador del calefactor, o directamente para operación de enfriamiento.

El control maestro es el termostato de recinto, tanto para calefacción como para enfriamiento. Los controles intermedios consisten del interruptor del ventilador y del interruptor limitador para calentamiento, y un interruptor de circulador para funcionamiento continuo del soplador con humidificación durante la estación de calefacción.

Las cargas de este circuito de control consisten en la válvula de gas para control de la unidad de calefacción con entrada de campo, el contactor de la unidad de condensación para enfriamiento, la bobina del relevador del soplador para controlar al motor de éste, y el motor del soplador, para la circulación de aire.

En el capítulo A11 se presenta el funcionamiento de un sistema de control, paso a paso. La descripción en este capítulo se limitará a las partes componentes.

≡≡≡ A10-2

### FUENTES DE ENERGÍA

Obviamente, debe haber muchas fuentes de energía para operar un sistema de control. Los controles automáti-

cos para equipos residenciales y comerciales pequeños de aire acondicionado y calefacción utilizan corriente eléctrica. Los controles en sistemas industriales pueden ser eléctricos, electrónicos, neumáticos (aire comprimido) o una combinación de los tres. Aquí nos concentraremos en el tipo eléctrico de controles para aplicaciones residenciales y comerciales.

Consideraremos primero la fuente de energía: los circuitos de control de calefacción y enfriamiento pueden diseñarse para operar con el voltaje de línea (115-120 V) o con bajo voltaje generalmente, 24 V. Un circuito de control de bajo voltaje es superior a un circuito con voltaje de línea porque, primero, el alambrado se simplifica y es lo más seguro y segundo, porque los termostatos de bajo voltaje permiten un control más exacto de la temperatura.

El económico transformador de voltaje de CA, fue esencial para el desarrollo de los controles de bajo voltaje (figura A10-2). Un transformador reductor o de bajo voltaje se usa en sistemas de control de calefacción o aire acondicionado para reducir el voltaje de línea y operar así los componentes de control. Un transformador reductor sencillo consiste por dentro en dos bobinas independientes de alambre aislado que se ha enrollado sobre una barra de hierro común

(figura A10-3) Para pasar de 120 V (primario) a 24 voltios (secundario), se utilizan cinco vueltas en el primario por cada vuelta en el secundario. Con un primario de 240 V la proporción sería de 10 a 1 y así sucesivamente. Por consiguiente la relación de inducción es una proporción directa. Un transformador elevador sería exactamente lo contrario.

Al reducir el voltaje, ¿se perdió algo de energía? No realmente, porque el valor de la corriente en el lado secundario será cinco veces mayor que en el lado primario, para que así la energía en ambos lados del transformador sea la misma, asumiendo que el transformador tiene una eficiencia del 100%. Entonces, la relación puede ser expresada por la fórmula

$$\text{voltios} \times \text{amperes} = \text{voltios} \times \text{amperes}$$

(primario)                      (secundario)

De modo que si necesitamos una capacidad de 40 voltamperes en el secundario, requeriremos de 0.334 A en el primario de 120 V, para producir 1.67 A en el lado secundario de 24 V

$$120 \times 0.334 = 24 \times 1.67 = 40 \text{ voltamperes}$$

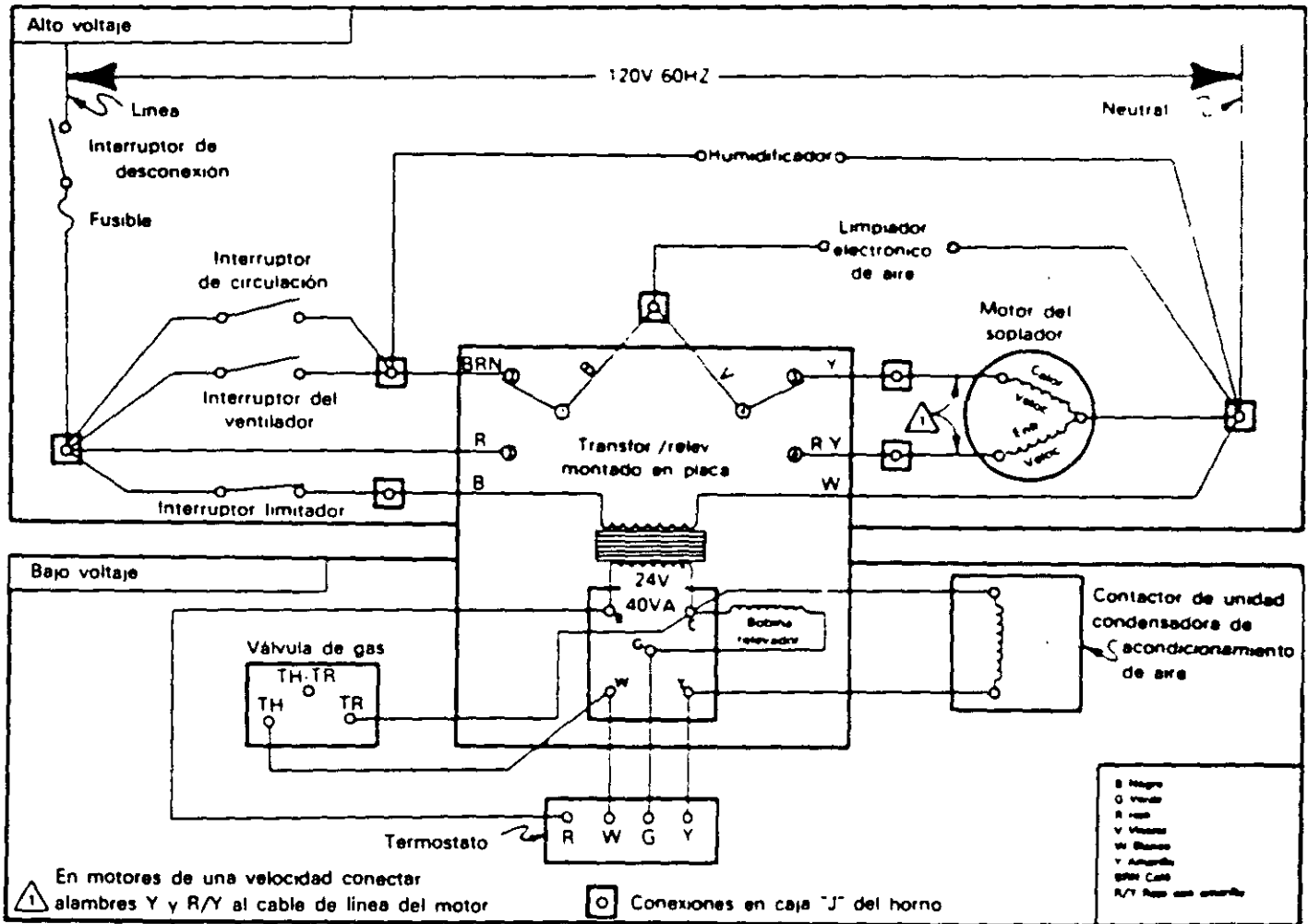
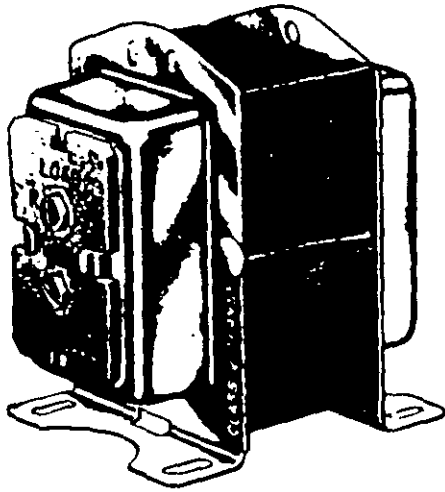
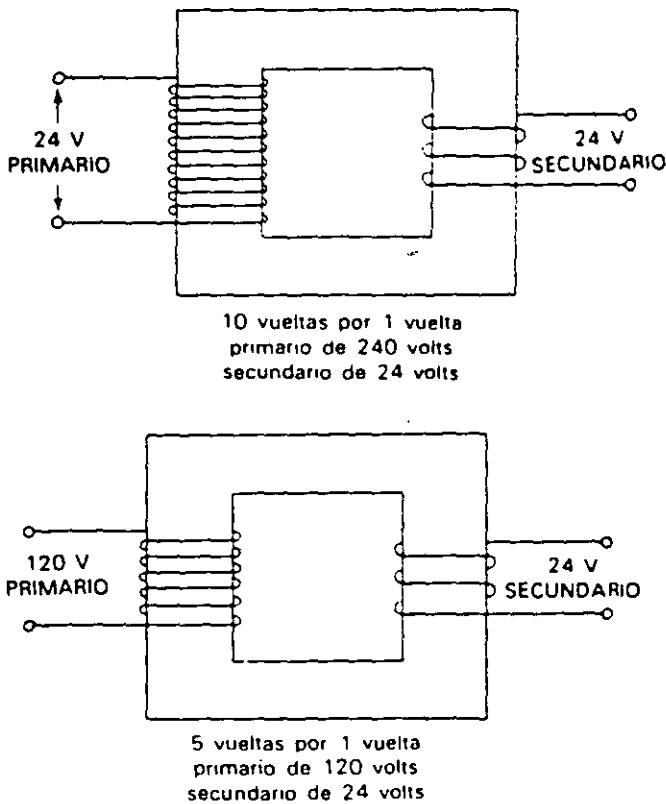


FIGURA A 10-1 Diagrama de conexiones de comodidad total (Cortesía de Addison Products Company.)



**FIGURA A10-2** Transformador de voltaje (Cortesía Honeywell, Inc.)



**FIGURA A10-3** Transformador reductor (Cortesía American Gas Association.)

Hay transformadores de una gran variedad de voltajes y capacidades. La capacidad se refiere a la cantidad de corriente expresada en voltio-amperes; un transformador para un circuito de control, debe tener la capacidad suficiente para manejar la corriente (amperaje) requerida por la carga conectada al secundario. Se usan capacidades de 40 voltamperes solamente para equipos de calefacción de aire forzado. Se necesitan capacidades mayores en el caso de

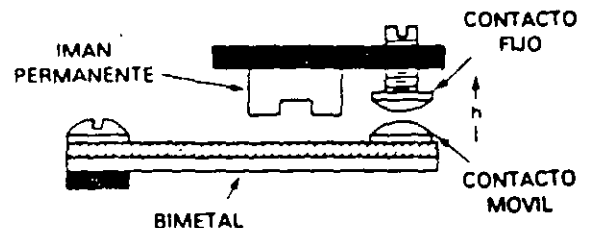
equipos para aire acondicionado, ya que los elementos eléctricos que contienen una bobina y un núcleo de hierro, tales como las válvulas solenoides y los relés, tienen un factor de potencia de aproximadamente el 50%; por consiguiente, en los circuitos secundarios con tales controles, la capacidad del transformador debe ser igual o mayor que el doble del total de los voltajes de placa de las cargas conectadas.

El transformador de la capacidad apropiada para el circuito de control eléctrico será seleccionado siempre por el fabricante del equipo. Sin embargo, si se añaden controles adicionales, la carga adicional debe ser considerada y esto puede resultar en un incremento de capacidad. Esta situación se presenta frecuentemente, por ejemplo, cuando se instala enfriamiento en un equipo que era para calefacción solamente y donde el transformador original era muy pequeño. También, cuando se necesite reemplazar un transformador defectuoso, hay que asegurarse que la capacidad sea igual o mayor que la del transformador original.

### A10 3 TERMOSTATOS

Una vez establecida la fuente de energía, volvamos la atención hacia el controlador más familiar, el termostato. Como se explicó previamente, un termostato de bajo voltaje es mucho más exacto que los termostatos de línea, aunque éstos se usan en cierto número de calentadores directos de resistencias eléctricas, acondicionadores de aire de ventana, etc. Con el fin de establecer diferencias, examinaremos primero el termostato de voltaje de línea.

Los primeros termostatos de línea, algunas veces llamados *termostatos de cierre instantáneo*, consistían en elementos bimetales sensores de la temperatura (figura A10-4), hechos de dos o más aleaciones de metal soldadas, cada una con un coeficiente de dilatación diferente cuando están expuestas al calor. Un metal se dilatará más rápidamente que el otro y esto obligará al bimetálico a cambiar de curvatura cuando "sienta" un cambio de temperatura. El bimetálico puede ser de forma recta (apoyado en un extremo), de sección en U, o en espiral. El voltaje de línea pasa generalmente por el bimetálico, el cual tiene un contacto móvil que cierra contra un contacto fijo. La distancia ( $h$ ) que recorre el contacto móvil es el rango diferencial entre las posiciones *off* (apagado) y *on* (prendido) y en un termostato sencillo de bajo costo, esta distancia puede ser de 3 o más grados. Si se instala una perilla con tornillo sobre el contacto fijo, las temperaturas detectadas pueden ser ajustadas



**FIGURA A10-4** Termostato de cierre instantáneo.

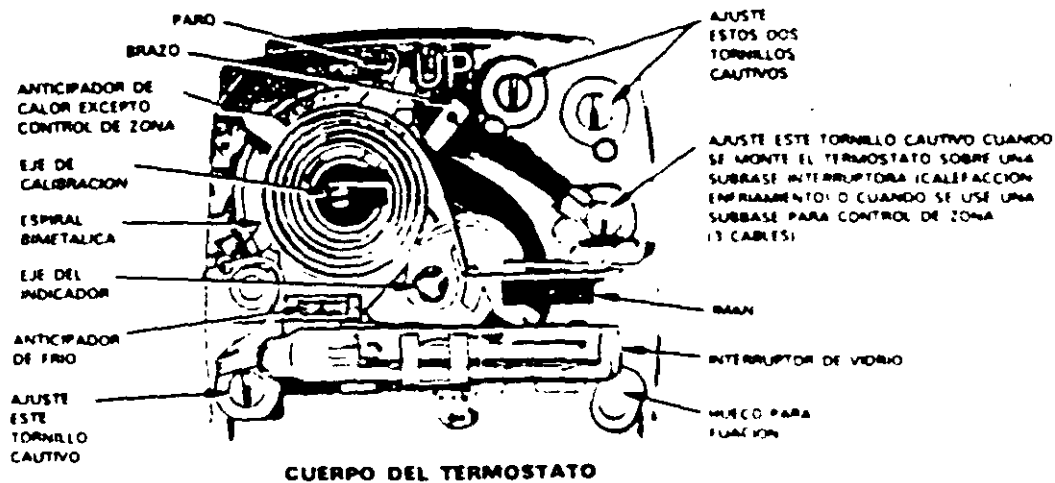


FIGURA A10-5 Termostato de bajo voltaje sin la cubierta (Cortesía de Robertshaw Controls Company)

dentro de un rango bastante exacto. La función del imán permanente consiste en cerrar los contactos de un solo golpe, siempre que el contacto móvil se acerque lo suficiente, con el fin de reducir el chisporroteo entre contactos. Este tipo de control puede ser usado para calefacción o enfriamiento, dependiendo de si el cierre de los contactos ocurre con un aumento o con una disminución de la temperatura de la pieza. Los modelos de doble contacto pueden efectuar ambas funciones.

Los termostatos de línea de cierre instantáneo son aceptados en situaciones que requieren un control limitado, o sea, donde los cambios reducidos de temperatura no son justificables económicamente. También, los termostatos de línea sufren de contactos sucios o picados, debido al chisporroteo que se produce al abrir o cerrar los contactos. El control ejercido por un termostato de cierre instantáneo es algo demorado. Esto significa que mientras el bimetálico recorre su rango y el equipo de calefacción y enfriamiento se detiene, la temperatura real de la pieza sobrepasará la temperatura deseada. El método de anticipación es una solución al problema (se verá más adelante), pero es bastante más difícil de incorporar en los controles de alto voltaje que en los de bajo.

Recientemente, los termostatos de línea para el control directo de calefacción eléctrica están usando elementos con líquidos que responden a la temperatura ambiente y el calor radiante. El diseño también incluye elementos de movimiento más lento que pueden manejar cargas directas de resistencia hasta de 5.000 W a 240 V de CA. El diferencial entre el punto de calibración y las condiciones de la pieza parece ser menor que el que existe en los de cierre instantáneo.

Desde el punto de vista de instalación, los termostatos de voltaje de línea para instalación sobre pared deben ser conectados usando cables de grueso calibre. En instalaciones comerciales, las normas pueden requerir el uso de tubería conduit para el cableado. También se puede dificultar la identificación en el caso de instalaciones con muchos cables. En conclusión, los termostatos de voltaje de línea

están casi totalmente limitados a calentadores y equipos acondicionadores de aire de ventana.

El termostato de bajo voltaje (Figura A10-5), sobrepasa todas las limitaciones de los modelos de voltaje de línea y son casi universalmente usados en circuitos de control para sistemas centrales modernos. Primero, el uso de bimetálicos en espiral, de poco peso, aumenta su longitud efectiva y los hace más sensibles a cambios de temperatura. Segundo, el uso de contactos sellados, virtualmente elimina el problema de polvo y mugre. Aunque hay pequeñas variaciones de un fabricante a otro, los contactos están casi siempre dentro de un tubo de vidrio sellado. La figura A10-6 corresponde al diseño de acción simple de tubo con mercurio (a la izquierda). A medida que el bimetálico se expande y se curva el mercurio se mueve hacia la izquierda, cerrando el circuito eléctrico entre los dos electrodos, que tienen solamente 24 V. El diferencial entre OFF (apagado) y ON (prendido) es muy pequeño, solamente  $\frac{1}{2}$  a 1°F desde el punto de calibración. A la derecha aparece un termostato de tubo sellado con contacto de metal a metal. El imán proporciona la fuerza que cierra los contactos.

Los termostatos con combinación de calefacción y enfriamiento pueden tener dos juegos de contactos: dos de

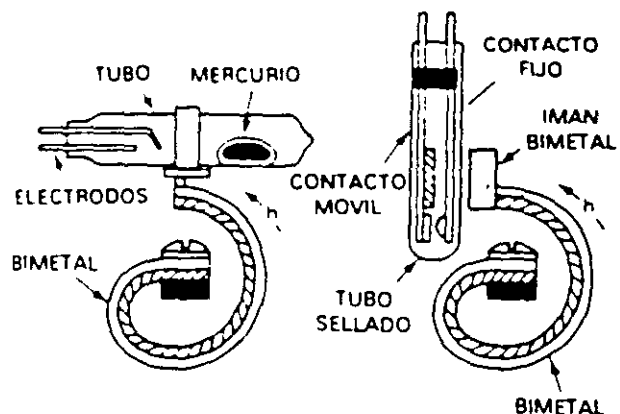
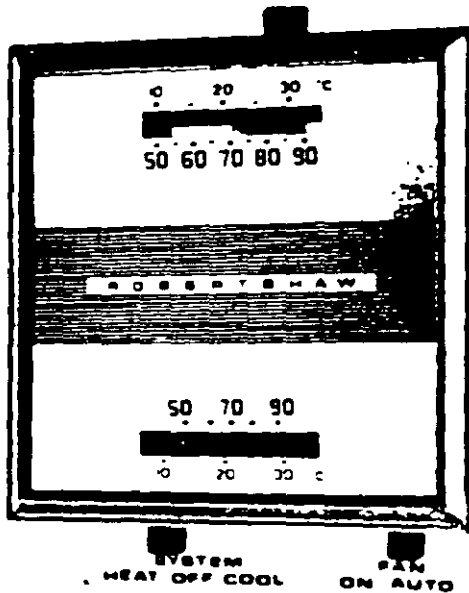


FIGURA A10-6 Termostato de acción simple de bulbo con mercurio



**ANTICIPACION DE CALOR**

**FIGURA A10-7** Termostato con subbase (Cortesía de Robertshaw Controls Company)

polo sencillo, en bulbos con mercurio de acción simple, o uno en bulbo con mercurio de acción doble. Ellos proveen el control de ambos sistemas, el de calefacción y el de enfriamiento.

Los termostatos están diseñados para controlar la temperatura de la pieza dentro de un rango bastante amplio, generalmente entre 50 y 90°F, las calibraciones normales están entre 68 y 80°F. Un disco o brazo le permite al propietario seleccionar las condiciones deseadas.

La sub-base del termostato (figura A10-7), no solamente proporciona una base para montarlo sino que también es usada para controlar la operación del sistema a través de una serie de interruptores eléctricos. Con el interruptor del sistema (SYS) se selecciona COOL (enfriamiento), OFF (apagado) o HEAT (calefacción). La operación del ventilador se controla con el interruptor del mismo, el cual es un interruptor sencillo de dos posiciones. Cuando se coloca en AUTO (automático), el ventilador arranca y para con la unidad acondicionadora. Si se coloca en ON (prendido), el ventilador trabajará todo el tiempo.

Algunos termostatos algo más sofisticados tienen dos discos para establecer diferentes puntos de control para calefacción y enfriamiento. Con cambio automático del uno al otro. La figura A10-8 representa un esquema de alambreado para calefacción de dos pasos y enfriamiento de dos pasos. Termostatos de dos pasos son comunes en bombas de calor o en equipos de techo, que tienen varios compresores para enfriamiento y dos o más pasos para calefacción. Nótese que se requieren siete conexiones eléctricas, sin embargo los terminales M y V son la misma fuente de energía y entonces prácticamente sólo son seis los cables. Con los cables de bajo voltaje identificados con colores no es ningún problema conectar el termostato al equipo mecánico.

**ANTICIPACION DE ENFRIAMIENTO**

Se emplea una técnica semejante para anticipación de frío, excepto que el anticipador se energiza sólo cuando el enfriamiento está apagado. El elemento bimetalico siente el calor del anticipador y enciende el sistema nuevamente antes que la temperatura del recinto suba mucho; con ello, se anticipa esa temperatura.

Los anticipadores de enfriamiento son resistores fijos conectados en paralelo con los contactos del termostato; no

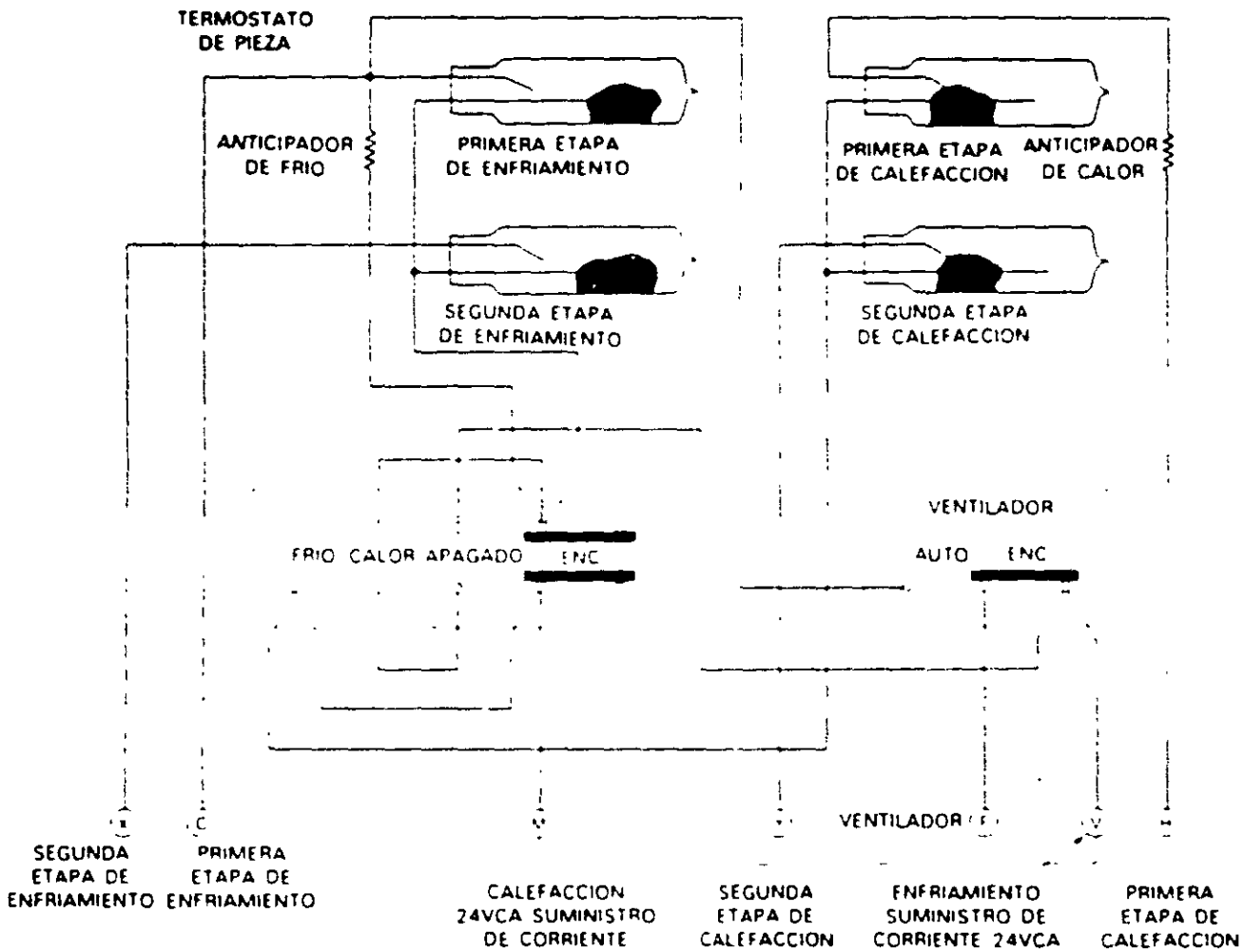


FIGURA A10-8 Alambrado para calefaccion y enfriamiento en dos pasos

tienen la capacidad para energizar los relevadores, válvulas solenoide o contactores que normalmente se encuentran en los equipos de enfriamiento. Estos anticipadores se seleccionan en fábrica y no deben cambiarse.

===== A10 6  
**HUMIDOSTATOS**

Otro controlador muy popular encontrado en instalaciones residenciales para confort total, es el humidostato de pared (figura A10-10). Es muy similar a los termostatos de bajo voltaje. El elemento sensor consiste en una banda de nylon extremadamente fina y muy sensible a la humedad o también en un grupo de cabellos humanos que reaccionan a los cambios de humedad. El movimiento del elemento sensor es suficiente para cerrar o abrir los contactos eléctricos, proporcionando una medida de un interruptor de flujo de corriente en los humidostatos para mantener la humedad.

El humidostato de pared controla el flujo de aire del sistema de calefacción y enfriamiento durante todo el año. En el momento de los cambios, se contraen y cierran los

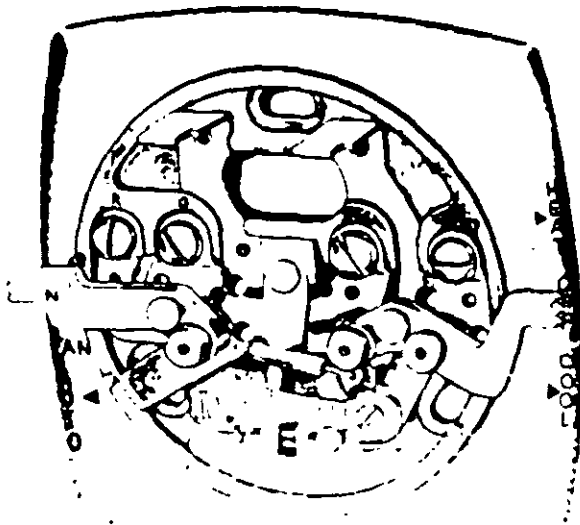


FIGURA A10-10 Humidostato de pared

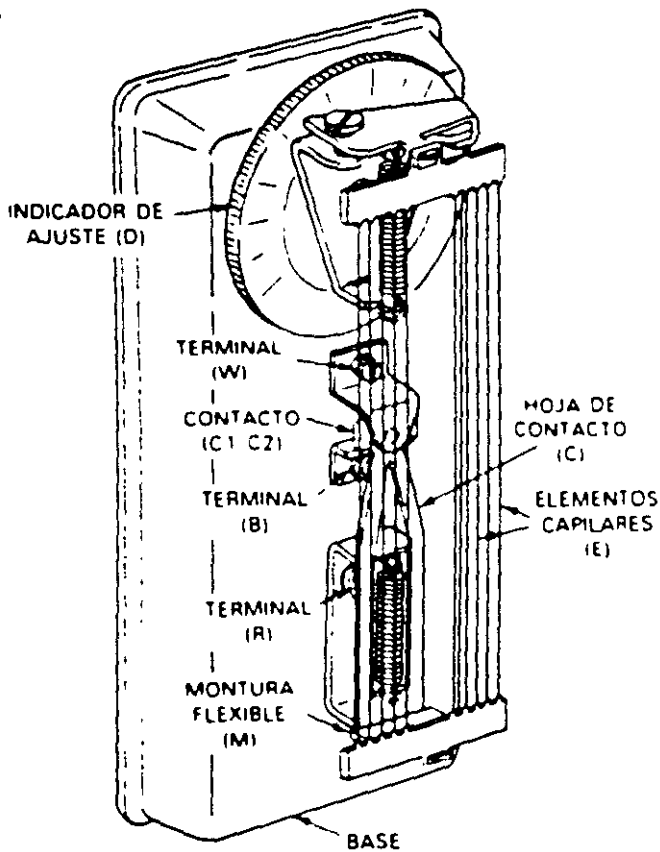


FIGURA A10-10 Detalle de construcción de un humidostato de pared de tres cables

contactos del humidificador. En el verano el humidostato se dilata como consecuencia del aumento de la humedad relativa cerrando los contactos del deshumidificador (unidad enfriadora). Un interruptor de cambio selecciona la correcta operación según sea invierno o verano.

El humidostato no es un controlador tan preciso como lo es el termostato estándar de bajo voltaje. Normalmente, se requiere un cambio del 5% en la humedad relativa para

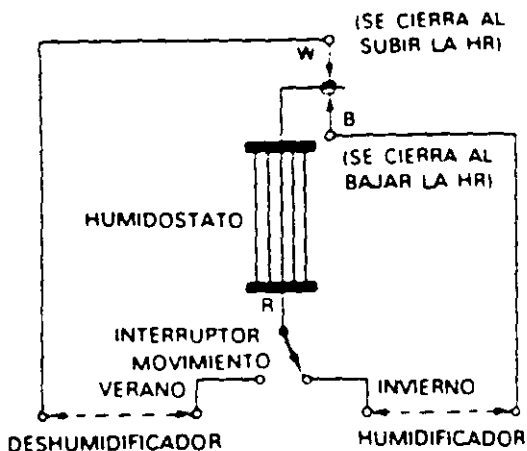


FIGURA A10-11 Diagrama básico del cableado para el control de la humedad todo el año

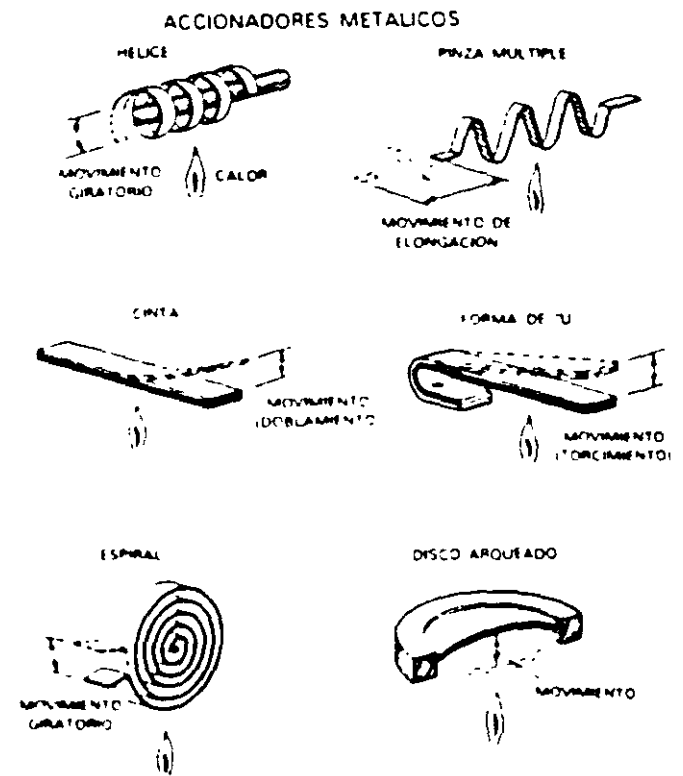


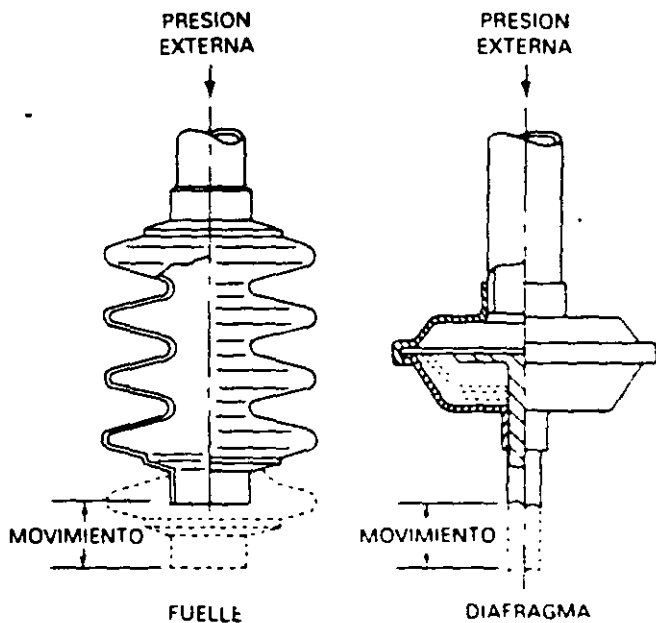
FIGURA A10-12 Configuraciones de bimetales comúnmente usados en termostatos controladores de aire caliente y algunos controles para inmersión en agua

accionar el interruptor. De todos modos esto está dentro de los límites aceptables, ya que la gente no puede detectar, ni de por sí reacciona, a los cambios en humedad relativa con la misma sensibilidad con que reacciona a cambios en la temperatura del ambiente. El lector debe darse cuenta, sin embargo, que se pueden conseguir controles más precisos para aplicaciones especializadas, como en el caso de salas para computadores, bibliotecas, plantas de impresión, etc., donde se usan controladores como los termostatos de *bulbo húmedo* y de *punto de rocío*.

## A10 7 APARATOS SENSORES

Antes de proceder al estudio de otros controles, examinaremos otros tipos de elementos sensores que reaccionan a los cambios en temperatura y presión. Los controladores de temperatura bimetales están disponibles en varias formas como se ilustra en la figura A10-12. Hay actuadores metálicos que producen movimientos envolventes, dilataciones, pandeos, desviaciones o acciones de corte instantáneo, cuando se exponen al calor. El movimiento mecánico es relativamente grande aún con pequeños cambios de temperatura.

Los fuelles y diafragmas (figura A10-13), reaccionan a los cambios de presión. Debido a su gran volumen interior un fuelle producirá un movimiento mecánico mayor, pero

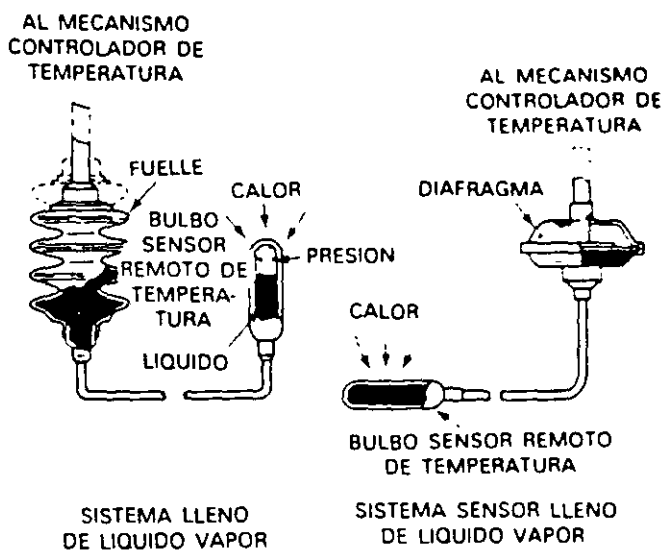


**FIGURA A10-13** Los fuelles y diafragmas reaccionan a los cambios de presión y son frecuentemente usados en controladores de presión

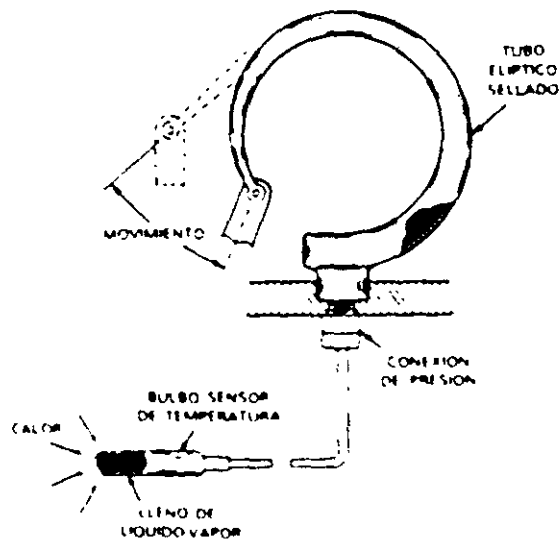
el diafragma es más exacto, la selección dependerá de la cantidad de movimiento o de la sensibilidad necesaria, como también de las presiones de trabajo que deben ser soportadas.

Los fuelles y diafragmas se pueden adaptar también para el control de temperatura, por medio de la adición de un elemento sensor remoto consistente en un bulbo (figura A10-14) lleno con un vapor, o con mezclas de vapor y

**ACCIONADORES DE FUELLE/DIAFRAGMA**



**FIGURA A10-14** Accionadores de bulbo llenos de líquido o vapor, conectados a fuelles o diafragmas, permiten que estos sean usados para detectar temperatura además de presión



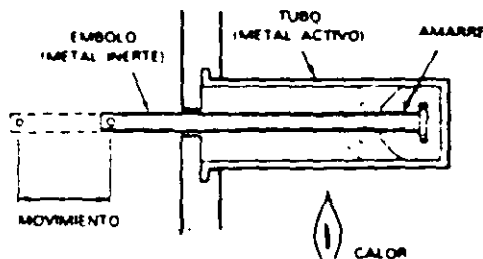
**FIGURA A10-15** El tubo de Bourdon usa el movimiento en momentos de presión y aquí como sensor de temperatura para un termostato de inmersión

líquido o sólido y líquido. El calor hará que la sustancia que llena el bulbo se expanda contra el fuelle o diafragma, creando así un movimiento mecánico.

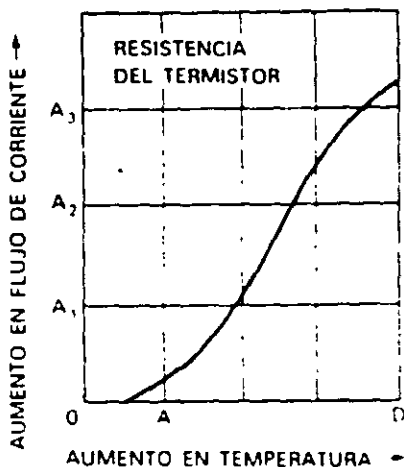
El tubo de Bourdon (figura A10-15), es otro elemento sensor que reacciona a los cambios de presión. Consiste en un tubo elíptico que está sellado y conectado a un transductor. A medida que se aplica presión a través de la conexión, el tubo tiende a enderezarse, creando así un movimiento mecánico. La presión se puede deber a un refrigerante, agua, aceite, vapor de agua o a cualquier otro fluido que pueda ser comprimido. El tubo de Bourdon también puede adaptarse para detectar temperatura usándolo en conjunto con un bulbo con líquido o vapor. La principal aplicación del tubo de Bourdon está en los manómetros.

El elemento sensor de émbolo y tubo se construye colocando un émbolo hecho con un metal inerte dentro de un tubo de algún metal activo (figura A10-16). Puesto que el émbolo está anclado al extremo interior del tubo, un cambio de temperatura producirá un movimiento de empuje o tiro del tubo sobre el émbolo obligándolo así a abrir o cerrar un interruptor.

Los elementos diseñados para variar su resistencia eléctrica cuando están expuestos a cambios en temperatura



**FIGURA A10-16** Sensor de émbolo y tubo usado en algunos controles

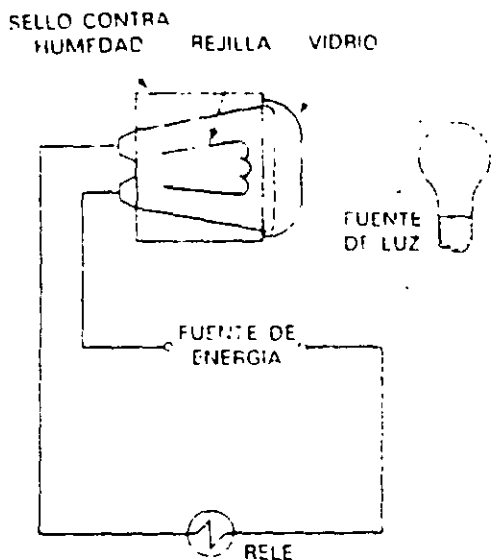


**FIGURA A10-17** La resistencia de un termistor cambia con su temperatura. (Disminuye a medida que la temperatura aumenta.) Así pues el flujo de corriente en un circuito aumentará con un incremento de temperatura.

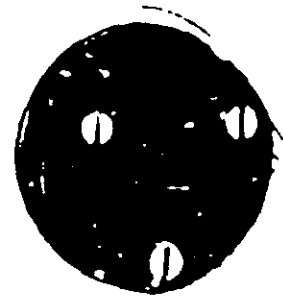
o intensidad de luz, son usados también como elementos sensores. Ejemplos típicos, son los termistores y las celdas fotoeléctricas. Un termistor es un aparato eléctrico que aumentará su resistencia al paso de la corriente eléctrica a medida que su temperatura disminuya (figura A10-17). Estos cambios en el flujo de la corriente pueden ser usados para activar o desactivar un control remoto para varios usos.

Las celdas de sulfuro de cadmio (celdas CdS figura A10-18), o celdas de fotoresistencia son resistencias que accionan a los cambios en la intensidad de luz, oponiéndose fuertemente al paso de la corriente cuando están en completa oscuridad. Cuando están expuestas a la luz, su resistencia disminuye proporcionalmente a la intensidad del foco.

Algunos de los controles más comunes que usan los elementos sensores que acabamos de estudiar son discuti-



**FIGURA A10-18** Celda CdS



**FIGURA A10-19** Disco bimetálico de corte de límite alto usado en la protección de motores.

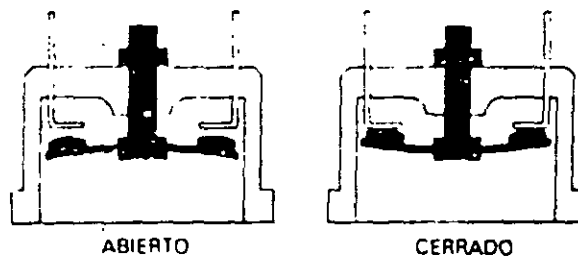
dos en la sección sobre equipos residenciales y comerciales pequeños.

En el área de seguridad se usa ampliamente el control térmico de corte de límite alto (figura A10-19). Este control usa un disco bimetálico de acción instantánea para abrir un circuito eléctrico. Estos controles son comunes en los calentadores eléctricos de espacio y de ducto, hornos eléctricos, bombas de calor y cualquier otra aplicación donde un control pequeño, del tamaño de una moneda, pueda ser instalado y expuesto a fuentes de calor.

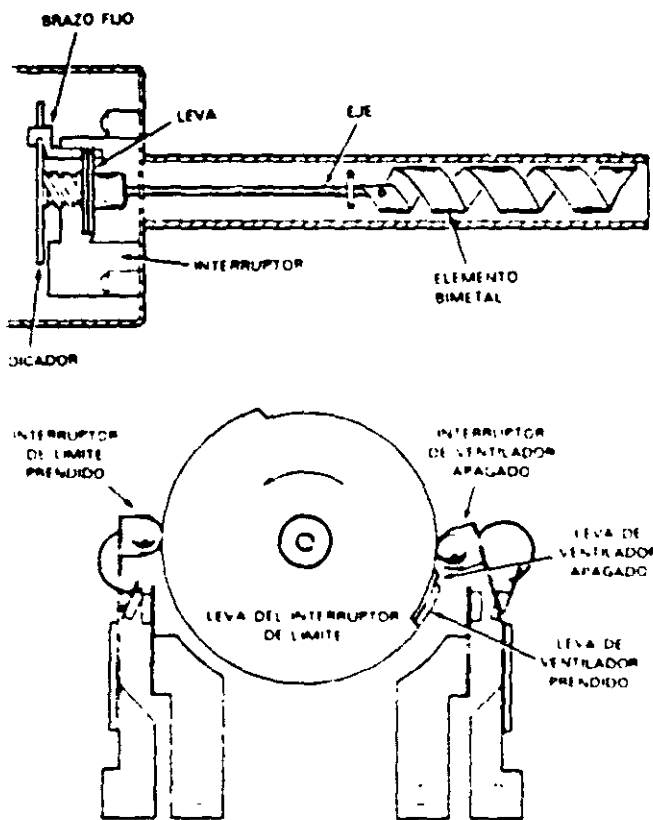
El protector usado en compresores herméticos, es un excelente ejemplo de la acción bimetálica. El bimetálico de sobrecarga (figura A10-20) es un aparato sensor de corriente y de calor que consiste en un contacto bimetálico en serie con el circuito de control de la bobina del contactor del motor. En cualquier momento que el motor del compresor se sobrecaliente, sobrecargue o atasque, el alto flujo de corriente permanente a través del térmico, deforma el contacto bimetálico hasta obligarlo a abrir el circuito de bajo voltaje de la bobina del contactor del motor y para el flujo de corriente al compresor.

Otra forma de corte de límite alto, previamente vista en el repaso de calentadores eléctricos, es el control lineal que tiene un tubo sellado lleno de una combinación de vapor y líquido y que se extiende a todo lo largo del calentador. Si el calentador eléctrico es bloqueado por una cortina, por ejemplo, el control de seguridad abre el circuito.

Un tipo de combinación de control de ventilador y de límite para un calentador de aire típico, de gas o aceite (figura A10-21), usa la energía creada por el movimiento



**FIGURA A10-20** Térmico para sobrecarga de disco de tipo externo (se instala sobre la carcasa). Algunos diseños caben dentro del embobinado del motor.



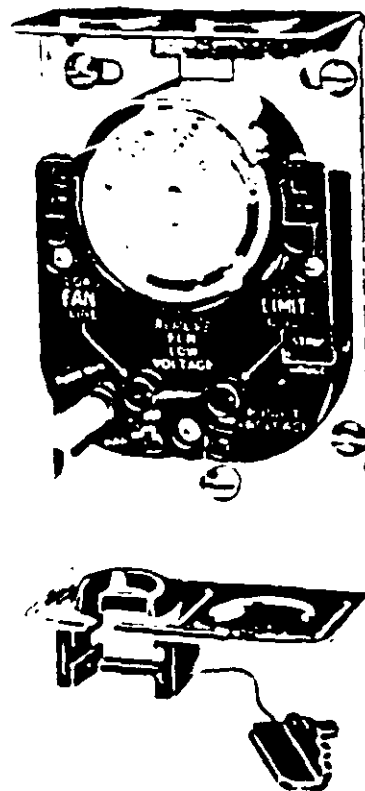
**FIGURA A10-21** Detalle de un controlador de control de ventilador y de límite. Muestra cómo el movimiento del helix al calentarse mueve la leva para activar el ventilador y el interruptor de límite, si el usuario desea una demora de desconexión de las resistencias eléctricas, pero de otra forma simplemente el ventilador se detiene en cuanto se detecta un aumento de temperatura en el agua.

rotatorio de un helix bimetalico. La leva giratoria abre o cierra los contactos eléctricos de límite del ventilador.

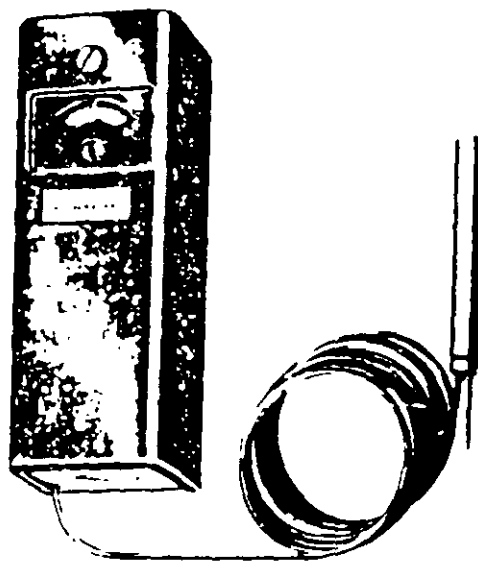
La combinación de ventilador e interruptor limitador de la figura A10-22 tiene doble función. Como limitador de seguridad, algunos tienen puntos fijos de límite de temperatura, otros son ajustables. Los límites normales son de 150 °F (70°C) a 200 °F (93°C). Esto permite un aumento de 50 °F (15°C) a 33°C la temperatura normal para que se abra.

El interruptor de control del ventilador también es sensible a la temperatura y se ajusta para encender el ventilador después que el calefactor se haya calentado cuando menos de 10 °F (5°C) a 8°C) sobre el ambiente del recinto, por que no se sientan corrientes frías. También para el soplador de más de 400 cfm el quemador, y por lo tanto tampoco hay corrientes incómodas. *Nota:* También debemos recordar que en algunos sistemas el ventilador trabaja continuamente y con ello secan este interruptor. La circulación constante de aire (CCA) se describe en capítulos posteriores.

Otros modelos usan bimetalicos en espiral o planos y mas aun, elementos llenos de líquido. Algunas clases de controles de límite, para instalación en ductos, usan un embolo y tubo o un bulbo con líquido para sensar las condiciones del aire.



**FIGURA A10-22** Controlador de inmersión (Honeywell, Inc.)



**FIGURA A10-23** Control de temperatura de bulbo remoto (Honeywell, Inc.)

Un control muy común en calefacción hidrónica es el controlador de inmersión el cual usa un bulbo con líquido que opera un interruptor de acción instantánea (figura A10-23). Los controles de inmersión se insertan directamente dentro de la caldera, para detectar la temperatura del agua

TERMISTOR DENTRO  
DEL EXBOBINADO

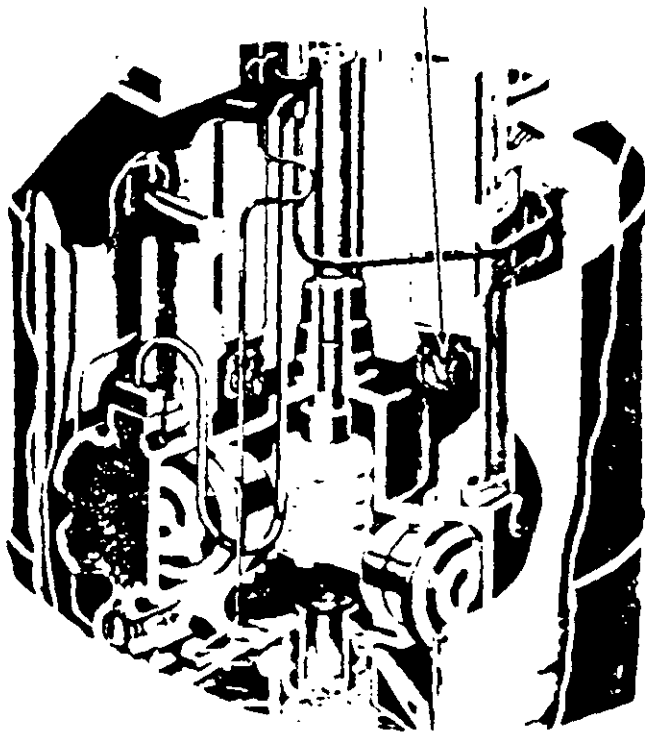


FIGURA A10-24 Termistor como aparato sensor

y pueden ser usados como controles de corte de límite alto o como controles de límite bajo y de bomba de circulación.

El mejor ejemplo de un termistor como aparato sensor, está en el control de corte de alta temperatura usado en compresores herméticos (figura A10-24). El termistor que no es mucho más grande que una aspirina, está embebido profundamente en el embobinado del compresor. Al detectar un sobrecalentamiento obligará al transductor a parar el compresor hasta que se haya restaurado una temperatura normal.

El uso del principio de operación de una celda de cadmio, se explicó cuando hablamos de los quemadores de aceite. La celda de cadmio reacciona a la presencia o ausencia de luz, producida por la llama y detendrá la operación del quemador, si el encendido falla antes de que el aceite sin quemar inunde la cámara de combustión.

Los controles de alta y baja presión para regular la operación del sistema y del compresor (figura A10-25), utilizan un diafragma para detectar la presión del refrigerante y reaccionar según sea el caso, a través de un mecanismo interruptor para detener la operación si existen condiciones anormales. Los controles de corte de alta presión generalmente pueden ser reconectados manualmente para que el sistema pueda ser operado de nuevo. Esto previene contra casos de paradas y arranques seguidos, que pueden causar sobrecalentamiento del compresor y posibles daños.

Los controles de presión pueden también ser usados en compresores grandes, para detectar el aumento de la presión

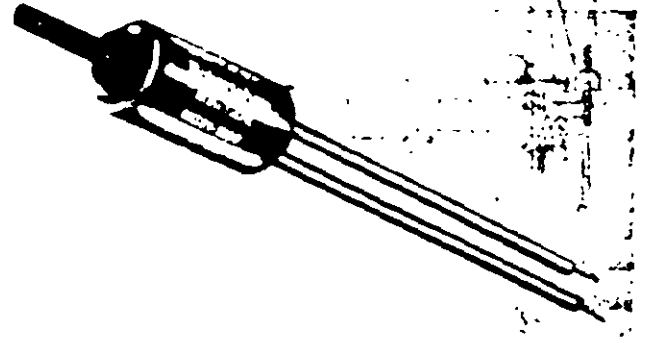


FIGURA A10-25 Interruptor de alta o baja presión.



FIGURA A10-26 Interruptor para presión de aire con diafragma

del aceite. Estos controles están equipados con un mecanismo retardador (generalmente de un minuto o menos) y si no levanta una presión normal dentro de este periodo, el controlador parará el compresor antes de que pueda ocurrir algún daño por falta de lubricación. Este control también puede conectarse a un indicador de alarma.

El interruptor para presión de aire del tipo de diafragma (figura A10-26), se usa en las bombas de calor para arrancar y parar el ciclo de descongelamiento, como fue visto anteriormente. En este caso, se usa para medir la diferencia de presión a través del serpentín instalado en el exterior. Estos aparatos pueden también ser usados para medir una presión positiva en los ductos de aire de un sistema central por ejemplo y energizar el circuito de una alarma cuando detecte un cambio en la presión de aire.

Los reguladores de presión estática (aparatos con diafragma) son también controladores para aire usados en sistemas grandes para medir la presión estática y mantenerla constante en el sistema, a través de las señales enviadas a un circuito eléctrico que controla el motor del damper del aire, como se ilustra en la figura A10-27. Un regulador de presión estática también puede ser conectado a un control que regula la posición de los álabes de las entradas de aire del ventilador central, para así mantener un rendimiento constante del ventilador.

Una forma diferente de elemento sensor, no descrita previamente pero con frecuencia usada en instalaciones residenciales y comerciales pequeñas, es el interruptor de vela (figura A10-28). Como su nombre lo indica este control detecta el movimiento del aire por medio de una vela o paleta conectada a un brazo; el brazo a su vez está conectado a un interruptor eléctrico. La ilustración es de una combinación de humidóstato e interruptor de vela para instalación

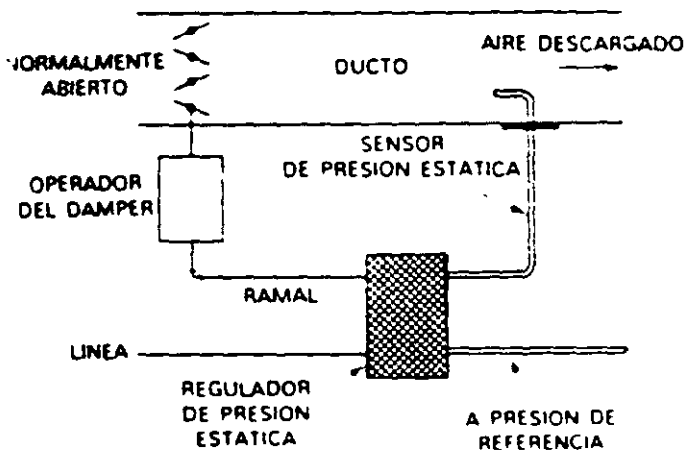


FIGURA A10-27 Regulador de presión estática

dentro del ducto. El humidostato se instala en el ducto de retorno de un sistema de aire forzado. La función del interruptor de vela es entonces la de desconectar el humidificador cuando el flujo de aire cesa. Los interruptores de vela son usados también como dispositivos de seguridad para detectar el flujo de aire o la ausencia del mismo y así suspender la calefacción y el enfriamiento antes de que se produzca un daño en el sistema.

La mayoría de los controladores vistos hasta aquí son del tipo de dos posiciones, esto significa que ellos están CONECTADOS o DESCONECTADOS, ABIERTOS o CERRADOS, o como se quiera describir su operación. Pero aún dentro del campo de las instalaciones comerciales pe-

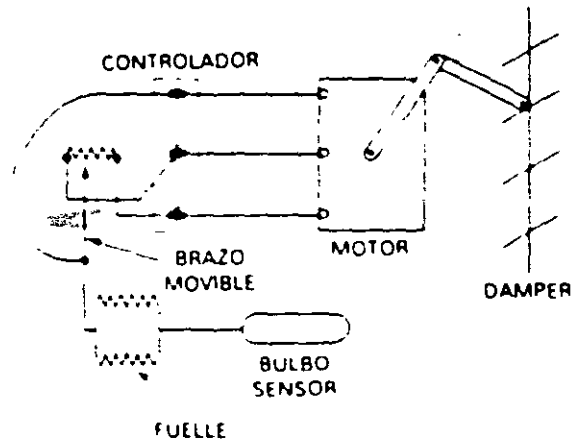


FIGURA A10-29 Potenciometro

queñas y residenciales, existe la necesidad de controles modulantes para controlar una operación en algún punto entre completamente abierto o cerrado o entre ENCENDIDO o APAGADO. El controlador proporcional hace esto justamente. La acción proporcional o modulante se obtiene usando un potenciometro para cambiar la posición del aparato controlado, proporcionalmente a una variación de temperatura (podría ser también una variación de presión o flujo), detectada por el elemento sensor. Un potenciometro (figura A10-29), no es más que un resistor variable de tres cables que trabaja con un brazo conectado a un sensor. El brazo movible constituye el tercer cable de conexión. A medida que el brazo se desplaza a todo lo largo de su recorrido (rango de control), el flujo de corriente cambia proporcionalmente a la resistencia. El flujo de corriente va a un relé que acciona el motor de un damper, válvula, etc., para obtener el cambio requerido de temperatura en el espacio acondicionado.

## A10 8 OPERADORES

Los operadores y elementos de control final, como se mencionó al principio de este capítulo, son los que reciben la señal del controlador. Se puede pensar que el operador es el responsable de una acción secundaria que origina una última reacción en el elemento de control final.

El relé eléctrico (figura A10-30), es el mejor ejemplo de un operador. Su función consiste en tomar una señal de bajo voltaje del controlador y a través de una bobina magnética, cerrar un juego de contactos en un circuito de alto voltaje, los cuales a su vez arrancarán un ventilador o un compresor, o tal vez solamente permitirán el flujo de un alto voltaje a otro circuito de control. La bobina que crea el campo magnético está instalada alrededor del núcleo. La armadura se mueve en respuesta a la energización de la bobina para abrir o cerrar los contactos eléctricos. Los resortes son usados para retornar la armadura a la posición original desenergizada.

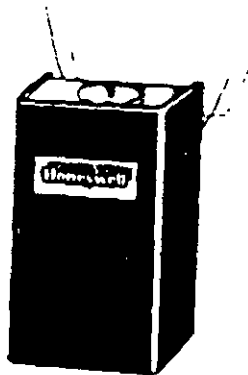


FIGURA A10-28 Interruptor de vela (Cortesía de Honeywell, Inc.)



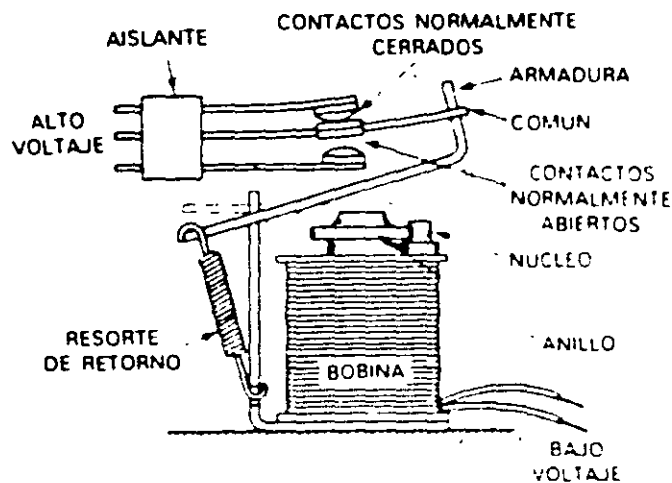


FIGURA A10-30 Detalle de un relevador (relé)

Los relés son usados para controlar cargas eléctricas de menos de 20 A tales como las de motores pequeños, válvulas, transformadores y pequeños compresores. Un *contactor* es un relé de trabajo pesado diseñado para manejar cargas de más de 20 A y en la mayoría de los casos se usa con compresores y motores de bombas. El consumo eléctrico de las bobinas de los contactores y relés comúnmente usados, es bajo, por consiguiente, los transformadores de bajo voltaje pueden instalarse para suministrar suficiente potencia para operar estos dispositivos. (NOTA: Un *arrancador* es una clase de contactor o relé que tiene un protector de sobrecarga incorporado.)

Para completar la historia del relé, es importante mencionar brevemente un segundo tipo de relé eléctrico que está siendo usado desde hace poco tiempo relativamente y es el llamado relé térmico, el cual usa un calentador de resistencia y un bimetálico en vez de la bobina magnética y del interruptor. Cuando el circuito de bajo voltaje es energizado, por medio de la acción del termostato, el calentador de bajo voltaje calienta el bimetálico, el cual se curva y cierra un interruptor del lado de alto voltaje. La principal ventaja de este relé en su acción silenciosa, por consiguiente se adapta bien a las necesidades de control en instalaciones de tipo residencial de baja capacidad.

Los relés sellados de conexión rápida han sido usados extensamente en instalaciones comerciales y están ganando aceptación en instalaciones residenciales ya que simplifican la adición de controles de humedad y del filtrado de aire electrónico. Se parecen mucho a un tubo de radio cuadrado y se conectan a un panel de control fácilmente. Puesto que los contactos eléctricos no están expuestos al polvo y a la suciedad la conformidad del dispositivo aumenta considerablemente. También el hecho de poder conectarlos con solo presionarlos contra los terminales de un tablero, permite su rápido cambio en caso de cualquier falla.

Otra clase de operador la constituye un motor (figura A10-31), que responde a las señales de un controlador para operar mecánicamente un damper, válvula, controlador de pasos, etc., que produce una acción final. El brazo articulado se conecta al aparato de control final por medio de

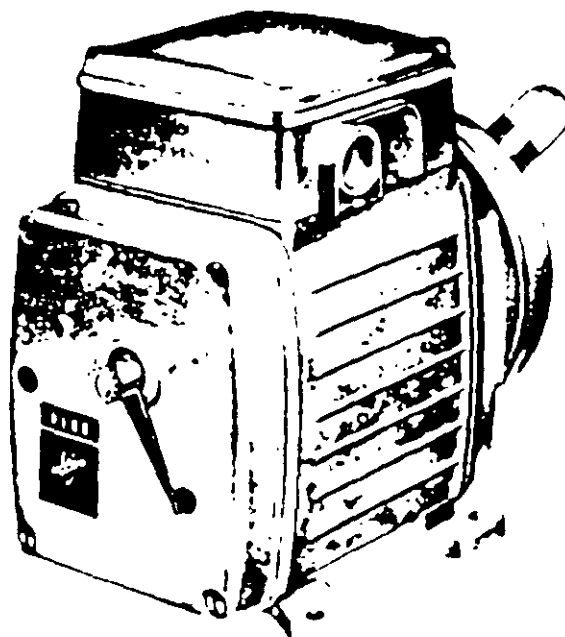


FIGURA A10-31 Motor para damper (cortesia de Honeywell Inc.)

varillas de conexión. Estos motores se fabrican para trabajos que requieren control de dos posiciones y pueden desplazarse en arcos de 160° a 180° de tope a tope. También los hay que responden a un controlador modulante y operan en todas las posiciones intermedias para mantener la temperatura, presión etc., controlada en el punto fijado. Los motores varían en velocidad de rotación desde 15 segundos hasta 4 o 5 minutos para ir de tope a tope, dependiendo de la aplicación para la cual han sido fabricados. También pueden ser clasificados de acuerdo al torque que su brazo puede ejercer (en pulgadas-libra) o al tamaño del damper que puede mover (en pies cuadrados).

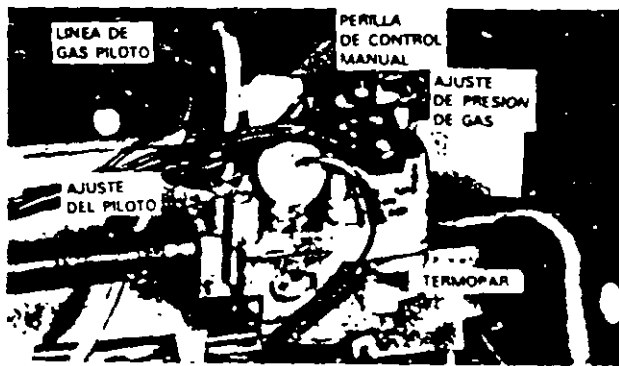
Algunos modelos disponen de un resorte de retorno a la posición inicial para el caso de una falla en el suministro eléctrico. Los interruptores auxiliares pueden incluirse para efectuar gran variedad de operaciones de control automáticas en equipos secundarios.

Los operadores finales del ejemplo que presentamos al principio del capítulo son el contactor de la unidad de condensación del aire acondicionado, el relevador de conmutación del soplador y el control de combustible.

El tema de los relevadores y contactores se describió en el capítulo R18. Se sugiere al lector que repase ese capítulo como antecedente para el material del presente capítulo y los siguientes.

## **A10 9** **CONTROLES DE COMBUSTIBLE O** **ENERGÍA**

Los controles de combustible (gas o petróleo) y los de energía (secuencias eléctricas) son los operadores finales.



**FIGURA A10-32** Valvula de combinacion de gas

Cada uno está diseñado para controlar una fuente determinada de energía para dar los resultados seguros y deseados que demanda el control maestro: el termostato

==== A10-10  
 ===== **CONTROLES DE GAS**

Antes, el suministro de gas combustible a una unidad de calefacción lo hacía una combinación de controles que constaba de un regulador de presión de gas y una válvula solenoide. Para cumplir con las minuciosas demandas de la American Gas Association y tener una ignición correcta, se

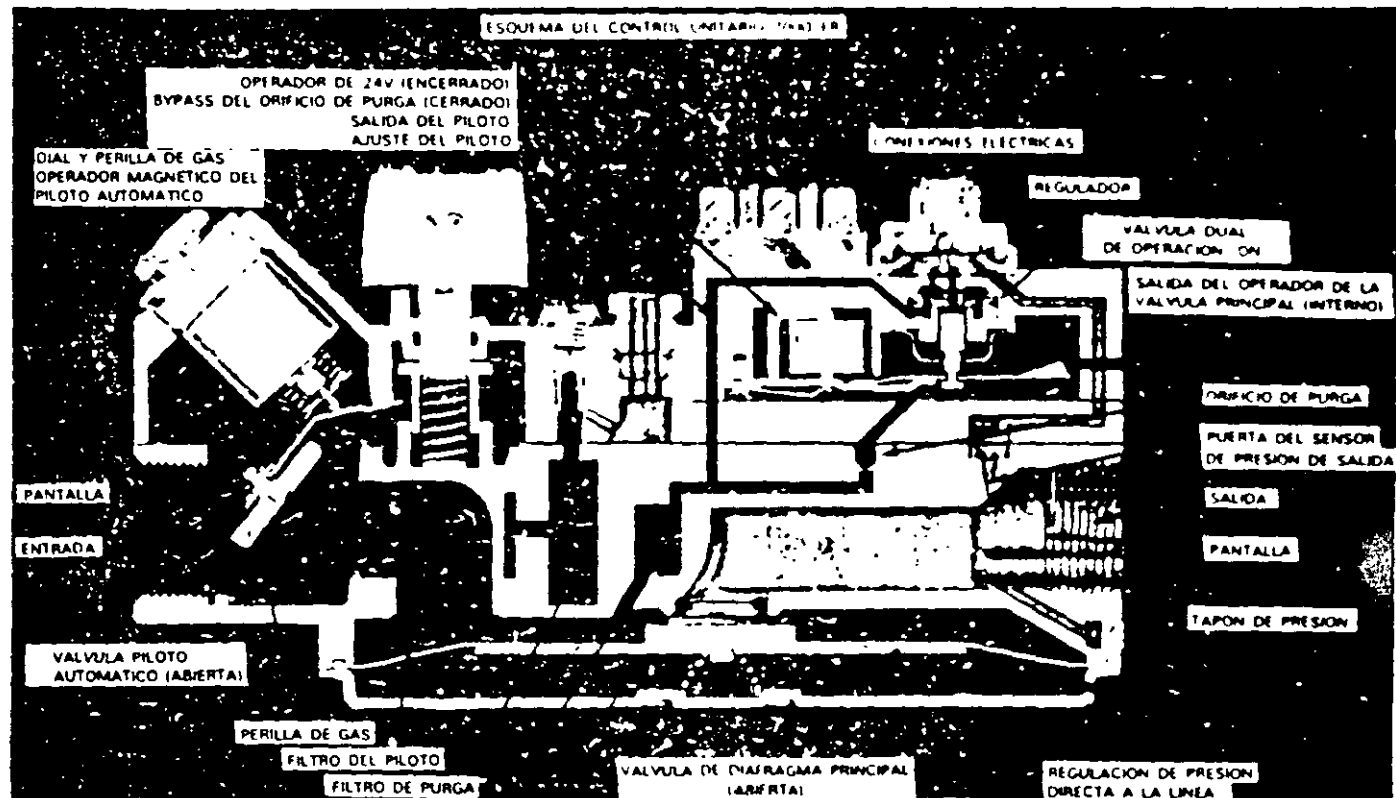
combinaron esos controles en un solo conjunto de válvula (figura A10-32).

Son distintas las válvulas de los diversos fabricantes, pero todas ellas llenan en esencia las mismas funciones

1. Control manual para ignición y funcionamiento normal
2. Suministro piloto, ajuste y cierre de seguridad
3. Regulación de presión del gas de alimentación al quemador
4. Válvula eléctrica abierta o cerrada, de solenoide, controlada por el termostato de recinto

La figura A10-33, muestra un esquema de una válvula básica que realiza estas funciones. El dibujo esquemático de la válvula muestra la válvula del diafragma principal en la condición abierta que se presenta durante la demanda de calor. Se asume que el diafragma principal da paso de gas a un aparato de calefacción que tiene una llama piloto y que un termopar se conecta al operador magnético del piloto automático y que la operación de encendido fue realizada previamente para abrir la válvula piloto automática

También se asume que la válvula principal de gas está en la posición ON después de que el piloto ha sido encendido. En la aplicación, el circuito del transformador de 24 V incluye el operador de 24 V y el termostato del cuarto en serie. Con el cierre del termostato del cuarto se produce la demanda de calor y se energiza el operador de 24 V, lo cual



**FIGURA A10-33** Válvula de combinacion de gas, posición cerrada

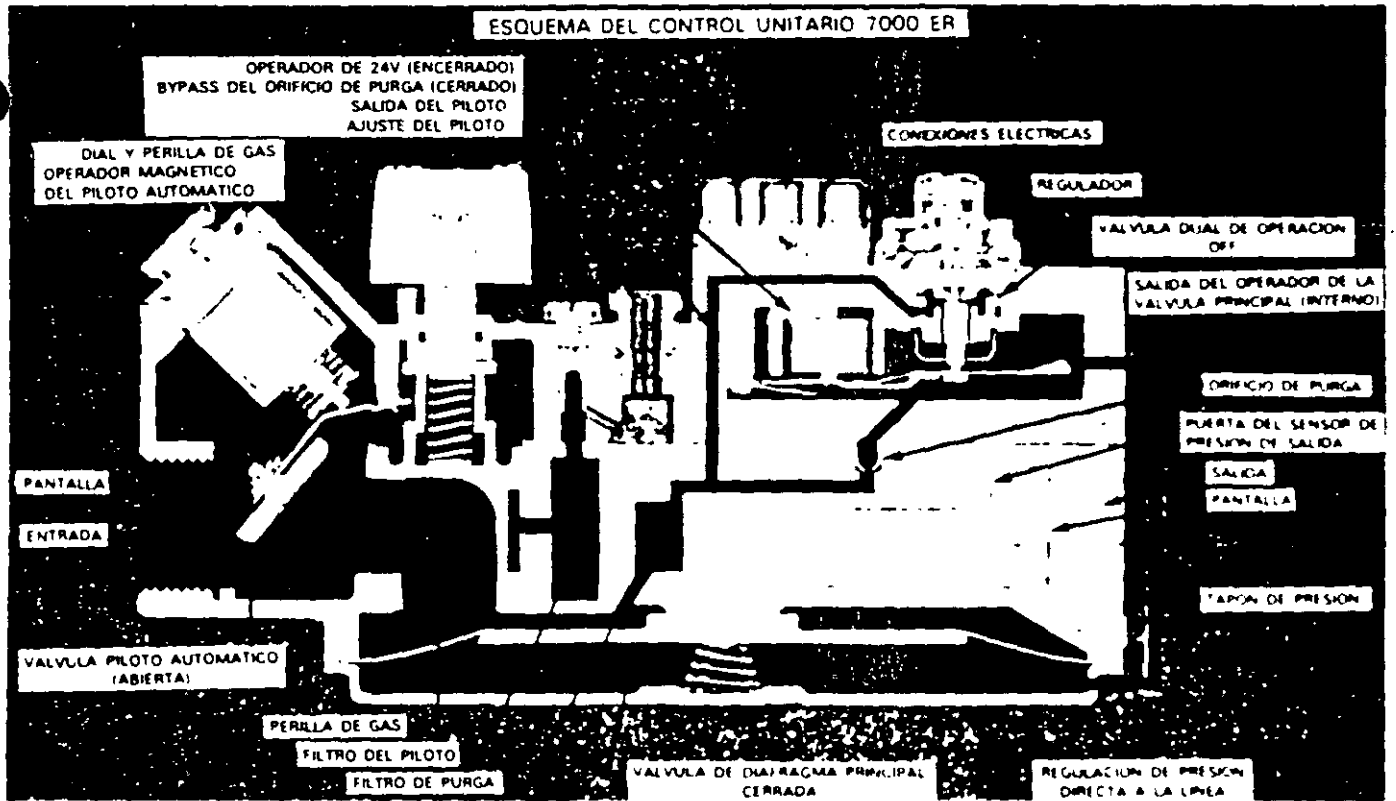


FIGURA A10-34 Válvula de combinación de gas - posición abierta

hace que la armadura sea atraída al polo del magneto, produciendo una rotación en sentido horario de la armadura, como se indica con las flechas en el extremo de la misma. Esta rotación vence el resorte de la válvula y empuja el vástago de la válvula del operador dual hacia abajo, permitiendo que el diafragma sobre él se coloque sobre el asiento de la válvula que circula el vástago de la misma. El asiento de este diafragma cierra la puerta del by-pass. Gas de purga puede entrar a la cavidad del actuador solamente a través del orificio de purga. El gas de purga se permite fluir desde la cavidad del actuador a través del operador dual y el regulador a la salida mediante un sensor de presión. (El vástago de la válvula tiene una sección cuadrada en una guía circular, que permite que el gas pase entre el vástago y la guía.) La caída de presión resultante dentro de la cavidad del actuador y a través del operador de la válvula principal bajo el diafragma principal permite que la presión de entrada sobre este diafragma abra la válvula de diafragma contra la fuerza del resorte de la válvula del diafragma principal.

Después de abrir, como se muestra en la figura A10-33 (válvula de diafragma principal abierta), una regulación de presión de *línea directa* se consigue mediante la retroalimentación de la presión de salida a través del orificio para sensar la presión hacia el regulador de presión en la línea de purga. Un incremento en presión en la salida del control sobre la presión de referencia produce un cierre proporcional de la válvula reguladora en la línea de purga. El cierre proporcional de la válvula reguladora produce un incremento proporcional en la presión en la línea de purga adelante

del regulador. Este incremento en presión en la cavidad del actuador opera a través de la válvula principal para incrementar la presión debajo del diafragma principal y causa un cierre parcial de la válvula de diafragma principal suficiente para bajar la presión de control de salida hasta la presión de referencia. Bajo una caída en la presión de control de salida, un decrecimiento correspondiente en la presión de la línea de purga transmitido al lado interior del diafragma principal a través de la acción del regulador de presión de la línea de purga produce un incremento proporcional en la apertura de la válvula principal para llevar la presión de salida hacia la presión de referencia.

El esquema del diafragma principal cerrado (figura A10-34) muestra la acción de la válvula de by-pass en el operador de la válvula dual durante una respuesta rápida de "cierre" independiente del orificio de purga. Bajo "satisfacción" de calentamiento se produce la apertura del interruptor del termostato y se desenergiza el operador de 24 V. Una pérdida de la atracción magnética permite que el resorte de retorno sobre el vástago, cerrando la abertura central del diafragma pequeño sobre este y cerrando el gas de purga al regulador de purga y al orificio de salida para el sensor. La rotación antihoraria resultante de la armadura se indica por las flechas en los extremos de la misma. Cuando el diafragma pequeño sobre el vástago de la válvula es forzado hacia arriba, el by-pass del orificio de purga se abre por medio del diafragma dejando el asiento de la válvula circulando el vástago de la misma. La cavidad del actuador, el orificio del operador de la válvula principal y la cavidad bajo el diafragma

ma son rápidamente expuestos a la presión total de entrada, la cual actúa para cerrar la válvula del diafragma principal. El by-pass del orificio de purga permite que la presión sobre y bajo el diafragma medio se igualan rápidamente, independientemente del orificio de purga. Cuando esta presión se iguala, la válvula principal se cierra mediante su resorte.

La válvula del operador dual que provee el by-pass del orificio de purga controla la respuesta rápida de "cierre", esto es un hecho importante ya que ayuda a prevenir condiciones de retroceso de llama. Este retroceso puede causar problemas en el piloto y hollín en el quemador y aparato. El cierre relativamente lento ha sido un problema en aplicaciones de gran capacidad. La válvula del operador dual es un factor importante que ayuda a eliminar este problema de aplicación.

La válvula tiene protección incorporada contra contaminantes en la línea de gas, con el uso de pantallas de entrada y salida altamente eficientes para los pasajes principales de gas, un filtro piloto para la línea piloto y un filtro de purga para la línea de control de purga. Estos medios de autoprotección son altamente efectivos y protegen el control de mal funcionamiento debido a los contaminantes que entran a los pasajes del control. En el caso altamente indeseable de que el orificio de purga se obstruya con la válvula principal en la posición "abierta", a pesar de la protección del filtro de purga, la válvula del operador dual capacitara el control para operar el cierre de la válvula principal de gas cuando reciba la señal del termostato del cuarto o del control límite.

En un horno LP, las válvulas de gas no tienen la función de regulación de presión, pero hay todavía un 100% de cierre del piloto en el caso de una falla del mismo, lo cual es muy importante. El gas de petróleo líquido (LP) es más pesado que el aire y en un periodo prolongado puede recolectarse suficiente gas del piloto constituyéndose un riesgo.

La descripción anterior es de un método de ignición del piloto y control de la válvula de gas que es el más común todavía en equipo residencial. Sin embargo, la industria ha desarrollado aparatos de ignición electrónicos para equipo comercial de techo y se está empezando a ver esta técnica ofrecida en hornos residenciales.

La figura A10-35 es una fotografía de un sistema de ignición electrónico. El gas piloto se alimenta al conjunto y al orificio del quemador. Los electrodos de chispa están posicionados para encender el gas mediante una señal del termostato del cuarto. Con el piloto encendido y quemando, un sensor establece una corriente eléctrica suficiente para energizar un relé que abre la válvula del gas principal cerrando contactos eléctricos normalmente abiertos. Al mismo tiempo, los contactos eléctricos normalmente cerrados del relé en el circuito de la chispa de ignición se abren, terminando la chispa. Tan pronto como el sensor reconoce la llama piloto, el relé se energizará y los contactos normalmente cerrados en el sistema de ignición de la chispa permanecerán abiertos. Hay varios fabricantes de ese tipo de sistemas que usan un sensor para crear el cambio de la fase de ignición a la de operación (abierta la válvula de gas). Es un interruptor de un polo y doble tiro que usa un accionador relleno como el que se ve en la figura A10-14. La

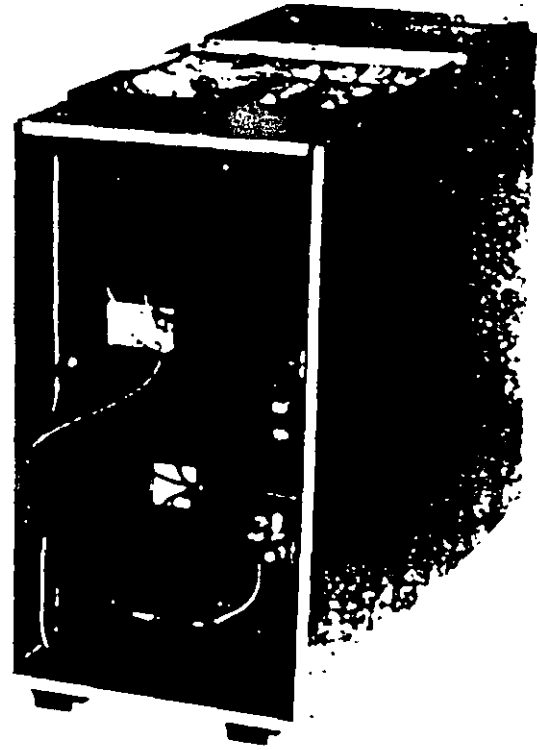
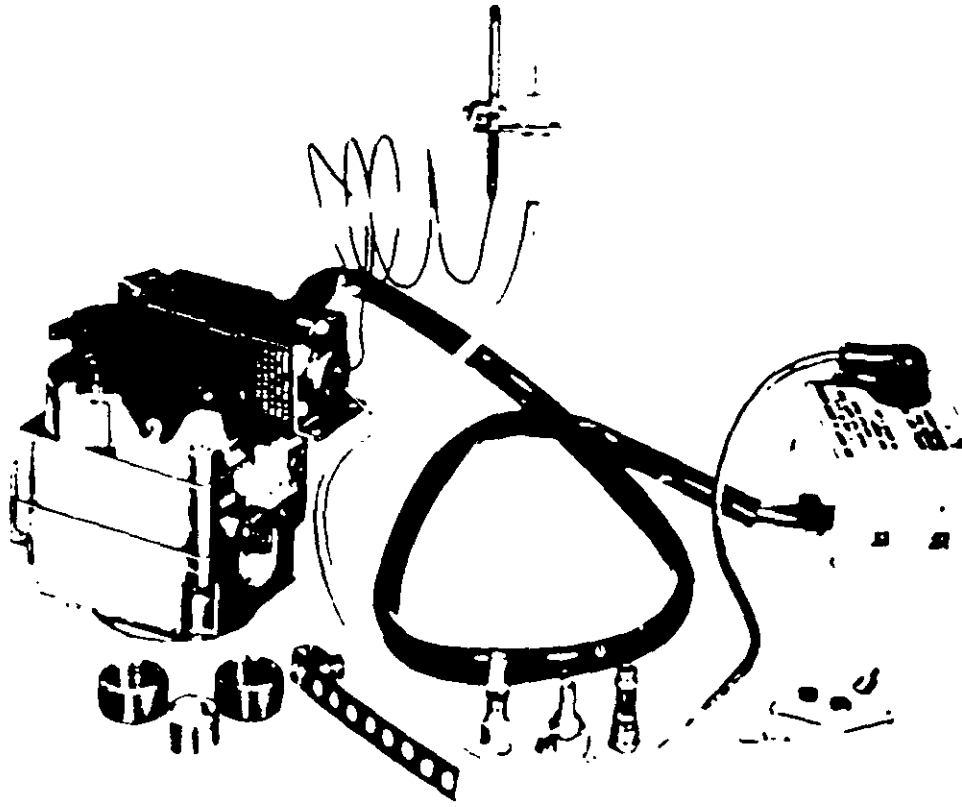


FIGURA A10-35 Sistema de ignición electrónica (Cortesía de Bard Manufacturing Company.)

mayor parte de ellos usa un líquido, como el mercurio, para provocar aumento de presión en el interruptor cuando aumenta la temperatura en el bulbo sensor del conjunto del piloto. La figura A10-36 muestra los componentes que se usan para hacerlo, marca White Rodgers.

Otro tipo de sistema de ignición directa de chispa emplea una varilla sensora de flama, conductora de electricidad, en posición tal que tiene contacto directo con la flama principal del quemador. Como la flama de gas conduce energía eléctrica porque los átomos de carbono del gas se cargan antes de efectuarse la combustión, se puede pasar corriente del quemador a una varilla positiva de carga de flama. Este flujo de corriente controla un circuito en el módulo de control de estado sólido y mantiene energizada la válvula de gas. La figura A10-37 muestra los componentes que se usan para este fin. Cuando lo pide el termostato de recinto, se activan tanto la válvula principal del gas, como el encendedor de chispa. El módulo de control permite un tiempo predeterminado para ignición de flama, y cierra el circuito de seguro y mantiene la operación, si durante el lapso se ha encendido la misma. El periodo puede ser de 4 a 21 segundos, dependiendo del modelo del módulo de control que se emplee. En general, mientras mayor sea la señal a la unidad de gas, menor será el tiempo de espera.

Si no se establece la flama en el quemador principal durante el tiempo predeterminado, el módulo de control cierra y asegura en forma automática. Para restablecer el circuito, se debe desconectar la corriente eléctrica y volverla a conectar, para iniciar otro ciclo. Se emplea restableci-



**FIGURA A10-36** Sistema paquete de ignición por chispa (Cortesía de White Rodgers Division of Emerson electric Company)

miento manual de ese sistema para tener máxima seguridad para el equipo y la zona sensada.

Como este sistema emplea el conjunto de quemador principal como la terminal de tierra del sistema de chispa, *es absolutamente necesario que la unidad quemadora de gas este aterrizada escrupulosamente a la tierra del suministro de corriente.* Se aconseja, y en general es necesario, tender un conductor de tierra (verde) del tablero de distribución de corriente hasta la unidad para tener esa tierra. Como el conductor blanco o neutral es del sistema de suministro de 120/240 V, tiene corriente. No es adecuado como tierra de la unidad

===== A10 11

===== **CONTROLES DE PETROLEO**

Si el sistema de calefacción y aire acondicionado tiene calefacción con petróleo en lugar de con gas, se necesita un cambio de la conexión del termostato. El puente con línea punteada entre las terminales *M* y *V* (figura A10 8) del arreglo de control termostático se quita y el termostato tendría dos circuitos de control separados, uno para entrar entre *V* (corriente al entramiento) y *V* (entramiento de primera etapa) y *V* (entramiento de segunda etapa) y el segundo circuito de control entre *M* (corriente a calefacción)

y *II* (primera etapa de calefacción) y *X* (segunda etapa de calefacción)

Esta separación de los dos sistemas de control es necesaria, porque el control del quemador de petróleo tiene su propia fuente de poder. Por lo tanto, el sistema de control de calefacción debe aislarse del de control de aire acondicionado. *Nunca conecte entre sí dos fuentes de poder separadas en el mismo sistema de control. Se tendrán sobrecargas y se quemaran*

===== A10 12

===== **CONTROLES PRIMARIOS DEL QUEMADOR DE PETROLEO**

El control primario original del quemador de petróleo, llamado *protecto relay* estaba montado en la chimenea. El elemento bimetalico del tubo sensor reaccionaba a una elevación de la temperatura de los gases y hacía que el relevador mantuviera trabajando al quemador de petróleo. La figura A10 38 muestra un ejemplo de ese control, con la cubierta color azul y el elemento sensor, en la chimenea, que sobresale por detrás.

La figura A10 39 muestra el mismo control con la cubierta delantera quitada. En esa figura vemos que el

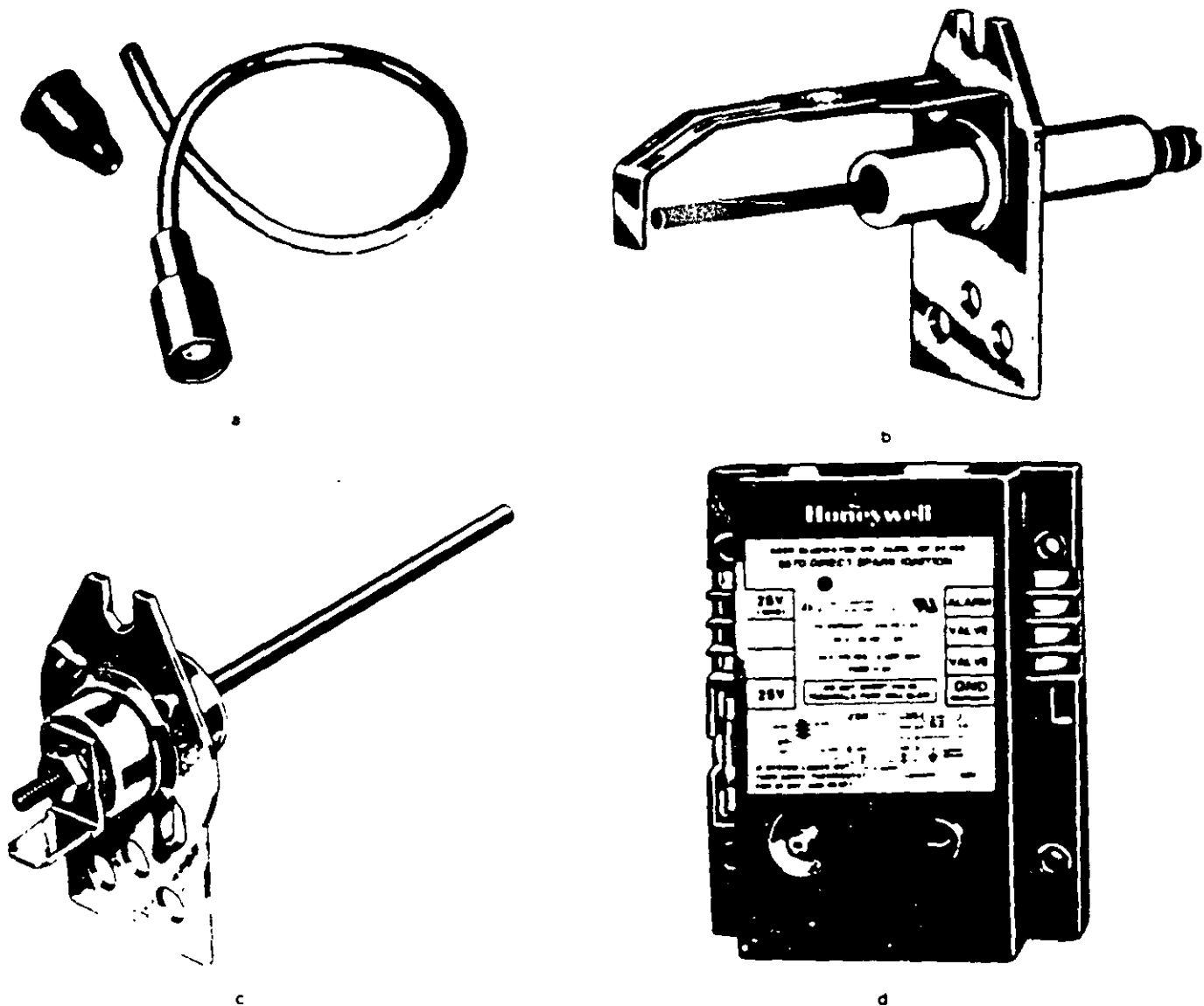


FIGURA A10-37 Juego de ignición por chispa (Cortesía de Honeywell Inc.)

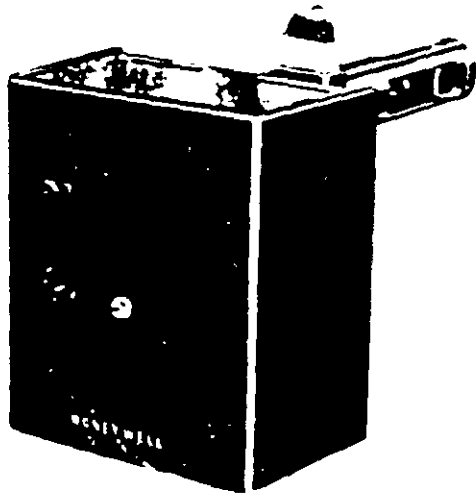
control tiene su propio transformador de fuente de poder al igual que contactos para accionamiento por temperatura, y un interruptor de seguridad de restablecimiento automático. El funcionamiento del control era mediante un embrague deslizante que accionaba contactos de seguridad y de retención. El eje motriz en la parte superior del control daba el movimiento al embrague deslizante cuando lo movía la expansión y contracción del elemento bimetalico. Hay dos relevadores, uno para controlar al transformador de ignición del quemador de petróleo (relevador 1A) y el otro para controlar el motor del quemador (relevador 2A). Las terminales de bajo voltaje del termostato en el lado derecho abajo están separadas por una barrera aislante. La figura A10-37 muestra el arreglo interno de conexiones del control, así como los circuitos del motor del quemador y del transformador de ignición, la fuente de poder de 120V y el circuito del termostato de 24V.

Siguiendo el circuito de control, la acción del ciclo

sería la siguiente: el termostato, al pedir calor, cierra el circuito del transformador a través del interruptor de seguridad, del termostato, de la bobina 1K del relevador, del contacto frío derecho, contacto frío izquierdo, y el calentador del interruptor de seguridad, para llegar al otro lado del transformador.

El relevador 1K acciona al contacto de cierre 1K1, dando corriente al transformador de ignición; 1K2 energiza la bobina 2K del relevador y al contacto de cierre 1K3 al centro o común de los contactos fríos.

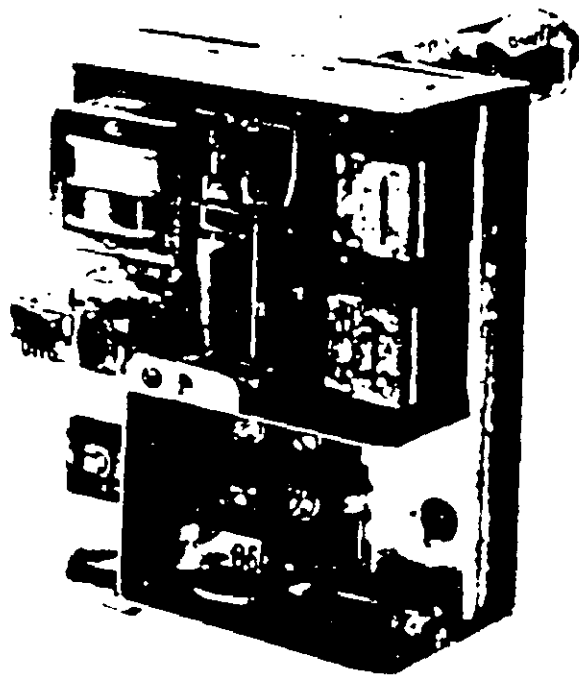
Cuando se energiza la bobina 2K, acciona al contacto de cierre 2K1, que energiza al motor del quemador de petróleo y a la valvula de combustible (si se usa). El contacto 2K2 saca los relevadores del circuito en serie a través del calentador del interruptor de seguridad, reduciendo el calor producido allí. Si no se tuviera esa acción, el interruptor de seguridad cierra en un lapso muy corto, quizá de 3 a 5 segundos. Al quitar la corriente al relevador del circuito



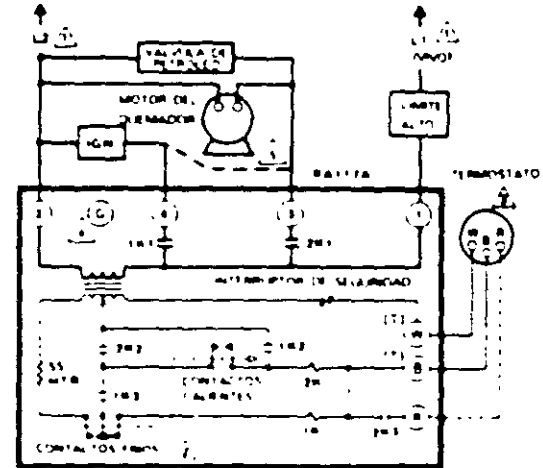
**FIGURA A10-38** Control primario del quemador de petróleo montado en chimenea (Cortesía de Honeywell, Inc.)

del interruptor de seguridad, el tiempo de demora del interruptor aumenta a 60 o 90 segundos.

La ignición del quemador produce gases calientes de combustión que pasan por el cambiador de calor y por la hélice bimetalica del tubo sensor. Este aumento de temperatura impulsa hacia adelante el eje motriz, abriendo el contacto frío izquierdo y sacando del circuito al calentador del interruptor de seguridad. Un aumento mayor de temperatura (el eje motriz empuja hacia adelante) cierra el con-



**FIGURA A10-39** Control primario del quemador de petróleo, montado en chimenea (Cortesía de Honeywell, Inc.)



1. FUENTE DE ENERGÍA COMO TEMPORALIDAD DE LA SECCIONADA Y PARA PROTECCIÓN DE SOBRECARGA, LOS RELEVADORES.
2. LOS CONTACTOS SE ABREN EN SECUENCIA AL AUMENTAR LA TEMPERATURA.
3. PUEDE ESTAR CONTROLADO POR UN TERMOSTATO DE DOS TIEMPOS, TAL COMO SE VE EN LA FIGURA EN EL EXTREMO SUJETO DEL CONECTOR DEL CILINDRO.
4. LA CALZ DE CONTACTO DEBE CONECTARSE A TIERRA ANTES DE USAR EL TERMOSTATO PARA EL AQUECIMIENTO.
5. PARA CAMBIAR EL DISPOSITIVO DE SEGURIDAD, DEBE USARSE EL CONTACTO DE SEGURIDAD CON LA TERMINAL DE IGNICIÓN CON LA TERMINAL 5 DEL BATERÍA.

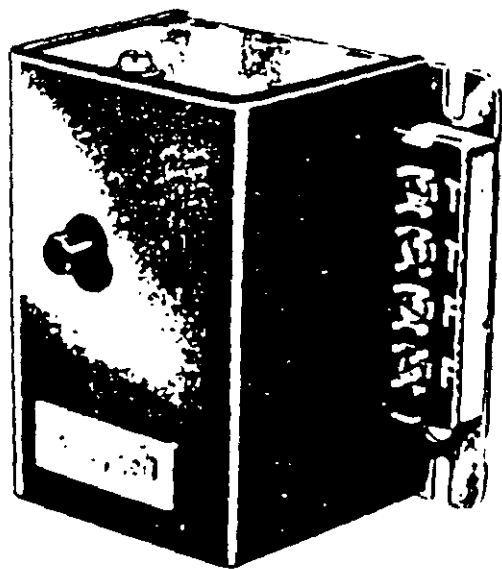
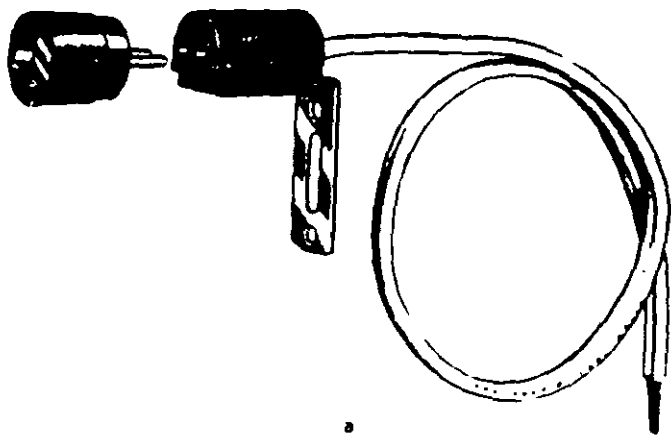
**FIGURA A10-40** Diagrama eléctrico del sistema de control de un quemador de petróleo (Cortesía de Honeywell, Inc.)

tacto caliente, con ello se permite continuar trabajando al motor del quemador y la válvula de petróleo (si se usa) mediante el contacto 1K2 del relevador de paso.

Por último, el eje motriz se mueve hacia adelante lo suficiente como para abrir al contacto frío derecho, sacando al relevador 1K. Con ello se detiene la ignición y se mantiene trabajando al quemador a través de los contactos calientes. Si se apaga la flama o se apaga el quemador por acción del termostato, el contacto caliente se abre de inmediato al bajar la temperatura de los gases en la chimenea. Como el contacto 1K2 está abierto, el motor del quemador no puede trabajar, sino hasta que cierran los contactos fríos, primero el izquierdo para energizar al interruptor de seguridad, y después el derecho para iniciar el ciclo de ignición y quemador de petróleo. Mediante esos circuitos de seguridad no es posible tener un caso en el que se atomice vapor de petróleo en el hogar al rojo blanco, que puede provocar una explosión.

El problema con el *protecto relay* montado en chimenea era el cableado adicional, así como el mayor tiempo, costo, etc., para fabricar el conjunto, o la dependencia que se tenía de que el instalador colocara y cableara bien el dispositivo. Para compensar lo anterior, se desarrolló un relevador tipo detección de flama. La figura A10-41 presenta un *protecto relay* para quemador, con detector de flama de celda de cadmio, en lugar de la hélice bimetalica. Se monta directamente en el tubo del quemador, detrás de la placa de abanico. La celda ve la luz del quemador desde el instante que se establece la flama.

La figura A10-42 muestra el interior del relevador de celda de cadmio. Se usan dos relevadores: el 1K para

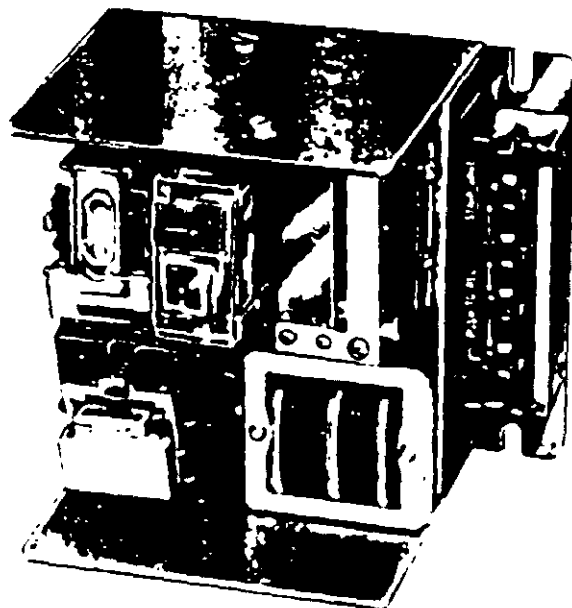


b

**FIGURA A10-41** Celda fotoconductor de cadmio, sensora de flama, y relevador de quemador de petróleo (Cortesía de Honeywell, Inc.)

control del quemador y el transformador de ignición, y el 2K, el relevador sensible controlado por la celda de cadmio. Siguiendo las acciones del circuito en el diagrama de la figura A10-43, cuando el termostato pide calefacción y cierra el contacto entre T y T, la corriente sale del transformador y pasa por el termostato, por la bobina del relevador 1K, el interruptor de seguridad, el contacto 1 del temporizador, el calentador del interruptor de seguridad, y el contacto 2K1 y llega a la otra terminal del transformador. Con ello se tiene un mayor voltaje por la bobina y el calentador del interruptor de seguridad. Si no acciona el relevador 1K, el interruptor de seguridad abre después de unos pocos segundos.

Sin embargo, cuando acciona el relevador 1K, el contacto 1K1 se cierra energizando el motor del quemador, la válvula de petróleo (si se usa) y el transformador de ignición. También, el contacto 1K2 cierra, desviando la corriente del calentador del interruptor de seguridad y reduce el paso de corriente por él y aumenta el tiempo de acciona-



**FIGURA A10-42** Relevador de relé fotoconductor sin cubierta (Cortesía de Honeywell, Inc.)

miento del interruptor. Si no se establece la flama, el calentador continua recibiendo voltaje y calienta al contacto del interruptor de seguridad (SS1) hasta que abre y apaga el sistema. Este interruptor se restablece en forma manual.

Cuando se establece la flama, su luz llega a la celda de cadmio y de inmediato reduce la resistencia de esta. Aumenta la cantidad de corriente que pasa por la bobina 2K del relevador y este acciona. Con ello se abre el contacto 2K1, que desenergiza al calentador del interruptor de seguridad y energiza al calentador del temporizador a través del contacto 1K3, que cierra cuando acciono el relevador 1K. El calentador del temporizador abre entonces al contacto T1, apagando al transformador de ignición y al contacto de sujeción del relevador de la celda. Esta acción continúa durante el tiempo en que se necesita que el quemador esté encendido.

Si ocurriera una falla de flama, la resistencia de la celda de cadmio aumenta, el flujo de corriente por el relevador sensible disminuye, y ese relevador desconecta. Con ello se abre el contacto 2K2, que a su vez abre el circuito al relevador 1K y el quemador se apaga.

El quemador no puede encender hasta que se haya enfriado lo suficiente el calentador del temporizador como para cerrar el contacto T1 de ignición y el T2 del circuito del relevador 1K. Con ello se asegura que la unidad tenga el tiempo suficiente para ventilar el cambiador de calor y el hogar y sacar los vapores no quemados, al igual que asegurar la ignición del siguiente arranque.

Los anteriores son sólo dos de los diversos tipos de controles que se fabrican y se usan en equipo con quemador de petróleo. El técnico de servicio debe recopilar y *conservar* tanta información como sea posible de todos los fabricantes y todos los modelos.



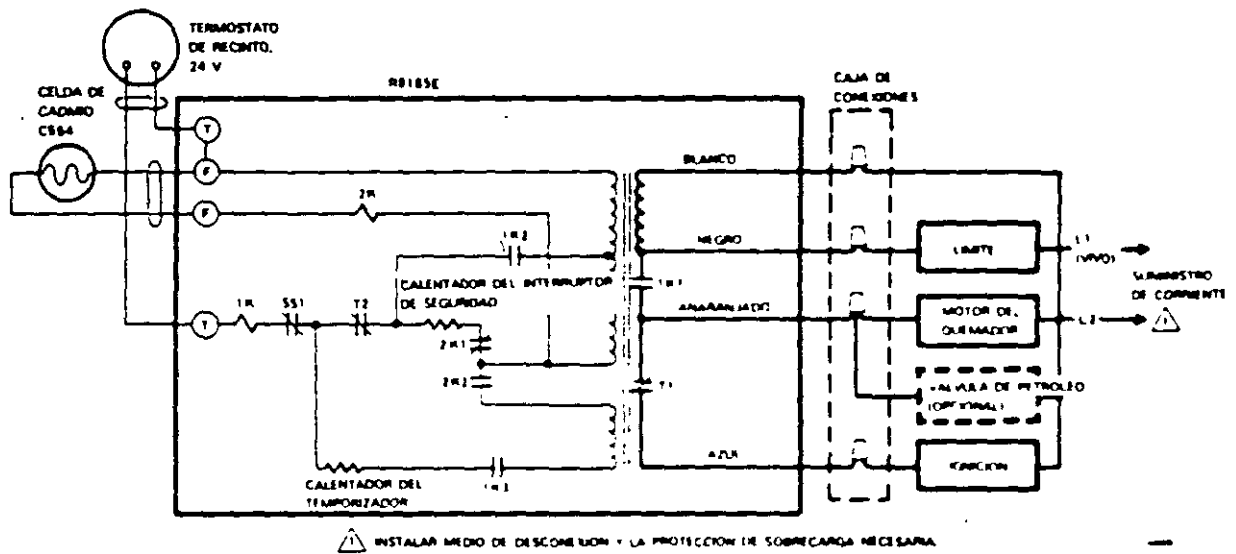


FIGURA A10-43 Esquema característico de conexiones para instrumentación con control de sensor fotoconductor de llama (Cortesía de Honeywell, Inc.)

### A10-13

#### VALVULAS DE PETRÓLEO

Estas válvulas permiten que el quemador de petróleo alcance sus condiciones de operación, de velocidad de ventilador y flujo de aire de combustión, antes de suministrar petróleo y establecer la combustión. También, para cortar el funcionamiento del quemador, el mejor método para ello es tener corte instantáneo del combustible y de la combustión.

La figura A10-44 muestra una válvula de petróleo tipo de demora, que se instala entre la descarga de la bomba de petróleo y el conjunto del quemador. La válvula, aunque está conectada para energizarse al mismo tiempo que el motor del quemador (en paralelo), tiene demora para abrir. Con ello se permite que el soplador y la bomba del quemador trabajen a toda su velocidad antes de permitir el paso del petróleo. Se coloca un termistor en el circuito de la bobina de la válvula, que limita la corriente por dicha bobina al inicio. Al calentarse el termistor, la resistencia decrece y aumenta el flujo de corriente. Después de algunos segundos, en general de 8 a 10 segundos, el paso de corriente aumenta lo

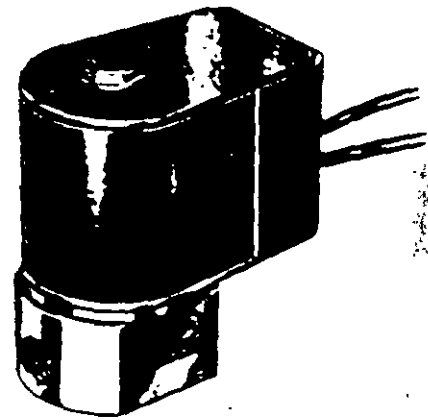


FIGURA A10-44 Válvula de petróleo de retardo. (Cortesía de Honeywell, Inc.)

suficiente como para hacer que la fuerza magnética de la bobina abra la válvula. Esta válvula trabaja igual que cualquier otro tipo de válvula solenoide para cortar el petróleo. Cierra de inmediato al desenergizar válvula y motor. Con ello se tiene corte instantáneo de la combustión.

## PROBLEMAS

- A10-1. ¿Cuáles son los tres elementos principales de un sistema de control?
- A10-2. Dar un ejemplo de un controlador común.
- A10-3. Dar un ejemplo de carga controlada.
- A10-4. ¿Cuál es la fuente de poder más común en circuitos de control de aire acondicionado?

- A10-5. Definir un transformador de poder.
- A10-6. Cuando el voltaje de salida es menor que el voltaje de entrada, se dice que el transformador es \_\_\_\_\_.
- A10-7. El cambio de voltaje está determinado por \_\_\_\_\_.
- A10-8. El cambio en capacidad de corriente está en relación directa con el cambio de voltaje. ¿Cierto o falso?

A10-9. La capacidad de un transformador se da en \_\_\_\_\_, y está determinada por \_\_\_\_\_

A10-10. ¿Cuál es el principio bimetalico?

A10-11. ¿Por qué se usan termostatos de bajo voltaje en lugar de alto voltaje?

A10-12. Los anticipadores de calefacción y enfriamiento son en realidad pequeños \_\_\_\_\_

A10-13. Un anticipador de calor, se conecta en serie o en paralelo con los contactos de calefacción?

A10-14. Un anticipador de frio ¿se conecta en serie o en paralelo con los contactos de enfriamiento?

A10-15. La mayor parte de los termostatos, ¿son fijos o ajustables?

A10-16. ¿Qué determina el ajuste de un anticipador de calor ajustable?

A10-17. ¿Cuáles son los demás tipos de elementos sensores en los controles de temperatura?

A10-18. Un termistor trabaja cambiando su \_\_\_\_\_ cuando cambia la temperatura

A10-19. Los controles de alta presión se fabrican en tipos de restablecimiento \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_

A10-20. ¿Cuáles son las formas más comunes de configuración de elemento bimetalico para uso en controles?

A10-21. ¿Cuáles son las formas comunes de elementos de poder que se usan en los controles de presión?

A10-22. La acción de control de los controladores es de dos tipos ¿Cuáles son?

A10-23. Definir y dar un ejemplo de operador intermitente.

A10-24. Explicar la diferencia entre un relevador, un contactor y un arrancador de motor

A10-25. Dar el nombre de cinco funciones de una válvula de gas de combinación para gas natural

A10-26. ¿Cuál es la función de una válvula de gas de combinación que no se usa cuando el suministro es de gas LP?

A10-27. Es posible pasar corriente eléctrica a través de una flama, ¿Cierto o falso?

A10-28. Un quemador de petróleo esta controlado por un dispositivo llamado \_\_\_\_\_

A10-29. Un control de quemador montado en chimenea está accionado mediante un \_\_\_\_\_, que a su vez está accionado por un \_\_\_\_\_

A10-30. Un control de quemador montado en quemador está accionado por un \_\_\_\_\_, que a su vez está accionado por una \_\_\_\_\_

A10-31. Se emplea una válvula de petróleo con acción demorada para asegurar que \_\_\_\_\_



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**Mecánica e Industrial**

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 11 SISTEMAS DE CONTROL TÍPICOS RESIDENCIALES**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A11

## Sistemas de control típicos residenciales

### A11-1

#### GENERALIDADES

Con el conocimiento básico de la construcción mecánica de los equipos residenciales de calefacción y aire acondicionado, adquirido en los capítulos 5 a 9 y con el repaso de los controles eléctricos más comunes incluido con el capítulo 10 examinemos ahora algunos de los circuitos típicos de calefacción y enfriamiento y familiaricémonos con la función y la operación de los componentes.

Los distintos fabricantes utilizan diferentes variaciones en el cableado pero las funciones son las mismas en todos los sistemas. Con un conocimiento firme de la elaboración y del uso de los diagramas de cableado, el estudiante debe ser capaz de alambrear cualquier producto de cualquier marca. En la industria se utilizan símbolos eléctricos estandarizados, como se muestra en la figura A11-1, para ayudar al técnico a identificar los controles. Además las designaciones presentadas en la figura A11-2, están relacionadas alfabéticamente según los dispositivos que ellas representan. Por ejemplo, *R* es un relé en general, mientras que *CR* es uno de enfriamiento, *HR* es uno de calefacción, *DR* es uno de descongelamiento, etc. La designación puede variar un poco de diagrama a diagrama o de acuerdo al método de designación del fabricante.

Estudie los símbolos y las designaciones alfabéticas cuidadosamente puesto que son de suma importancia para las discusiones presentadas en este capítulo y también porque servirán más tarde como referencia para la interpretación de cualquier diagrama.

### A11-2

#### ENTRADA DE SERVICIO

El punto de arranque de un sistema eléctrico es la entrada de servicio. La electricidad la distribuye la compañía eléctrica por medio de líneas de alta tensión, siendo éstas reducidas a líneas residenciales locales para llevarlas a

todas las calles. Un transformador colocado en un poste servirá a varias residencias para reducir el alto voltaje de la línea de transmisión al voltaje normal de entrada a la casa. La entrada de servicio o el suministro será monofásico a 120/240 V y las casas modernas tendrán un tablero de interruptores o fusibles con capacidad entre 100 y 200 A, como punto central de distribución. La compañía eléctrica introduce tres cables en la casa, dos de los cuales son líneas vivas y uno es tierra. El técnico del aire acondicionado no tiene ningún control sobre el voltaje de entrada a la casa y por consiguiente, si éste no es el correcto, su único recurso es llamar a la compañía eléctrica. Pero siempre se debe verificar el voltaje real disponible.

En la entrada de servicio, la energía es distribuida a varios circuitos ramales que cubren toda la casa. Estos circuitos ramales serán monofásicos a 120 V de dos cables, para uso en el alumbrado y tomas para electrodomésticos. Habrá un circuito separado para el equipo de calefacción y éste será el único equipo conectado a este circuito, cuyo fusible debe ser de 15 A, normalmente.

Los electrodomésticos con mayores consumos como el horno eléctrico, los secadores de ropa y los acondicionadores de aire, deben conectarse a 240 V, los cuales se obtienen utilizando las dos líneas vivas de la entrada de servicio. El fusible y el disyuntor del circuito para estos casos, se dimensionará de acuerdo al consumo de cada equipo; en el caso de un equipo de aire acondicionado, éstos pueden ser de 30 a 40 A por línea. Los disyuntores de cada línea, en un circuito de 240 V están interconectados mecánicamente, de modo que si se presenta una sobrecarga en una línea, el disyuntor abrirá ambas líneas de suministro del circuito.

### A11-3

#### CALIBRE DE LOS CABLES

El calibre de los cables y el tamaño de los fusibles para cada electrodoméstico será fijado por su respectivo fabri-

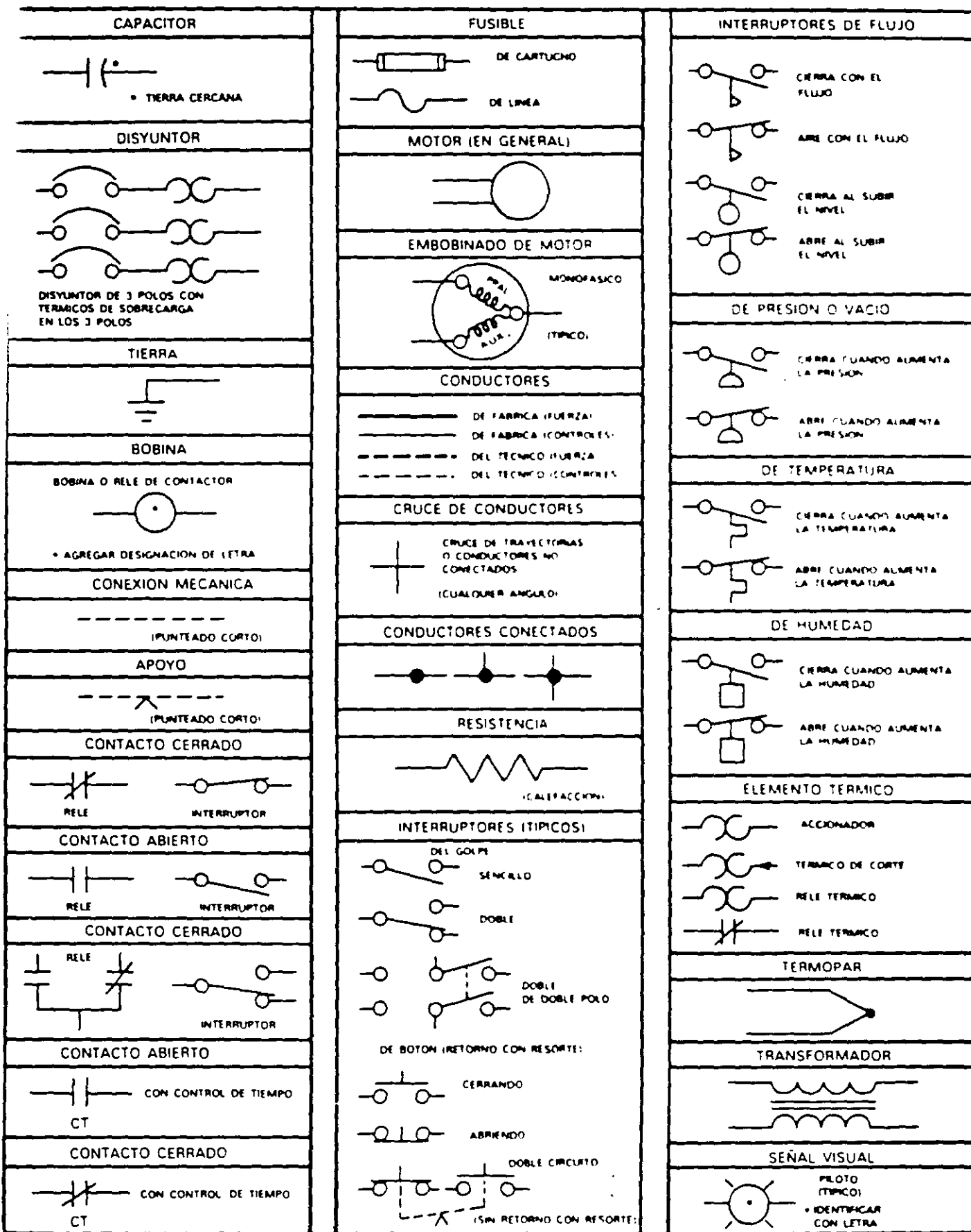


FIGURA A11-1 Símbolos eléctricos (Cortesía de Bern Warner Central Environmental Systems, Inc.)

**FIGURA A11-2**  
Designaciones convencionales.

Relés		Interruptores		Miscelánea	
R	Relé general	DI	Indicación del descongelamiento	C HTR	Calentador del cárter
CR	Relé de enfriamiento	DT	Terminación del descongelamiento	RES	Resistencia
DR	Relé de descongelamiento	DIT	Indicación y terminación de descongelamiento (dispositivo de función doble)	HTR	Calentador
FR	Relé del ventilador	GP	Presión de gas	PC	Control de programa
IFR	Relé del ventilador interior	HP	Alta presión	OL	Sobrecarga
OFR	Relé del ventilador exterior	LP	Baja presión	L	Luz indicadora
GR	Relé de sobrecarga	HLP	Combinación de alta y baja presión	⊕	Dispositivo de reconexión manual
HR	Relé de calefacción	OP	Presión de aceite	*	Dispositivo de reconexión automática
LR	Relé de seguro (seguro abierto o cerrado)	RM	Reconexión manual		
PR	Relé de protección (relé en serie con dispositivos de protección)	FS	Interruptor de ventilador		
VR	Relé de voltaje	SS	Interruptor del sistema		
TD	Dispositivo retardador de tiempo	HS	Interruptor de humedad (humidostato)		
THR	Relé térmico (tipo)	TA	Termostato ambiental		
M	Contactador	TC	Termostato de enfriamiento		
MA	Contactador auxiliar	TH	Termostato de calefacción		
	<b>Solenoides</b>	TMA	Termostato de aire mezclado		
S	Solenoides general	CT	Termostato del motor del compresor		
CS	Solenoides de capacidad	HT	Alta temperatura		
GS	Solenoides de gas	LT	Baja temperatura		
RS	Solenoides reversible	RT	Temperatura del refrigerante		
		WT	Temperatura del agua		

Fuente: Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.

cante y especificado en los diagramas de conexión. Las normas y reglamentos locales deben ser estudiados para determinar si se requiere tubería conducto o no para traer los cables desde el disyuntor principal hasta el equipo de calefacción o aire acondicionado. Algunos reglamentos requieren el uso de conducto aun para parte de los circuitos de 120 V. Las hojas de especificaciones dan el mínimo calibre y el tamaño de fusible para cumplir con los requisitos del Código Eléctrico Nacional®, y este calibre de alambre está basado en un 125% de la corriente normal a plena carga. La longitud del cable también influirá en el calibre y la figura A11-3 muestra la longitud máxima de acomendas de dos cables para los varios calibres. Esta tabla está basada en un 3% de caída de voltaje a 240 V como máximo. Para otros voltajes, se deben usar los multiplicadores listados debajo de la tabla. Si la acometida requerida es casi igual o algo mayor a la longitud máxima dada por la tabla, el siguiente calibre de cable debe ser usado como factor de seguridad. Es siempre posible usar calibres mayores a los especificados, pero nunca se debe usar un calibre menor, ya que esto ocasionará cortes molestos, afectando la eficiencia del funcionamiento y creando una situación peligrosa. Todo cable que se cambie debe instalarse del mismo tipo y calibre que el original y debe estar hecho para trabajo de 90° a 105°C.

## A11-4 CIRCUITO DE CALEFACCION

Demos una mirada rápida al esquema básico que pronto construiremos (figura A11-4). Es el esquema típico de un quemador de gas en un sistema de calefacción de flujo vertical. Los cables están representados por líneas y los demás componentes por símbolos y designaciones alfabéticas. Tome atenta nota de las CONVENCIONES que identifican los varios tipos de cables, los símbolos y las designaciones con letras. Aunque otros tipos de diagramas serán discutidos después, estamos interesados ahora solamente en este esquema puesto que éste es el diagrama usado por el personal de servicio para explicar cómo trabaja el sistema y por qué.

Hay solamente cinco componentes eléctricos importantes en el diagrama: el motor del ventilador el cual mueve el aire caliente; la válvula solenoide automática de 24 V que controla el flujo de gas al quemador. La combinación de control de soplador y de límite, el cual controla la operación del ventilador y gobierna el flujo de corriente al circuito de control de bajo voltaje, el transformador reductor que provee corriente a 24 V para la operación de la válvula auto-

LONGITUD MAXIMA PARA COMETIDA DE DOS CABLES\*

CALIBRE	AMPERIOS										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
14	274	137	91								
12		218	145	109							
10			213	173	138	100					
8				200	162	129	100				
6							170	130	100	75	50
4								150	115	90	70
3									130	100	75
2										110	85
1											75
0											

\*Para caída de voltaje límite de 3% a 240 voltios. Para otros voltajes use los multiplicadores siguientes:

110V	0.455	220V	0.917
115V	0.472	230V	0.945
120V	0.500	250V	1.042
125V	0.521		

EJEMPLO Halle la longitud máxima para una acometida con cable No. 10 con 30 amperios, a 120 V.

$$115 \times 0.5 = 57 \text{ pies}$$

NOTA Si la longitud requerida de la acometida es casi igual o algo mayor que la longitud máxima dada por la tabla para un calibre dado, seleccione el siguiente calibre de cable. Esto permite un margen de seguridad. El límite recomendado para caída de voltaje es del 3%. Es preferible algo menos del máximo.

FIGURA A11-3

mática de gas, y el termostato del ambiente, el cual controla directamente la posición abierta o cerrada de la válvula solenoide en la línea de gas.

Ahora, construiremos este mismo diagrama esquemático, paso a paso, comenzando con el suministro de fuerza y añadiendo cada componente a medida que avanzamos. Los cables para el suministro de fuerza son generalmente montados por el técnico instalador. Estos cables llevan el voltaje de línea (una fase, 60 ciclos, 115 V, para operar el motor del soplador y están dibujados por una línea gruesa interrumpida para indicar cable instalador en el sitio (figura A11-5).

Para protección del circuito, el suministro de fuerza debe pasar a través de los fusibles de un interruptor de desconexión. Este interruptor de desconexión es el principal interruptor para todo el sistema. Durante su operación normal, debe permanecer cerrado para energizar el circuito, aunque puede ser abierto o cerrado manualmente cada vez que sea necesario investigar fallas o cambiar componentes en el circuito. Los fusibles deben ser de la capacidad apropiada; de tamaño suficiente para permitir el flujo normal de corriente, pero lo suficientemente pequeños para "quemarse" en el caso de una sobrecarga que pueda dañar el circuito. Si el interruptor de desconexión con fusibles es instalado en el exterior del edificio, debe ser colocado dentro de una caja de protección.

En un sistema de calefacción con quemador de gas, el motor del ventilador representa la mayor carga eléctrica, de modo que será el siguiente elemento en aparecer en el diagrama conectado al suministro de fuerza (figura A11-6).

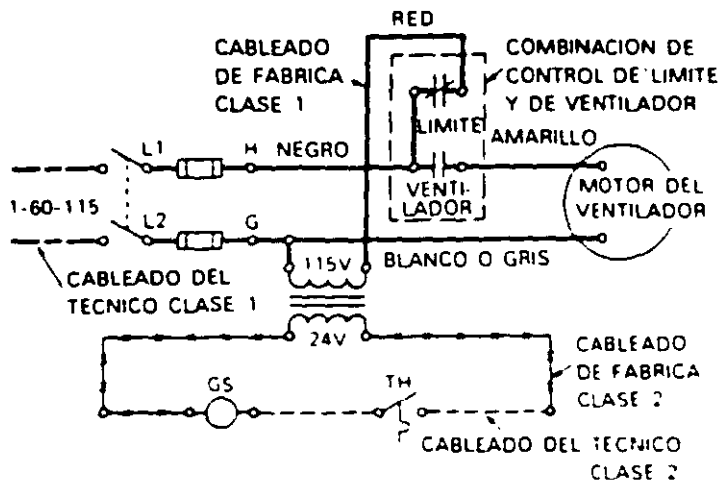
Puesto que el motor está claramente identificado en el diagrama, no lo hemos incluido en las convenciones. El alambrado interno del motor no se muestra en el diagrama.

Ahora, cerremos el interruptor de desconexión y observemos que sucede. El motor del ventilador arranca, puesto que hemos completado un simple circuito que va desde L1, a través del embobinado del motor, hasta la línea neutra. A pesar de todo esto la válvula automática de gas no está conectada y no tenemos ningún medio para controlar su operación automáticamente, así que dejemos el interruptor abierto y continuemos con el diagrama.

Puesto que debemos tener control automático del motor del ventilador y de la válvula solenoide de gas, comencemos conectando la combinación de control de ventilador y de límite (figura A11-7). Este control que fue discutido previamente, consiste de un elemento sensor, el cual "siente" la temperatura del aire caliente dentro del quemador y de dos interruptores ajustables, un interruptor para el ventilador y un interruptor de límite.

El interruptor del ventilador controla los arranques y las paradas del motor del soplador. Cuando el quemador arranca, el interruptor del ventilador no cierra para darle paso de corriente al motor, hasta que el aire dentro de la cámara del quemador alcance la temperatura indicada para que el ventilador conecte. Cuando el quemador para, el interruptor del ventilador permanece cerrado, manteniendo el ventilador en operación hasta que la temperatura del aire dentro de la cámara baje a un nivel seguro para que el ventilador desconecte.

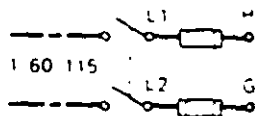
El interruptor de límite es un control de seguridad



**CONVENCIONES**

<b>CABLEADO</b>	<b>DESIGNACIONES</b>
--- DEL TECNICO	GS SOLENOIDE DEL GAS
- - - DE LA FABRICA	TH TERMOSTATO DE ALCOBA
— PARA CONTROLES	
— DEL TECNICO PARA CONTROLES	
<b>SIMBOLOS</b>	
○ TERMINAL DISPONIBLE	▭ FUSIBLE
○/○ INTERRUPTOR DE DESCONEXION	≡≡≡ TRANSFORMADOR
⋈ INTERRUPTOR NORMALMENTE CERRADO	○ SOLENOIDE DEL GAS
⋈ INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO	○/○ TERMOSTATO DE ALCOBA

**FIGURA A11-4** Diagrama del circuito de calefacción en un equipo de flujo vertical con quemador de gas. (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

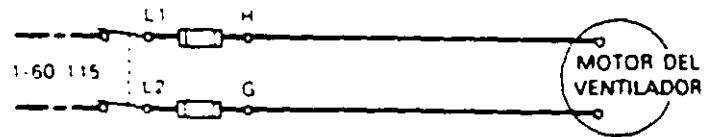


**CONVENCIONES**

<b>CABLEADO</b>	<b>SIMBOLOS</b>
--- DEL TECNICO (FUERZA)	○ TERMINAL DISPONIBLE
	○/○ INTERRUPTOR DE DESCONEXION
	▭ FUSIBLE

**FIGURA A11-5** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

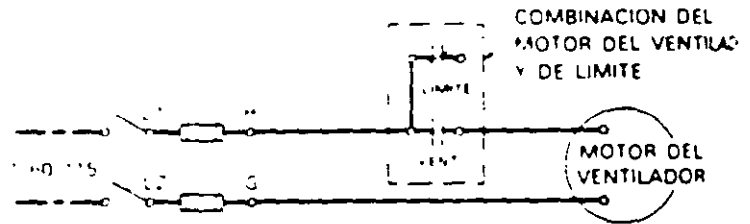
puesto que evita que la cámara del quemador se sobrecaliente. Mientras la temperatura de la cámara esté por debajo de la calibración del interruptor de límite, éste permanece cerrado. Si la temperatura en la cámara sube hasta el punto de calibración del interruptor, éste se abre desconectando todo el circuito de 24 V y cerrando la válvula de gas automática.



**CONVENCIONES**

<b>CABLEADO</b>	<b>SIMBOLOS</b>
--- DEL TECNICO (FUERZA)	○ TERMINAL DISPONIBLE
— DE LA FABRICA (FUERZA)	○/○ INTERRUPTOR DE DESCONEXION
	▭ FUSIBLE

**FIGURA A11-6** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**CONVENCIONES**

<b>CABLEADO</b>	<b>SIMBOLOS</b>
--- DEL TECNICO (FUERZA)	○ TERMINAL DISPONIBLE
— DE LA FABRICA (FUERZA)	○/○ INTERRUPTOR DE DESCONEXION
	⋈ INTERRUPTOR NORMALMENTE CERRADO
	⋈ INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO
	▭ FUSIBLE

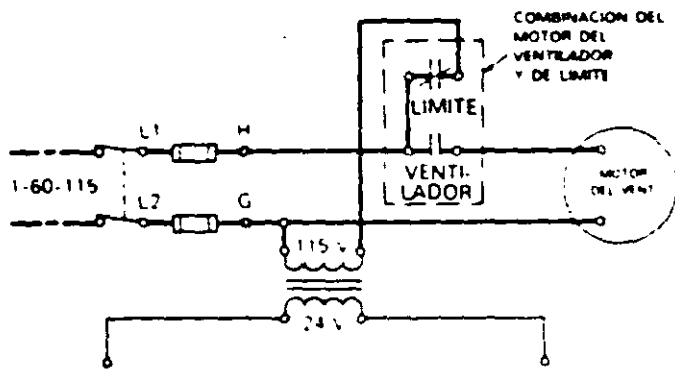
**FIGURA A11-7** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Como está ilustrado, la combinación de control de ventilador y de límite viene parcialmente alambrada. El interruptor del ventilador se conecta en serie con el motor en L1. Aunque ahora cerremos el interruptor principal de desconexión, el motor no trabajará porque el interruptor del ventilador está abierto y permanecerá abierto hasta que la temperatura del aire en la cámara del quemador alcance el punto de calibración del interruptor.

Vimos anteriormente que pequeños dispositivos eléctricos, tales como relés y válvulas solenoides, efectúan un trabajo muy reducido y por consiguiente requieren de muy poca corriente para su operación, así pues se necesita de un transformador reductor para bajar el voltaje de línea a 24 V en el circuito de control.

La figura A11-8 muestra el transformador instalador correctamente: un extremo del primario conectado a la línea neutra y el otro a L1 a través del interruptor de límite. Esto





**CONVENCIONES**

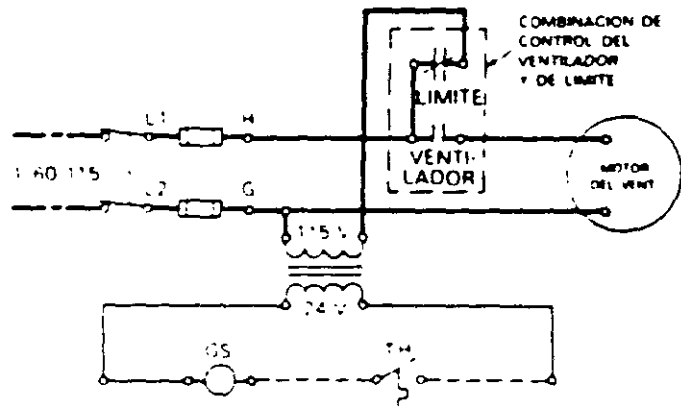
CABLEADO	SÍMBOLOS
--- DEL TÉCNICO (FUERZA)	○ TERMINAL DISPONIBLE
— DE LA FABRICA (FUERZA)	⏏ INTERRUPTOR DE DESCONEXION
— DE LA FABRICA (CONTROLES)	⏏ INTERRUPTOR NORMALMENTE CERRADO
	⏏ INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO
	⊞ FUSIBLE
	≡≡≡ TRANSFORMADOR

**FIGURA A11-8** (Cortesía de Boro Warner Central Environmental Systems, Inc.)

coloca al interruptor de límite en posición de controlar todo el circuito de 24 V.

Si cerramos el interruptor principal de desconexión ahora, el motor del soplador todavía no puede funcionar, puesto que el interruptor del ventilador permaneciera abierto hasta que la temperatura del aire suba. Sin embargo el transformador y la fuente de 24 V quedan energizadas instantáneamente desde  $L_1$  a través del interruptor de límite cerrado y volviendo hasta  $L_2$ . Aunque ahora dispongamos de una fuente de corriente a 24 V, nada podemos hacer hasta completar el circuito a través del secundario del transformador.

Ahora, con una fuente de corriente de bajo voltaje, estamos listos para conectar la válvula solenoide de gas automática y el termostato del ambiente. Esencialmente, la válvula de gas automática, es una válvula solenoide cerrada con un desvío ajustable para la llama piloto. Durante su operación normal, la llama piloto arde continuamente para encender el gas admitido al quemador, una vez que la solenoide ha sido energizada abriendo la válvula principal de gas. Un sistema de calefacción de aire debe ser debidamente controlado, para que mantenga una temperatura confortable dentro del espacio acondicionado. Con este propósito se usa como control de operación primario un termostato de ambiente, ajustable, de bajo voltaje, el cual abre al subir la temperatura. Este termostato sensa la temperatura del ambiente y energiza o desenergiza la válvula solenoide de gas automática, según sea necesario, para mantener la temperatura deseada.



**CONVENCIONES**

CABLEADO	DESIGNACIONES
--- DEL TÉCNICO (FUERZA)	GS SOLENOIDE DEL GAS
--- DE LA FABRICA (FUERZA)	TM TERMOSTATO DE ALCOBA
— DE LA FABRICA (CONTROLES)	
— DEL TÉCNICO (CONTROLES)	

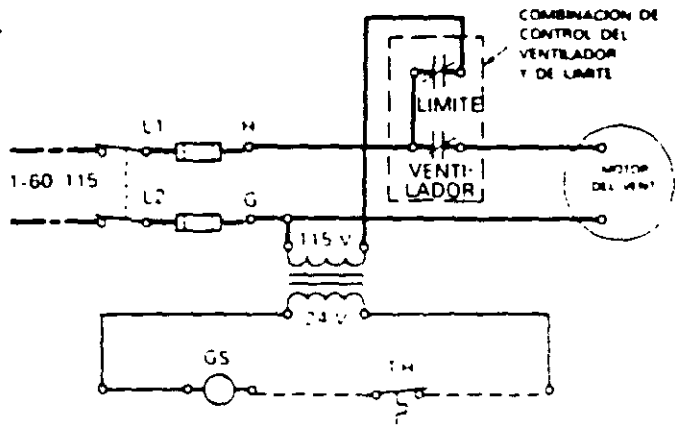
  

SÍMBOLOS	SÍMBOLOS
○ TERMINAL DISPONIBLE	⊞ FUSIBLE
⏏ INTERRUPTOR DE DESCONEXION	≡≡≡ TRANSFORMADOR
⏏ INTERRUPTOR NORMALMENTE CERRADO	○ SOLENOIDE
⏏ INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO	⏏ TERMOSTATO

**FIGURA A11-9** (Cortesía de Boro Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Una vez revisada la función de la válvula solenoide y del termostato incorporémoslo al circuito (figura A11-9). Puesto que el interruptor de límite es un control de seguridad y no un control de operación, el termostato es el que debe controlar la operación de la válvula solenoide. Así pues el termostato y la válvula se conectan en serie a través del circuito de 24 V. La válvula de gas es alambrada en la fábrica, por eso se usa una línea delgada y continua para identificar sus terminales. Normalmente el termostato es colocado en una pieza lejos del quemador y debe ser alambrado en el sitio, como lo indica una línea delgada interrumpida, usada para representar un circuito de control alambrado en el sitio de instalación.

El circuito está ahora completamente terminado de modo que cerremos el interruptor de desconexión y veamos si el sistema funciona correctamente. El interruptor de límite debe estar cerrado; el termostato está abierto. El transformador y el circuito de bajo voltaje se energizan instantáneamente desde  $L_1$  a través del interruptor de límite y a través de la línea neutra. Al estar el termostato abierto la corriente no puede pasar para energizar la válvula automática de gas, la cual permanecerá cerrada. El motor del ventilador no puede trabajar ya que el interruptor del ventilador está abierto, permaneciendo así hasta que la temperatura del aire en la cámara del quemador sube lo suficiente



CONVENCIONES	
<b>CABLEADO</b>	<b>DESIGNACIONES</b>
--- DEL TÉCNICO (FUERZA)	GS SOLENOIDE DEL GAS
--- DE LA FABRICA (FUERZA)	TH TERMOST DE ALCOBA
--- DE LA FABRICA (CONTROLES)	
--- DEL TÉCNICO (CONTROLES)	
<b>SIMBOLOS</b>	
○ TERMINAL DISPONIBLE	— FUSIBLE
⏏ INTERRUPTOR DE DESCONEXION	≡≡≡ TRANSFORMADOR
⏏ CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	○ SOLENOIDE DEL GAS
⏏ CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	⏏ TERMOSTATO DE ALCOBA

**FIGURA A11-10** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

para llegar al punto de calibración donde se prende el ventilador.

Cuando la pieza se enfría lo suficiente para cerrar los contactos del termostato, se energiza la válvula automática de gas (figura A11-10). Esto hace que la válvula se abra para permitir el paso del gas al quemador y que el aire en la cámara del quemador se comience a calentar. El interruptor del ventilador puede estar abierto todavía, o sea que el motor no puede trabajar, pero tan pronto como la temperatura del aire en la cámara del quemador alcanza el punto de calibración (VENTILADOR PRENDIDO), el interruptor del ventilador se cierra y el motor arranca para comenzar a hacer circular el aire calentado a través del espacio acondicionado. El ventilador continuara funcionando durante todo el tiempo que la temperatura del aire calentado se mantenga por encima del ajuste VENTILADOR APAGADO.

Cuando la temperatura de la pieza sube hasta el punto de calibración del termostato, los contactos del termostato abren el circuito de 24 V donde está también la válvula automática de gas. Al cerrarse la válvula se apaga el quemador. Sin embargo el interruptor del ventilador está cerrado todavía y el ventilador continua haciendo circular el aire caliente. Con el quemador apagado y el ventilador moviendo el aire, la cámara del quemador comienza a enfriarse.

Cuando la temperatura cae hasta el punto de calibración del interruptor del ventilador, el motor se desenergiza y permanece parado hasta que la temperatura del aire en la cámara del quemador suba de nuevo, una vez que el termostato cierre y el quemador haya comenzado un nuevo ciclo.

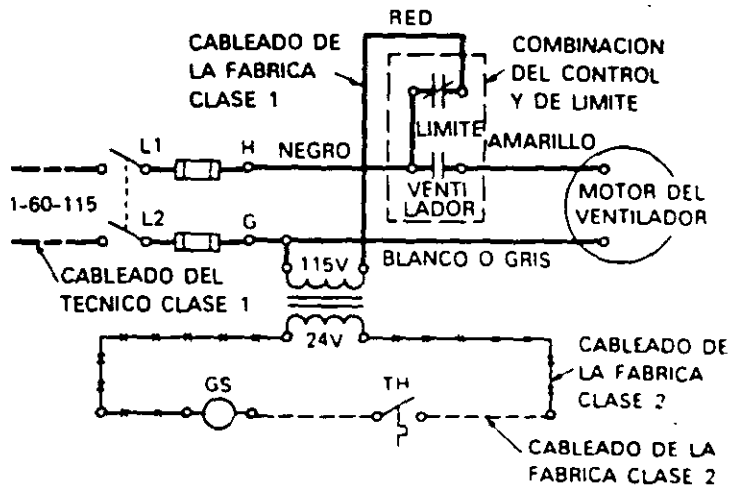
Hasta ahora, le hemos puesto muy poca atención al interruptor de límite, pero es el control de seguridad de mayor importancia en el sistema. Si en cualquier momento durante el funcionamiento del quemador, la cámara tiende a sobrecalentarse, la temperatura del aire rápidamente alcanza el punto de calibración del interruptor de límite. Al abrirse los contactos del interruptor de límite se desenergiza inmediatamente todo el circuito de 24 V. Cuando esto sucede, la válvula automática de gas se cierra y el quemador se apaga, aunque el termostato este todavía cerrado y perdiendo más calefacción. Aunque el interruptor de límite puede anular la orden del termostato, el no tiene ningún control sobre la operación del ventilador. El interruptor del ventilador permanece cerrado y el soplador continua trabajando todo el tiempo durante el cual la temperatura del aire permanezca por encima del punto de calibración del interruptor (punto de VENTILADOR APAGADO).

La secuencia de operación que termina aquí prueba que el diagrama de cableado es correcto. El interruptor de desconexión controla todo el sistema eléctrico, el motor de ventilador opera independiente del quemador, bajo el control del interruptor del ventilador, la válvula automática de gas es abierta y cerrada por el termostato del ambiente y a su vez esta también bajo el control del interruptor de límite. Sin embargo, nos hemos preocupado hasta ahora solamente de las líneas y de los símbolos. Únicamente el diagrama de la figura A11-11 contiene toda la historia del sistema eléctrico que acabamos de ver, las CONVENCIONES identifican claramente todos los símbolos y las abreviaturas usadas en el diagrama. Las NOTAS explican los hechos más sobresalientes relacionados con el circuito. Cuando se llegará a un conocimiento completo de los principios básicos aquí descritos, de la función de los controles y de las relaciones de unos con otros dentro del circuito eléctrico, se ha dado un gran paso para convertirse en un profesional en instalaciones, servicio y diagnóstico de problemas de circuitos de calefacción para quemadores de gas, para cualquier otro tipo de aparato de calefacción.

## ===== A11.5

### **CIRCUITO DE ENFRIAMIENTO**

Tarde o temprano cualquiera que haya iniciado la carrera del aire acondicionado ha mirado probablemente con aprensión y temor, el complicado diagrama de cableado de un sistema de aire acondicionado. Al mirar el enredo de líneas y las docenas de símbolos (figura A11-12), se ha preguntado cual es el significado de todo eso. Realmente, todo no es tan complicado como parece. Cuando se conoce el significado de unos pocos símbolos y las relaciones entre ellos en un circuito eléctrico, podemos deducir qué está pasando exactamente en el circuito eléctrico: cómo pasa,



**CONVENCIONES**

CABLEADO	DESIGNACIONES
--- DEL TECNICO (FUERZA)	IR RELE DEL VENTILADOR
--- DE LA FABRICA (FUERZA)	TH HUMIDOSTATO
--- DE LA FABRICA (CONTROLES)	
--- DEL TECNICO (CONTROLES)	

**SIMBOLOS**

○ TERMINAL IDENTIFICABLE	— FUSIBLE
○ INTERRUPTOR DE DESCONEXION	≡ TRANSFORMADOR
— INTERRUPTOR NORMALMENTE CERRADO	○ SOLENOIDE
— INTERRUPTOR NORMALMENTE ABIERTO	— TERMOSTATO

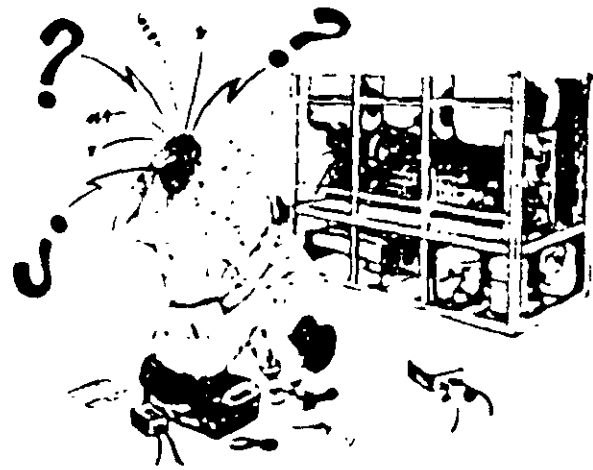
**FIGURA A11-11** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

cuándo pasa y por qué. La habilidad para leer y comprender un diagrama de cableado, frecuentemente se convierte en la diferencia fundamental entre un aficionado y un técnico profesional y bien entrenado.

Los diagramas de cableado se hacen por distintos motivos y es importante distinguir cada tipo y conocer cual es el objetivo de cada uno. Hay dos tipos principales, los *diagramas para conexiones en el sitio de instalación* y los *diagramas esquemáticos*.

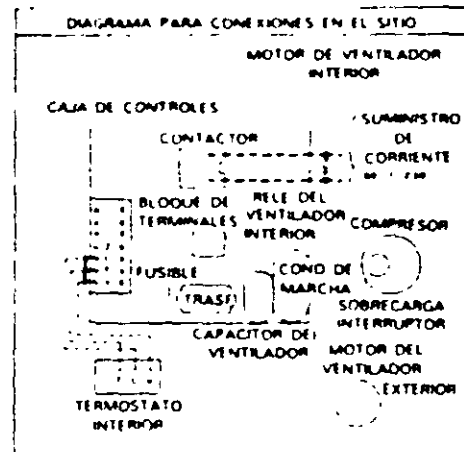
El *diagrama para conexiones en el sitio* (figura A11-13), identifica los diversos controles eléctricos en la caja de controles e indica las conexiones necesarias por medio de líneas interrumpidas y áreas sombreadas. El *diagrama para conexiones en el sitio* está diseñado para indicar al electricista o técnico instalador como se tiran las líneas de fuerza hasta la unidad y la manera de alambrear correctamente todas las secciones del equipo, si está compuesto de más de una sección. El alambrado interno no se muestra puesto que en este momento estamos interesados únicamente en la instalación.

Miremos ahora en la figura A11-14 un *diagrama esquemático*, típico de una unidad de aire acondicionado residencial paquete, de condensación por aire. A primera



**FIGURA A11-12** Diagrama de un circuito de entrenamiento (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

vista podemos ver que contiene más información que el diagrama de conexiones en el sitio. Este es el diagrama usado por el personal de servicio y que muestra como trabaja el sistema y por qué. La mayoría de los fabricantes incluyen una copia del diagrama en la tapa de la caja de controles o en el panel de acceso a la unidad. Los aparatos de carga (motores) y los controles están representados por símbolos y los cables por líneas. Nótese que, al compararlos, algunas líneas son gruesas mientras que otras son delgadas. Las líneas gruesas representan los cables en el *circuito de fuerza*, los cuales suministran la corriente de alto voltaje a las cargas eléctricas pesadas, tales como motores. Las líneas delgadas representan el *circuito de controles*, el cual suministra bajo voltaje por medio de un transformador reductor a los dispositivos de poca carga como las bobinas de los reles, que son usadas solamente para accionar interruptores.



**FIGURA A11-13** Diagrama de conexiones en el sitio (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

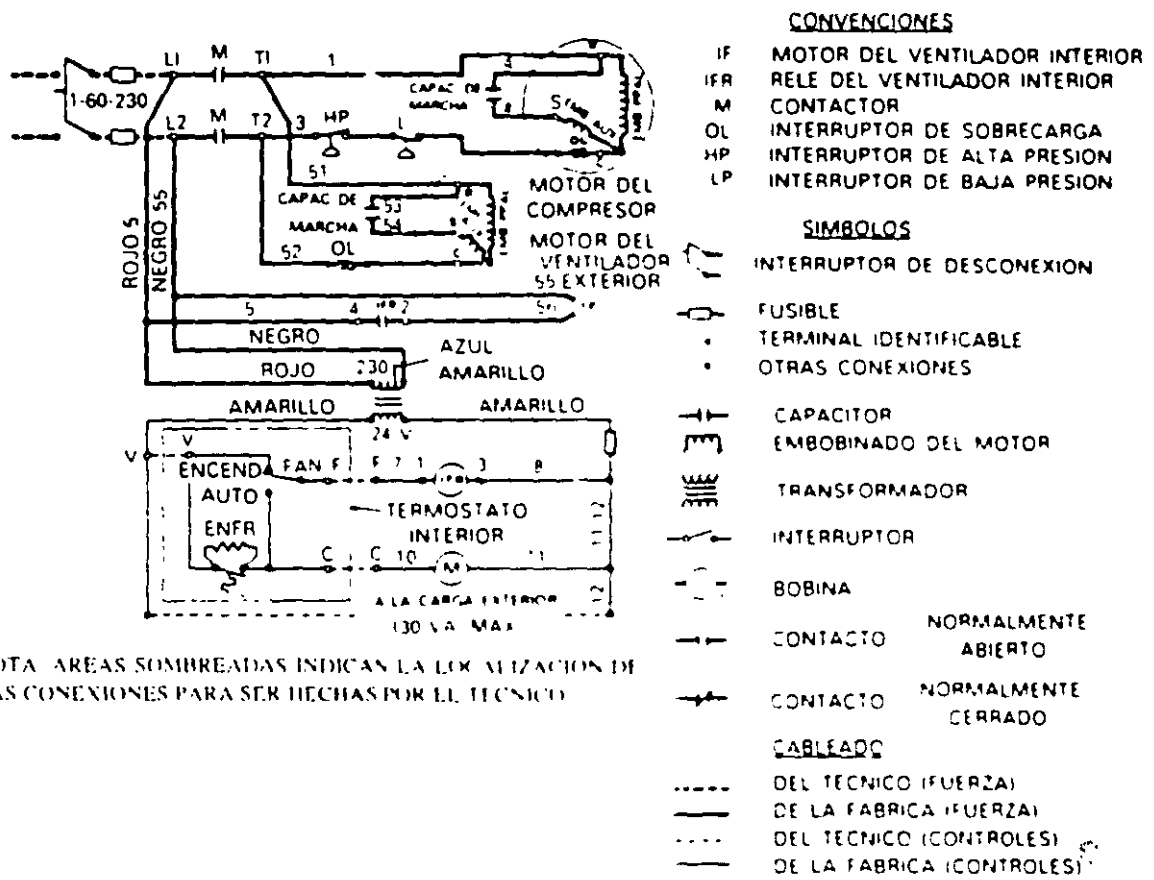


FIGURA A11-14 Diagrama esquemático (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Ahora, comenzando por el principio construyamos este circuito eléctrico para enfriamiento paso a paso, componente por componente, del mismo modo como se hizo con el circuito para calefacción. Primero que todo, el suministro de fuerza para la unidad (figura A11-15). Puesto que estos cables deben ser montados por el electricista o técnico instalador en el sitio de montaje, están representados por una línea gruesa interrumpida. Para proteger el circuito, el

suministro debe pasar por un interruptor de desconexión con fusibles. El tamaño correcto de los fusibles está indicado en el manual de instalación. Si el interruptor de desconexión con fusibles se instala en el exterior, debe ser colocado dentro de una caja de protección. El suministro de fuerza se muestra en una sola fase, 60 ciclos, 230 V y los cables de la entrada se denominan  $L_1$  y  $L_2$ . En cualquier momento que completemos un recorrido entre  $L_1$  y  $L_2$  e instalemos una carga en ese recorrido, tendremos un circuito, habrá un flujo de corriente y se ejecutará un trabajo determinado.

Puesto que el compresor es la carga eléctrica más grande, será colocado en el diagrama ahora y conectado al suministro de fuerza. Si cerramos el interruptor de desconexión, tendremos un circuito completo comenzando en  $L_1$  a través del embobinado del motor del compresor y hasta  $L_2$ , lo que hará que el compresor funcione como resultado del accionamiento manual del interruptor. Pero el sistema debe trabajar automáticamente, así que dejaremos el interruptor abierto y continuaremos con el diagrama.

Antes de que el sistema más sencillo de aire acondicionado de condensación por aire esté completo, necesitamos un ventilador exterior y un ventilador interior. De modo que el siguiente paso es incluirlos a ambos en el diagrama (figura A11-16). Queda claro que ambos ventiladores se conectan a través de  $L_1$  y  $L_2$ , y que todos los tres motores están en circuitos eléctricos individuales. En este punto

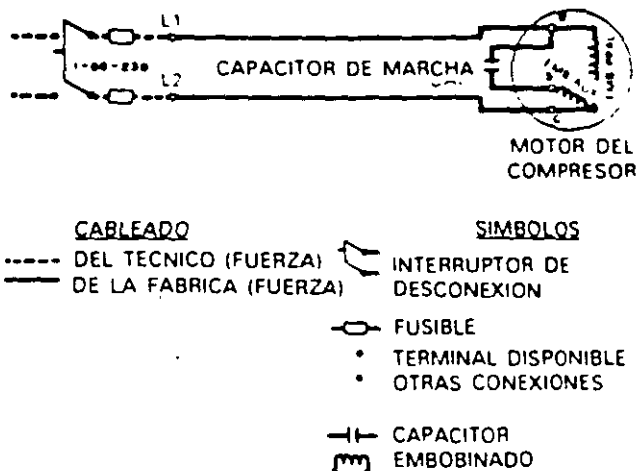
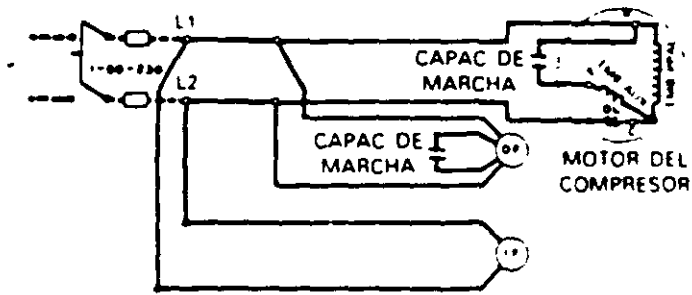


FIGURA A11-15 (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)



**CONVENCIONES**

OF VENTILADOR EXTERIOR  
IF VENTILADOR INTERIOR

**SIMBOLOS**

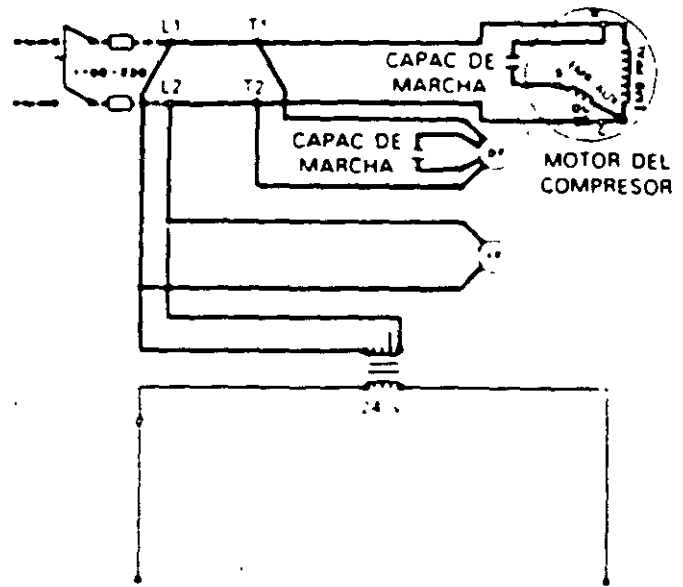
- INTERRUPTOR DE DESCONEXION
- FUSIBLE
- TERMINAL IDENTIFICABLE
- OTRAS CONEXIONES

- CAPACITOR
- EMOBINADO

**CABLEADO**

- DEL TECNICO (FUERZA)
- DE LA FABRICA (FUERZA)

**FIGURA A11-16** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems Inc.)



**ABREVIATURAS**

OF VENTILADOR EXTERIOR  
IF VENTILADOR INTERIOR

**SIMBOLOS**

- INTERRUPTOR DE DESCONEXION
- FUSIBLE
- TERMINAL DISPONIBLE
- OTRAS CONEXIONES

- CAPACITOR
- EMOBINADO

**CABLEADO**

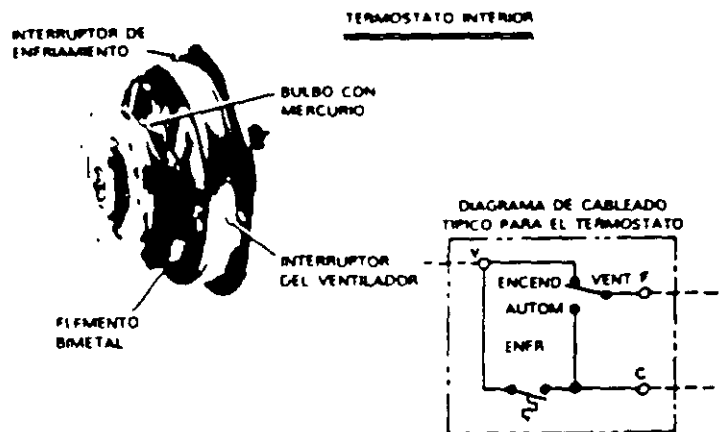
- DEL TECNICO (FUERZA)
- DE LA FABRICA (FUERZA)
- DE LA FABRICA (CONTROLES)

**FIGURA A11-17** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems Inc.)

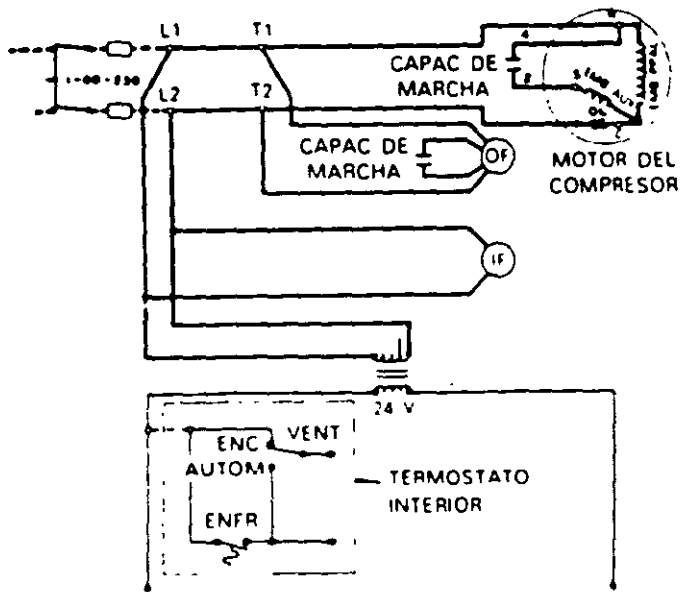
tenemos un diagrama completo del cableado para un sistema de aire acondicionado sencillo, manualmente controlado. Si cerramos el interruptor de desconexión, el motor del compresor trabajará, el ventilador exterior moverá el aire de condensación y el ventilador interior hará circular el aire enfriado a través del espacio acondicionado, pero el sistema todavía necesita de controles para una operación automática y segura.

Al comienzo anotamos que los controles eléctricos que ejecutan trabajos pequeños requieren muy poca corriente, por consiguiente, usaremos de nuevo un circuito para controles de bajo voltaje (24 V). Esto permite el uso de cable de menor calibre, hace que el circuito sea más seguro para aplicaciones residenciales y, lo que es más importante, permite un control mucho más exacto de la operación del sistema. De modo que necesitamos una fuente de corriente de bajo voltaje para los controles y la manera de obtenerla es usando un pequeño transformador reductor. La figura A11-17 muestra el transformador en el diagrama del circuito. El transformador reduce la corriente de 230 V a 24 V, lo cual constituye todo el voltaje necesario para suministrar la corriente requerida para accionar los relés de operación automática. Recuerde que el transformador no hace más que proveer una fuente de corriente a 24 V y que nada ocurrirá hasta completar un circuito a través de esta fuente.

Puesto que un sistema de aire acondicionado está diseñado para mantener una temperatura confortable dentro del espacio acondicionado, un termostato de enfriamiento ajustable y de bajo voltaje se usa en el interior como el control primario del sistema (figura A11-18). El sensa la temperatura del aire y le ordena a los controles secundarios parar o



**FIGURA A11-18** (Cortesía de Honeywell, Inc.)



- ABREVIATURAS**
- OF VENTILADOR EXTERIOR
  - IF VENTILADOR INTERIOR
- SÍMBOLOS**
- INTERRUPTOR DE DESCONEXION
  - FUSIBLE
  - TERMINAL IDENTIFICABLE
  - OTRAS CONEXIONES
- CABLEADO**
- DEL TECNICO (FUERZA)
  - DE LA FABRICA (FUERZA)
- OTROS SÍMBOLOS:**
- CAPACITOR
  - EMBOBINADO
  - TRANSFORMADOR
  - INTERRUPTOR

**FIGURA A11-19** (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

arrancar el compresor y los ventiladores, según sea necesario. Aunque existan muchas clases de termostatos, el que está ilustrado tiene dos interruptores deslizables: un interruptor para ventilador de dos posiciones ON y AUTO y un interruptor para el control de enfriamiento con posiciones marcadas OFF y COOL.

Internamente, el termostato consiste en dos juegos de interruptores. El interruptor del ventilador controla el ventilador interior únicamente. En la posición ON el ventilador trabajará continuamente, en AUTO, la operación del ventilador la controla realmente la posición del interruptor de control de enfriamiento. Los contactos del interruptor de enfriamiento están sellados dentro de un pequeño bulbo inclinable, parcialmente lleno con mercurio. Cuando el bulbo está inclinado de modo que el mercurio cubre solamente un contacto, el interruptor está abierto. Cuando el

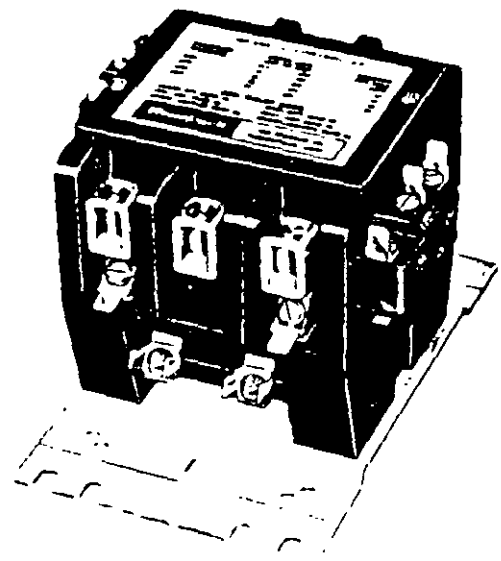
bulbo cambia de inclinación y el mercurio cubre ambos contactos, el interruptor está cerrado. El bulbo cambia de inclinación por la acción del elemento bimetal, el cual se curva a medida que sensa un cambio en temperatura para así abrir o cerrar el interruptor de mercurio. El símbolo V representa el terminal común de bajo voltaje por el cual entra la corriente de alimentación hasta el terminal F del interruptor del ventilador y hasta el terminal C del interruptor para enfriamiento, pasando por el bulbo con mercurio.

Acabamos de ver cómo trabaja mecánicamente el termostato de modo que conectémoslo al circuito de control y veamos cómo trabaja eléctricamente (figura A11-19). El terminal común V ha sido conectado a un lado de la fuente de bajo voltaje, pero nada podrá pasar eléctricamente hasta completar un circuito con el otro lado de la fuente de 24 V.

Si nosotros cerramos el interruptor de desconexión principal, todos los tres motores arrancarán inmediatamente y continuarán operando hasta que el interruptor de desconexión sea abierto manualmente. El transformador será energizado y el suministro de corriente de bajo voltaje al termostato quedará establecido, pero como no existe un circuito completo nada pasará, necesitamos todavía unos pocos controles más para tener una operación automática.

Para que haya enfriamiento, un sistema de aire acondicionado de condensación por aire debe estar alambrado de modo que ambos ventiladores, el exterior y el interior, operen todo el tiempo que el compresor este trabajando; el ventilador exterior para que condense el refrigerante y mantenga una presión de descarga segura y el ventilador interior para que haga circular el aire frío a través del espacio acondicionado. Además debe ser posible operar el ventilador interior independientemente para la circulación del aire sin enfriamiento (ventilación únicamente) y esto es exactamente lo que se podrá hacer cuando el diagrama de cableado esté completo.

Para controlar el motor del compresor automáticamente, se necesita un contactor (figura A11-20), el cual como



**FIGURA A11-20** (Cortesía de Honeywell, Inc.)

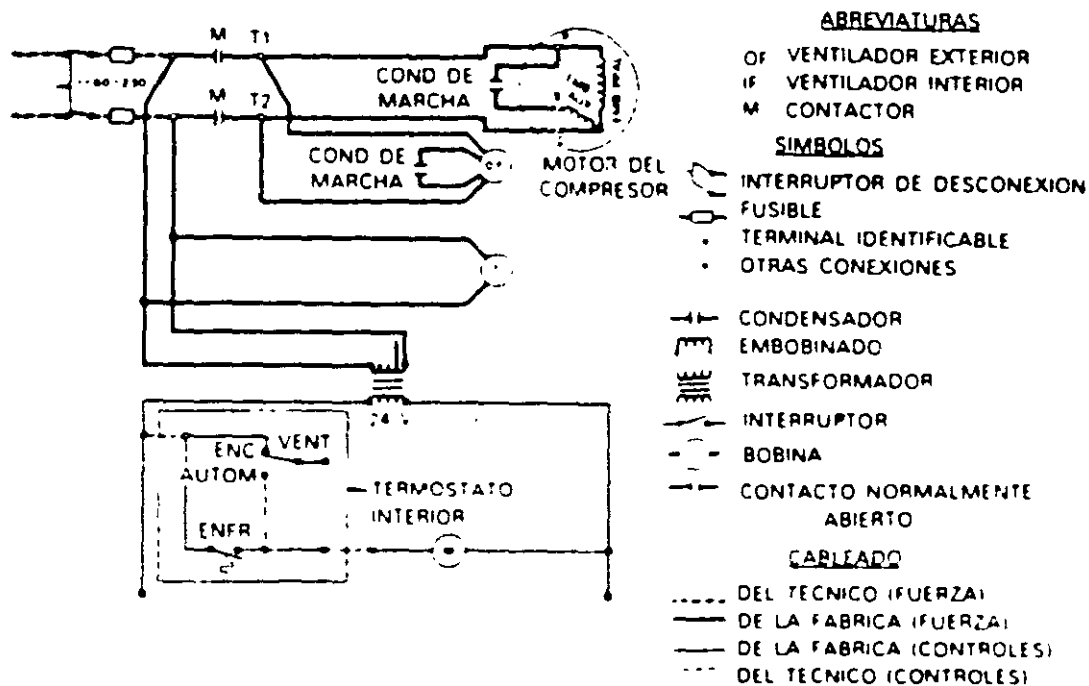


FIGURA A11-21 (Cortesía de Berg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

se vio anteriormente, no es más que un rele sobretamaño, con interruptores lo suficientemente grandes para soportar la pesada carga eléctrica del motor y con una bobina magnética lo suficientemente fuerte para accionar los interruptores.

Puesto que queremos que el interruptor de enfriamiento en el termostato gobierne la operación del contactor, ya que éste arranca y para el motor del compresor, alambriaremos la bobina del contactor *M* en serie con el interruptor de enfriamiento del termostato (figura A11-21), e instalaremos los interruptores del contactor en el circuito de fuerza de modo que controlen el motor del compresor y el motor del ventilador exterior, pero sin interferir con el ventilador interior, este debe poder operar independientemente. Nótese que para su identificación la bobina del contactor y los dos interruptores de arranque están marcados con una *M*. Esto significa simplemente que la bobina *M* opera los dos interruptores marcados con una *M*. Puesto que los dos interruptores están normalmente abiertos, ellos se cerrarán cuando la bobina se energice y se abran cuando esta quede sin corriente.

¿Qué pasará cuando cerremos el interruptor principal de desconexión? La corriente llegará hasta el ventilador interior y hasta el transformador instantáneamente, pero el motor del compresor de 24 V y el motor del ventilador exterior no podrán arrancar. El interruptor de enfriamiento del termostato está abierto de modo que la corriente no puede llegar hasta la bobina *M* del contactor para que así ésta pueda cerrar los interruptores marcados con *M* en el circuito de fuerza. El compresor y el ventilador exterior seguirán parados.

¿Qué pasa cuando el interruptor de enfriamiento del termostato cierra y pide enfriamiento (figura A11-22)? La

corriente inmediatamente pasa hasta la bobina *M* y los dos interruptores *M* en el circuito de fuerza se cierran al mismo tiempo. Esto energiza y arranca los motores del compresor y del ventilador exterior simultáneamente. Cuando el termostato queda satisfecho, el interruptor de enfriamiento pasa de nuevo a la posición abierta. El compresor y ventilador exterior se detienen, pero el ventilador interior continuará funcionando, mientras que el interruptor de desconexión permanezca cerrado, no importa cuál fuere la posición del interruptor del ventilador.

Parece que todavía necesitamos otro control para regular el motor del ventilador interior, *IF*. En esta ocasión usaremos un rele con una bobina y un interruptor de contactos normalmente abiertos, marcados *IFR*, lo cual significa relé del ventilador interior (figura A11-23). Nótese que la bobina está conectada en serie con el interruptor del ventilador en el termostato y que el juego de contactos han sido conectados en el circuito de fuerza del motor del ventilador interior.

Con el interruptor del ventilador en la posición ON (prendido) la corriente de bajo voltaje pasa a través del interruptor hasta energizar la bobina *IFR* del relé y así cerrar los contactos en el circuito de fuerza del ventilador interior. El ventilador interior queda trabajando mientras que el interruptor del termostato permanezca en la posición ON, no importa cuál sea la posición del interruptor de enfriamiento. El sistema de enfriamiento básico, compuesto por el compresor y el ventilador exterior, puede arrancar y parar libremente como lo ordene el interruptor de enfriamiento, sin ningún efecto sobre el ventilador interior.

Cambiamos el diagrama de cableado una vez más moviendo el interruptor del ventilador a la posición de AUTO (figura A11-24). El interruptor de enfriamiento en el ter-

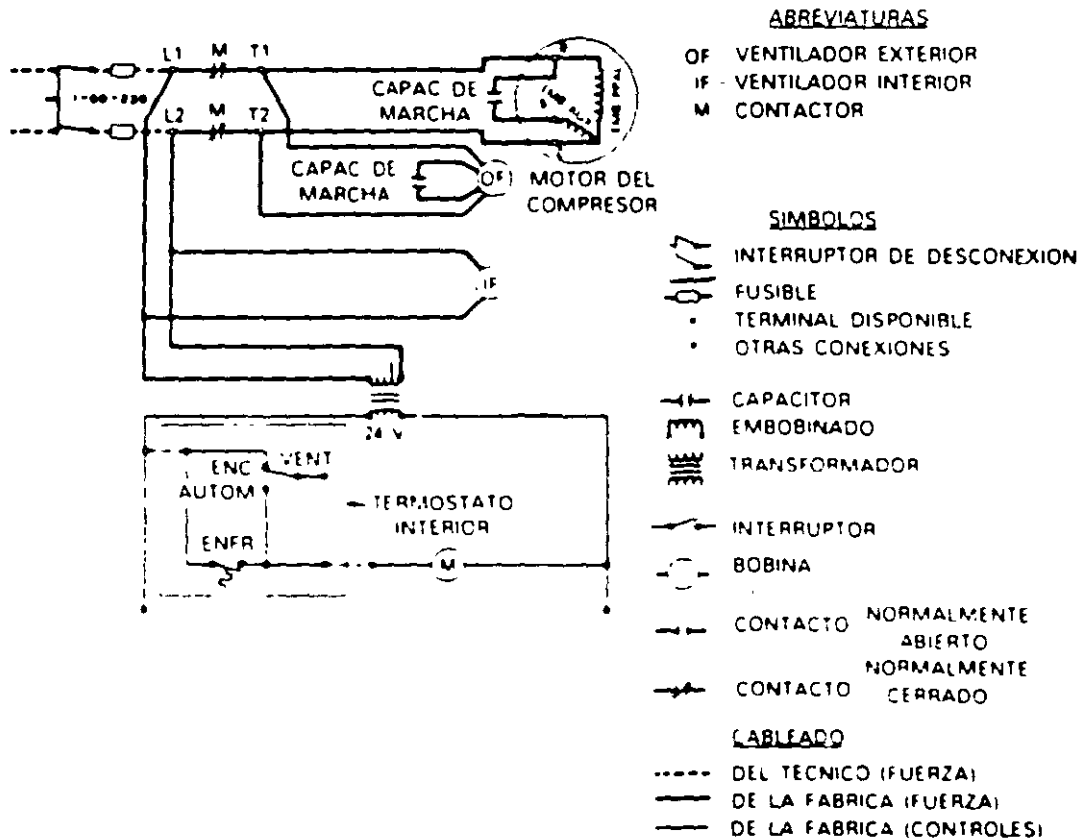


FIGURA A11-22 (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

mostato está abierto; no está pidiendo enfriamiento. Ahora cerramos el interruptor principal de desconexión. La corriente inmediatamente llegará hasta el transformador energizando el circuito de controles a 24 V, pero como el interruptor del ventilador está en AUTO y el interruptor de enfriamiento está abierto, no podemos obtener un circuito completo a 24 V. La bobina *M* del contactor y la bobina *IFR* del relé del ventilador interior no pueden ser energizadas, de modo que sus contactos permanecen todos abiertos y ninguno de sus motores puede trabajar.

Asumamos que el interruptor de enfriamiento se cierra y pide enfriamiento, sin haber cambiado la posición del interruptor del ventilador o del interruptor de desconexión; este último sigue cerrado y el primero en AUTO (figura A11-25). La corriente instantáneamente pasa a través del interruptor de enfriamiento y llega hasta las bobinas *M* del contactor e *IFR* del relé del ventilador interior, al mismo tiempo. Esto hace que se cierren los dos interruptores *M* en el circuito de fuerza del compresor y del ventilador exterior, lo mismo que el interruptor *IFR* en el circuito de fuerza del motor del ventilador interior.

Los motores del compresor y del ventilador exterior son energizados a través de los interruptores cerrados *M*, al mismo tiempo, el ventilador interior también se energiza a través del interruptor cerrado *IFR*. Todo el sistema queda así energizado con todos los motores controlados ahora automáticamente.

Cuando el termostato queda satisfecho, el interruptor

de enfriamiento se abre automáticamente y volvemos al mismo punto donde comenzamos cuando cerramos el interruptor de desconexión, el interruptor de enfriamiento abre la alimentación a las bobinas del contactor y del relé del ventilador interior y sus respectivos contactos inmediatamente pasan a su posición normalmente abierta. Todos los motores paran incluyendo compresor, ventilador exterior y ventilador interior.

Ahora que sabemos que nuestro diagrama de cableado está correcto desde el punto de vista de su operación, debemos incluir en él los controles de seguridad para la protección del sistema y para mejorar su rendimiento (figura A11-26).

Los interruptores de sobrecarga *OL*, han sido añadidos al sistema para protección del emboinado de los motores del compresor y del ventilador exterior, contra posibles excesos en el flujo de la corriente. Los interruptores de sobrecarga pueden ser instalados dentro de la carcasa del motor, como se muestra en el caso del motor del compresor o también pueden ser montados externamente como en el caso del motor del ventilador exterior. Aunque no se muestra el emboinado del motor del ventilador interior, todos los motores pequeños de una sola fase, están equipados con algún tipo de protección.

Como una precaución adicional para evitar que el compresor trabaje en condiciones anormales, tales como presiones de descarga demasiado altas o presiones de succión peligrosamente bajas, hemos conectado un interruptor de



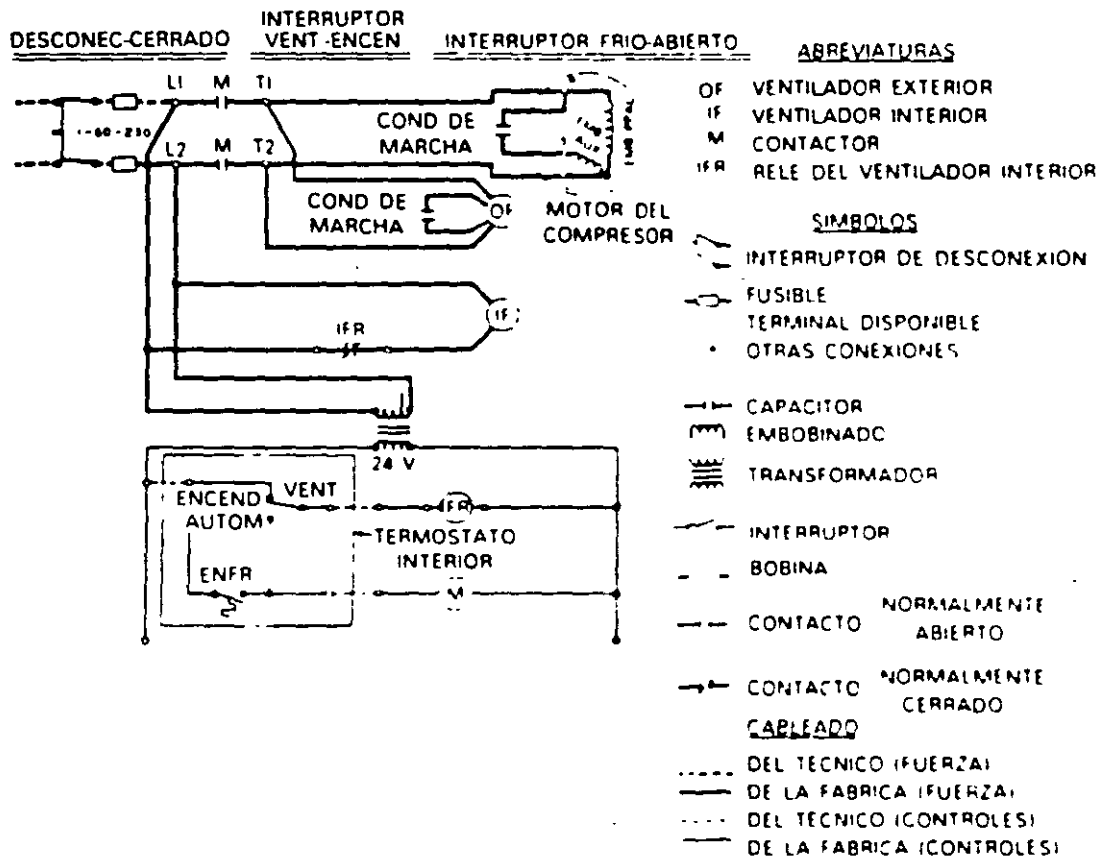


FIGURA A11-23 (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

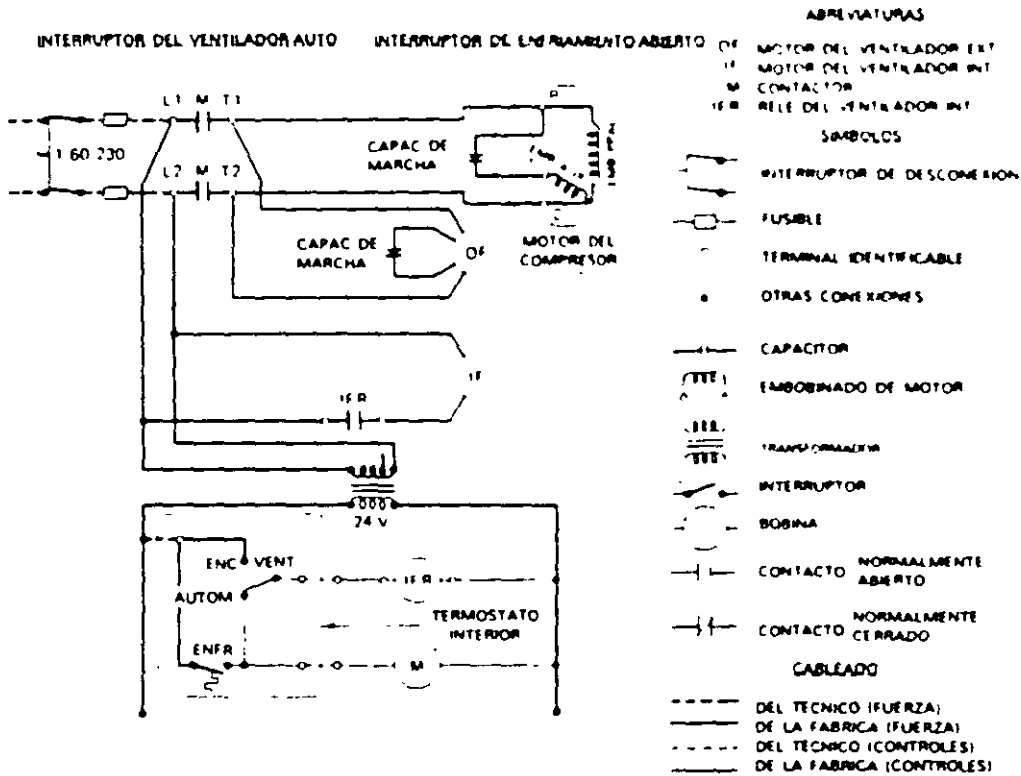


FIGURA A11-24 (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems, Inc.)

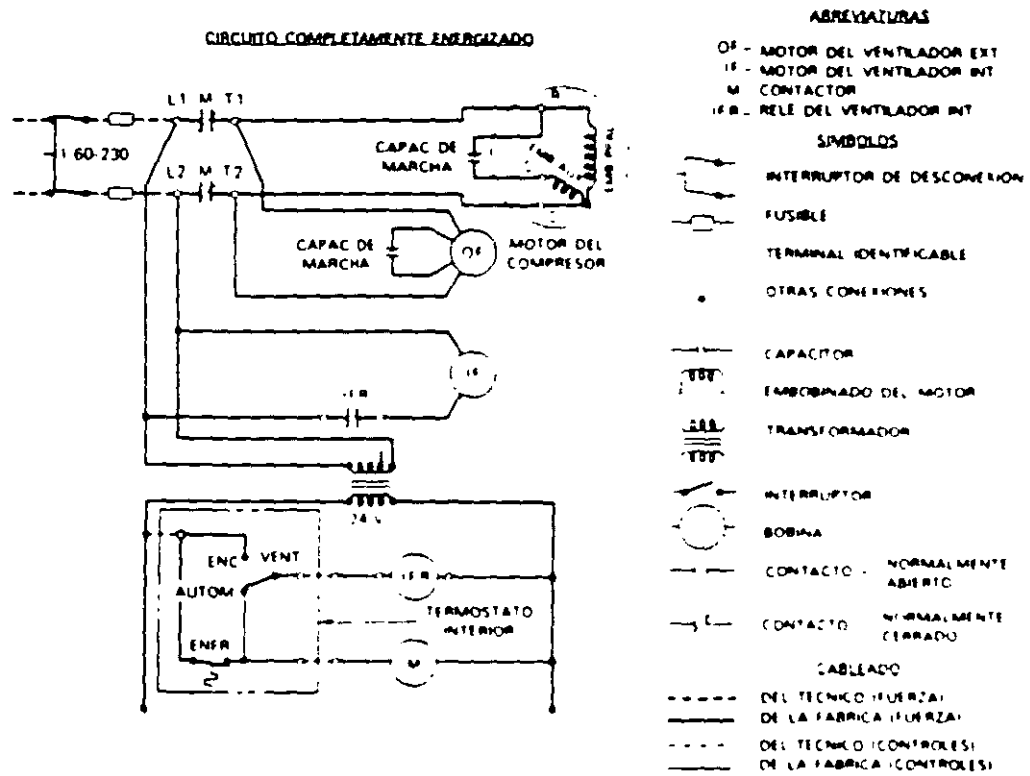


FIGURA A11-25 (Cortesía de Boro Warner Central Environmental Systems Inc.)

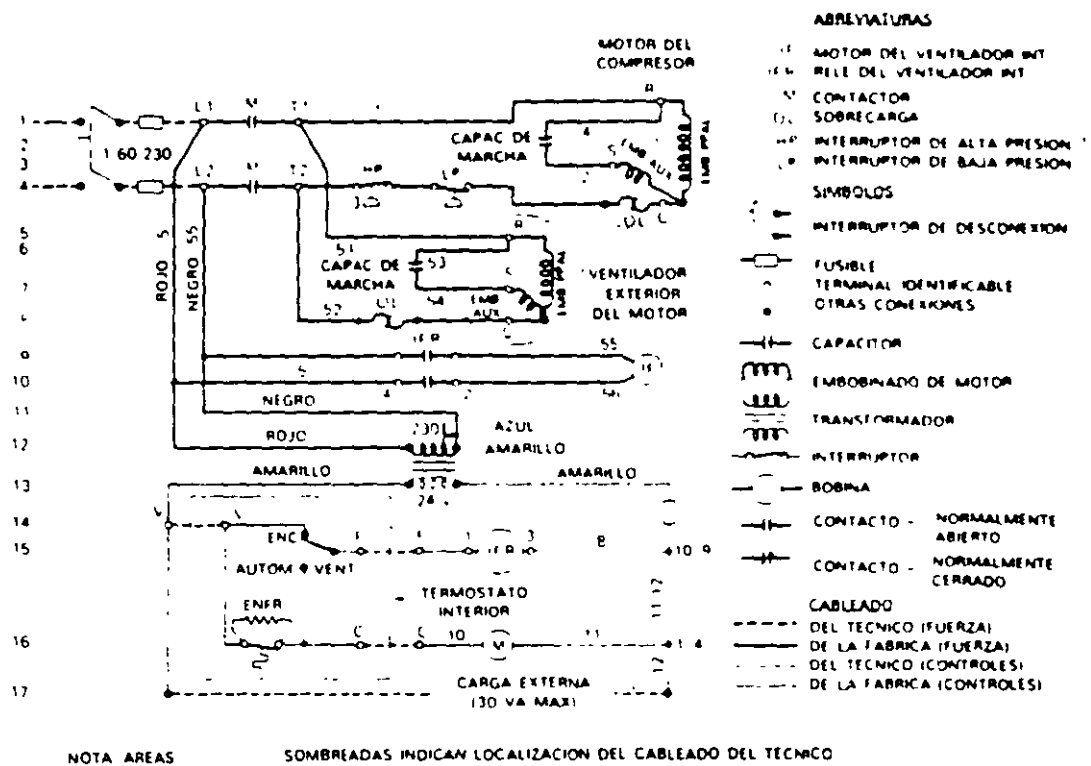


FIGURA A11-26 (Cortesía de Boro Warner Central Environmental Systems Inc.)

ita presión y uno de baja presión, en serie con el embobinado del compresor. El interruptor de alta presión *HP*, es accionado por la presión de descarga del sistema de modo que él abre y para el compresor en caso de que la presión de descarga exceda la calibración del interruptor. El interruptor de baja presión *LP*, es accionado por la presión de succión del sistema de modo que él abre y para el compresor en caso de que la presión de succión caiga por debajo del punto de calibración del interruptor. Para la protección de las bobinas del relé *IFR* y del contactor *M*, lo mismo que para protección de todo el circuito de bajo voltaje, hemos instalado un fusible de tamaño apropiado para que abra el circuito de 24 voltios en caso de un exceso en el flujo de corriente.

Para un control más exacto de la temperatura del aire dentro del espacio acondicionado y como se aplicó en el capítulo 10 un anticipador ha sido conectado a través de los terminales del interruptor de enfriamiento del termostato. Este anticipador es del tipo fijo y no ajustable.

Cuando discutimos los relés, vimos que una bobina de un relé puede accionar todos los interruptores que podamos o que queramos poner dentro del relé y cada interruptor puede estar localizado en una sección diferente del diagrama de cableado. A medida que el diagrama crece y más relés

son usados, estos contactos de los interruptores se vuelven más difíciles de encontrar. Para resolver este problema y facilitar la localización de los contactos de cada relé, el sistema de *diagrama de escalera* es usado frecuentemente.

En el diagrama de escalera (figura A11-26) se identifica cada línea horizontal sobre el lado izquierdo del diagrama, usando una secuencia numérica desde arriba hasta abajo. En el lado derecho del diagrama, a la misma altura de cada bobina, se muestran los números de línea donde están localizados los contactos correspondientes a ese relé. Por ejemplo, nuestro diagrama muestra que la bobina *M* del contactor en la línea 16 tiene dos juegos de contactos localizados en las líneas 1 y 4, mientras que la bobina *IFR* del relé del ventilador interior tiene solamente un juego de contactos localizados en la línea 10.

Nótese también que el cableado de fábrica ha sido codificado por colores para facilitar su identificación. (Algunas veces se utiliza en cambio una codificación numérica, dependiendo del fabricante del equipo.)

Aunque el diagrama que hemos construido es relativamente sencillo, todos los diagramas de cableado están basados en la misma lógica. Cuando el técnico entiende estos principios básicos, aun los diagramas más complicados se simplifican y se hacen más fáciles de leer.

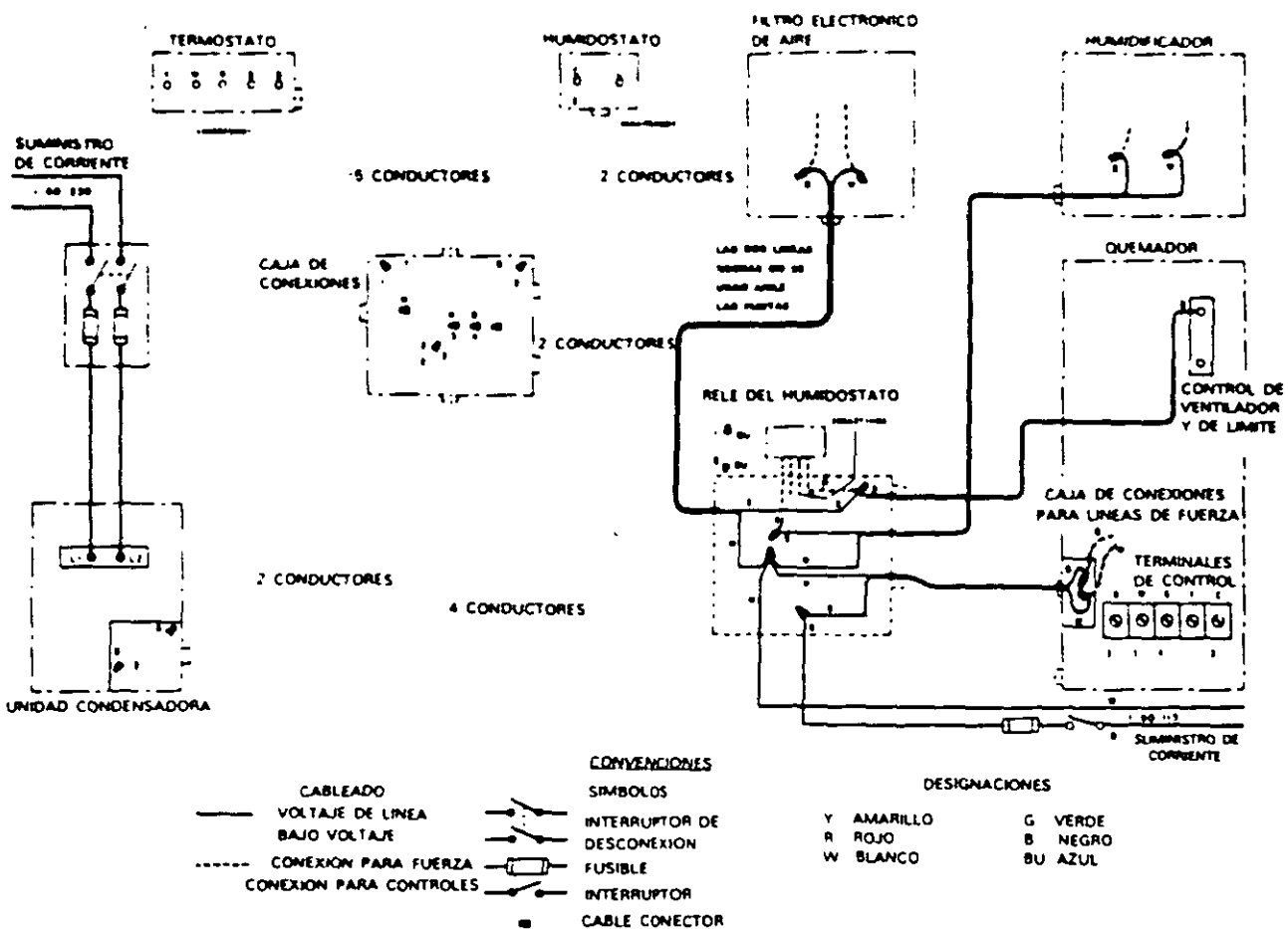


FIGURA A11-27 (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

Es imposible revisar todos los diagramas de cableado que cubren el amplio campo de los productos para calefacción y enfriamiento residenciales, junto con los controles de humedad y filtrado electrónico del aire, los cuales son parte integral de un sistema para confort total. Además, cada fabricante tiene su propia técnica para combinar las varias funciones y métodos de presentación. La mayoría publica los diagramas o por lo menos hacen recomendaciones sobre la aplicación para ayudar al electricista o técnico instalador en la labor de conexión del sistema.

Para simplificar la presentación, este texto estudiará un sistema de confort total (TCS) usando una unidad con quemador de gas de flujo vertical y motor para ventilador de una sola velocidad, un sistema "partido" con unidad condensadora enfriada por aire y serpentín evaporador interior, un termostato con combinación de calefacción y enfriamiento, un humidostato y un filtro electrónico de aire. Primero, el cableado físico y las conexiones entre terminales están ilustradas en la figura A11-27. Esto es lo que el instalador electrónico usará como guía para la instalación. Nótese la necesidad de dos cajas para conexiones para poder efectuar los enclavamientos requeridos. Se detallan

también el número de conductores y de terminales que se necesitan para el cableado de bajo voltaje. El cableado de fuerza es negro (N) y blanco (W) y los cables para tierra son locales para instalaciones eléctricas. El cableado interno de la unidad de calefacción, de la unidad condensadora, etc., no se muestra en el diagrama de instalación. Estudie este diagrama y repase los componentes y las conexiones necesarias específicas.

La figura A11-28, es un diagrama de escalera de este mismo sistema. Primero localice y relacione los componentes principales de este diagrama con los del diagrama anterior, el motor del ventilador del quemador, el humidificador, el filtro electrónico de aire, la unidad condensadora, etc. Note que el termostato tiene un selector con combinación de HEAT (OFF) (CALOR-APAGA-DE) (FRIG) para controlar el modo de operación del sistema y un selector (ON-AUTO) (PRENDIDO-AUTOMÁTICO) para controlar la operación del ventilador. Los anticipadores no se muestran. El diagrama del sistema se muestra en la posición para calefacción.

Al cerrar el interruptor de desconexión (línea 4) habrá flujo de corriente con un voltaje de línea de 115 V hasta el transformador. Siga el cable negro a través del interruptor de límite (L5) que se encuentra cerrado, hasta el embobinado primario del transformador y a través del cable blanco de retorno (línea 5), hasta la entrada de nuevo. Se crea así un

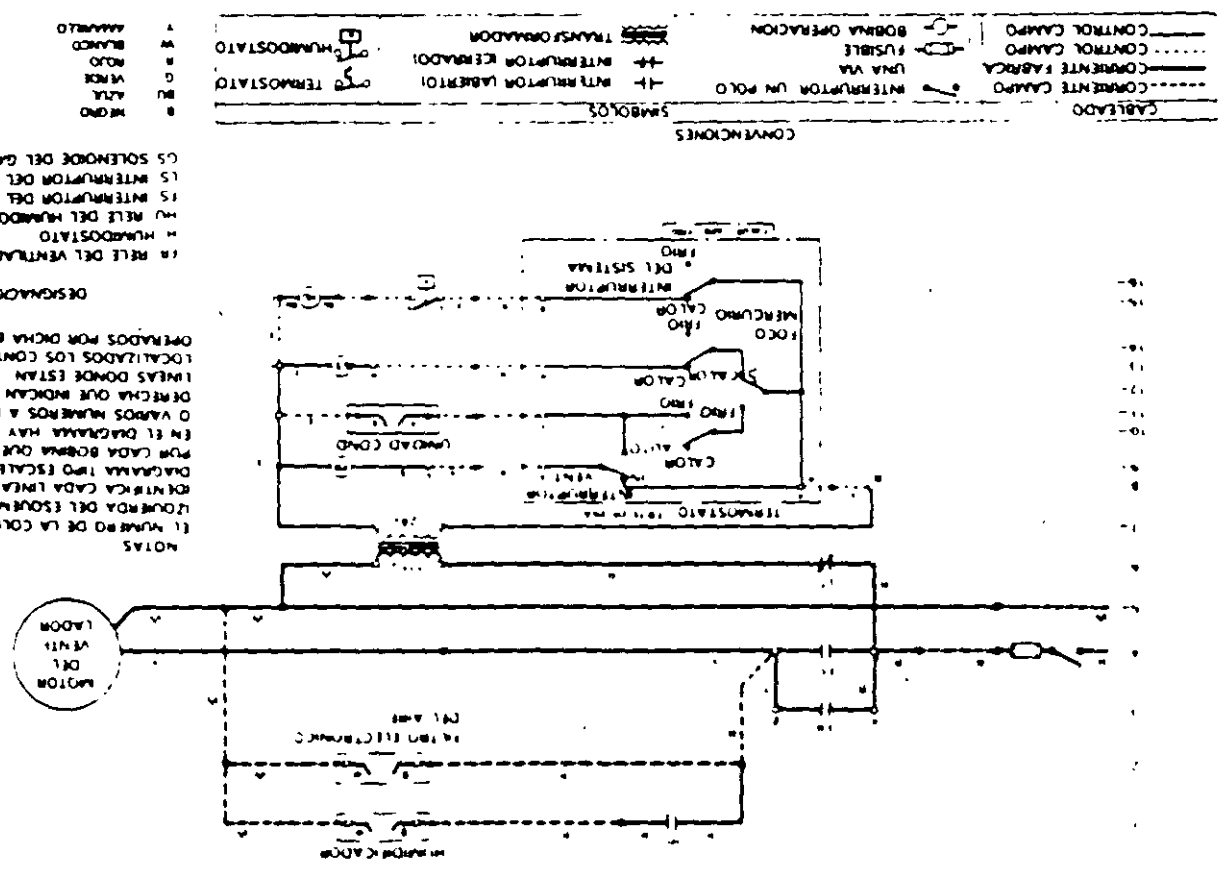


FIGURA A11-28 (Corresa de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc)

potencial de bajo voltaje a través del secundario del transformador.

Este potencial de bajo voltaje queda entonces establecido a través del interruptor del ventilador que está en la posición ON, energizando también la bobina *FR* (relé del ventilador) en la línea 9. Esto hace que se cierre el interruptor *FR* en la línea 3, permitiendo que la corriente con voltaje de línea pase hasta el motor del ventilador y hasta el rele humidificador (*HU*) en la línea 1. De este modo el ventilador trabaja constantemente. Nótese que el *FS* (interruptor del quemador) en la línea 4 puede estar cerrado o no dependiendo de si hay suficiente calor para cerrar sus contactos. La operación de la válvula de gas en la línea 13 dependerá de la posición del bulbo de mercurio según la temperatura en la alcoba. Nótese en la línea 15 que la posición *HEAT* del selector o interruptor permite la alimentación de bajo voltaje a *H* (el humidostato) y que, si se necesita humedad, se cierran sus contactos y se energiza la bobina del relé del humidostato (*HU*) la cual está también en la línea 15. Los contactos del *HU* están localizados en la línea 1 y al cerrarse activarán el humidificador (motor del ventilador o válvula solenoide de agua). Esto se denomina *humidificación permisiva*, controlada automáticamente por el humidostato durante el ciclo de calefacción y con una operación normal del ventilador del quemador. (*Humidificación comandada* sería la de un sistema donde el humidostato puede controlar únicamente la operación del ventilador, sin importar si el sistema está en calefacción o enfriamiento.) El filtro electrónico de aire está conectado

en paralelo con el motor del ventilador y energizado cada vez que el ventilador trabaja.

Si el selector del ventilador está en *AUTO*, la bobina *FR* no podrá ser energizada durante la calefacción y el ventilador del quemador queda controlado por el interruptor *FS* en la línea 4. Durante el enfriamiento, sin embargo la bobina *FR* puede ser energizada a través de los contactos *AUTO* y el ventilador queda así controlado por el termostato. También durante el enfriamiento se completa el circuito de la línea 11 a través de los terminales *A* y *B* del contactor de la unidad condensadora. Esto hace que entren a trabajar el compresor y el ventilador de condensación exterior. Estos motores prenden y apagan con el interruptor de mercurio que abre y cierra de acuerdo a la temperatura de la alcoba. Nótese que el interruptor del centro desenergiza la válvula de gas y que el interruptor más bajo desenergiza el humidostato, cuando ambos pasan a la posición de enfriamiento. Nótese también que durante el enfriamiento, el ventilador del quemador puede energizarse gracias al relé *FR* (*ON* o *AUTO*) y así suministrar corriente al filtro de aire electrónico.

Es así como se instala y alambra un sistema TCS sencillo y muy común. Al añadir un control de varias velocidades para el ventilador interior, un termostato de dos etapas para calefacción y enfriamiento, humidificación comandada, etc., se sofistican y agranda el sistema pero, ninguno de estos elementos lo hacen más complejo, si el esquema es analizado paso a paso según la función y operación de cada elemento.

---

---

## PROBLEMAS

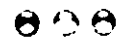
---

---

- A11-1. La entrada de servicio para electricidad en residencias es de \_\_\_\_\_ V, \_\_\_\_\_ fases y \_\_\_\_\_ Hz.
- A11-2. Los interruptores termomagnéticos (o fusibles) principales tienen capacidades de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ A.
- A11-3. La caída de voltaje para seleccionar tamaños de conductor se debe limitar a \_\_\_\_\_ %.
- A11-4. Los diagramas eléctricos deben tener \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ para poder comprenderlos en forma adecuada.
- A11-5. La corriente monofásica se identifica mediante dos letras y colores de código. ¿Cuáles son?
- A11-6. ¿Qué colores se emplean para conductor con corriente, conductor neutro y tierra?
- A11-7. Los fabricantes, en general, proporcionan dos diagramas eléctricos. ¿Cuáles son?
- A11-8. La identificación para conductores de alto y bajo voltaje es \_\_\_\_\_ para alto voltaje y \_\_\_\_\_ para bajo voltaje.
- A11-9. La identificación para instalación en fábrica o en campo es \_\_\_\_\_ para instalación en fábrica y \_\_\_\_\_ para instalación en campo.
- A11-10. ¿Cuál es la función del interruptor limitador en la unidad de calefacción?
- A11-11. ¿Qué hace el interruptor del ventilador del quemador?
- A11-12. El ventilador no puede trabajar a menos que el termostato pida calor. ¿Cierto o falso?



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 12 SISTEMAS DE CONTROL PARA EQUIPOS  
COMERCIALES E INDUSTRIALES**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A12

## Sistemas de control para equipos comerciales e industriales

≡≡≡ A12-1

### ≡≡≡ GENERALIDADES

La diferencia entre los sistemas de control residenciales y aquellos para uso comercial e industrial radica en el aumento de tamaño de los equipos, en requisitos más sofisticados de aplicación (controles ambientales especiales, ciclos economizadores, etc.) y en la naturaleza del espacio que debe ser acondicionado.

El equipo paquete central de calefacción y aire acondicionado (hasta de 5 toneladas), típico de las instalaciones residenciales y comerciales pequeñas, es monofásico. En todas las instalaciones residenciales hay generalmente sólo un termostato (la excepción estaría en el caso de control por zonas con dos unidades). Los termostatos para calibración y control en un solo punto son también muy comunes en instalaciones pequeñas donde se utiliza un solo ducto.

Solamente cuando llegamos hasta el tamaño de 7½ toneladas, encontraremos sistemas realmente trifásicos, aunque algunos fabricantes ofrecen unidades trifásicas pequeñas para aplicaciones especiales. Por encima de 7½ toneladas se hacen más necesarios los controles de trabajo pesado para arranque y protección del compresor y en los equipos de gran capacidad es muy importante incluir accesorios especiales tales como arrancadores de voltaje reducido, arrancadores de transición abiertos y cerrados, etc.

El cambio de un sistema de ducto para una zona con un solo termostato a un sistema de ductos para zonas múltiples, con ductos dobles o con equipos de inducción, requieren siempre un cambio a controles ambientales múltiples. Esto de por sí contribuye un gran cambio en el sistema de control del equipo de aire acondicionado. A medida que se hace más necesaria la separación de los equipos y el control individual de las zonas, se debe recurrir con más frecuencia a los *centros de control* con monitores para evitar tener personal recorriendo continuamente todo el edificio verificando las condiciones.

Los sistemas comerciales pequeños y medianos del tipo paquete utilizan generalmente controles eléctricos diseñados e instalados en fábrica, de modo que requieren un trabajo mínimo en el sitio de instalación para quedar conectados eléctricamente. Esto reduce los costos de instalación, mejora la confiabilidad y simplifica los problemas de mantenimiento a que se pueda ver enfrentado el personal de operación y servicio.

Por otra parte, los equipos de aplicación industrial tienen casi siempre *sistemas de controles diseñados* para satisfacer los requisitos de una aplicación en particular y este diseño viene siempre incluido en los *planos y especificaciones* preparados por el *ingeniero consultor*. Es a este nivel donde se generaliza el uso de controles neumáticos y electrónicos junto con los controles eléctricos comunes.

La instalación de *sistemas de control diseñados* especialmente para una aplicación, es un campo especializado donde todo el trabajo es hecho por contratistas de controles, quienes no solamente instalan el sistema sino que también hacen el arranque inicial, balanceo y servicio del mismo. Como se dijo éste es un campo especializado que ofrece magníficas oportunidades a los técnicos más calificados.

≡≡≡ A12-2

### ≡≡≡ CIRCUITO DE CONTROL ELECTRICO COMERCIAL

Después de esta corta introducción a los sistemas comerciales e industriales, veamos un sistema de control eléctrico para una unidad de techo, típica de las instalaciones comerciales, con quemador de gas, control de ambiente y ciclo economizador. Es muy común que el fabricante presente la información en tres partes: (1) el circuito básico de fuerza para refrigeración, (2) el control especial para la regulación de la calefacción de gas, aceite, eléctrica (en este ejemplo se usa la calefacción por gas) y (3) las convencio-

SA121 } 208/230 3 60  
480 3 60

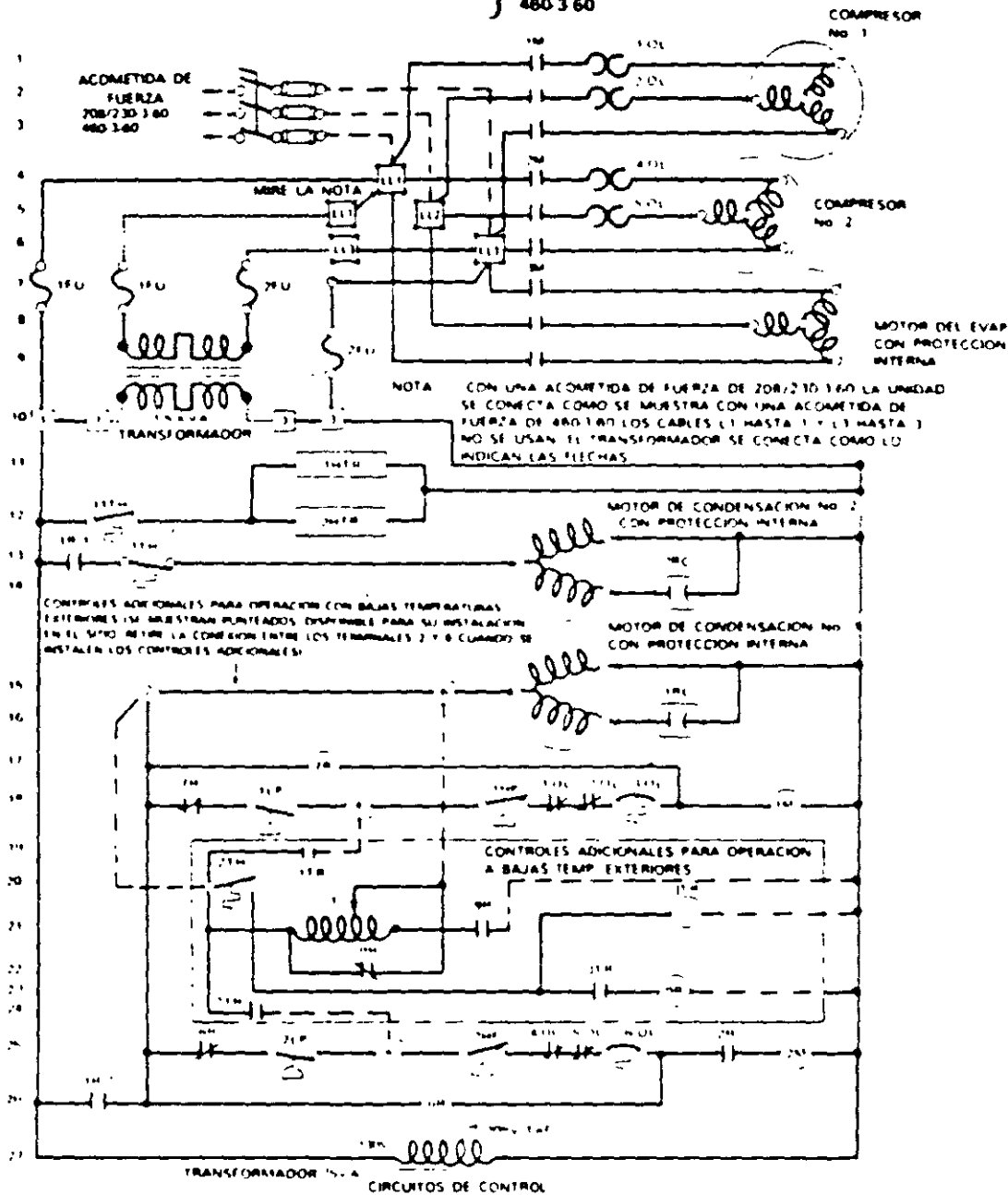


DIAGRAMA DE CABLEADO BASICO

FIGURA A12-1 Diagrama de cableado de alto voltaje (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems Inc.)

nes necesarias para identificar los componentes y los símbolos

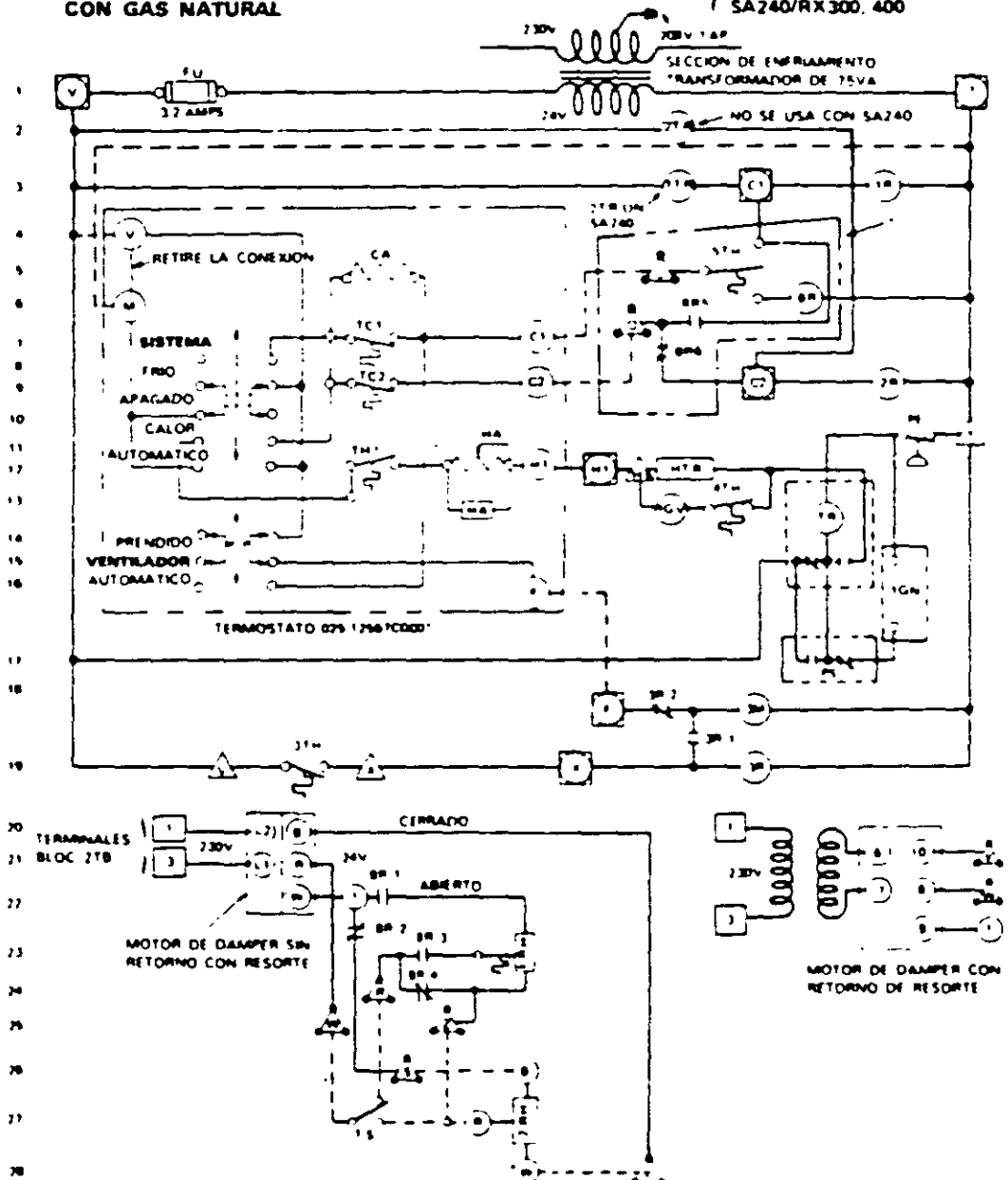
La figura A12-1 muestra el cableado de fuerza básico para los compresores y el motor del ventilador interior (nótese que éste es un sistema con dos compresores). También está incluido el cableado para los dos motores de ventiladores en la unidad condensadora. La figura A12-2 muestra el circuito de control de bajo voltaje y la figura A12-3 muestra las convenciones.

Refiriéndonos a la figura A12-1, el suministro de fuerza lo hemos tomado como 208/230 V, tres fases, 60 ciclos, para poder así determinar el tamaño o capacidad de los fusibles y del interruptor principal de desconexión. De la tabla eléctrica del fabricante (figura 19-4), en el renglón correspondiente al modelo de 208/230 V podemos sacar los datos correspondientes al tamaño de los fusibles y calibre de los cables. Este modelo en particular requerirá un interruptor de desconexión de 100 A y fusibles de elementos



**CIRCUITO DE CONTROL-ENFRIAMIENTO Y CALEFACCION  
CON GAS NATURAL**

SA121/RX200  
SA181/RX300, 400  
SA240/RX300, 400



CUANDO LA OPCION DE 100% AIRE EXTERIOR NO SE USA CONECTE C1 Y C2 EN EL TERMOSTATO A T1 Y T2 EN LA UTILIDAD ENFRIADORA RESPECTIVAMENTE

DIAGRAMA DE CABLEADO BASICO

**FIGURA A12-2** Circuito de control de bajo voltaje (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc)

dobles, de un máximo de 70 A. El calibre mínimo del cable de suministro está en función de la distancia entre el interruptor principal y los terminales LL<sub>1</sub>, LL<sub>2</sub> y LL<sub>3</sub> en el panel de la unidad acondicionadora. Asuma que la distancia es de 125 pies. El calibre mínimo del cable para 60°C, debe ser el No. 4 AWG.

Todos los compresores tienen motores trifásicos, con térmicos de sobrecarga (OL) conectados externamente a los circuitos del enbobinado. El evaporador tiene también un

motor trifásico, pero con protección interna. Estos tres motores son arrancados por los contactores denominados 1M, 2M y 3M, respectivamente.

Los motores de los ventiladores del condensador y el resto de los controles son monofásicos, para poder colocar los elementos en serie en los circuitos, cosa que no puede hacerse con corriente trifásica. El voltaje de línea monofásico se conecta a los terminales 1 y 3 de la línea 10. Ignore el transformador (vea la nota); su única función es reducir

**CONVENCIONES COMUNES A LOS DIAGRAMAS DE CABLEADO BASICO PARA SA121 SA181 Y SA240**

CA	Anticaptador anti-oscilaciones	110	210	Capacitor de marcha
HA	Anticaptador anti-oscilaciones	110	210	Interruptor de estado
101	Autotransformador controlado de velocidad	110	210	Interruptor de estado
102	Fusible	110	210	Termostato anti-oscilaciones 1er paso
103	Compuerta compresor	110	210	Termostato anti-oscilaciones 2do paso
104	Compuerta motor condensador	110	210	Termostato controlado por 1er paso
105	Alarma de gas	110	210	Termostato controlado por 2do paso
106	Alarma de gas segundo paso	110	210	Termostato controlado por 3do paso
107	Compuerta en termostato controlado 17M	110	210	Termostato controlado por 4do paso
108	Compuerta 1er paso del compresor	110	210	Termostato controlado por 5do paso
109	Control de alta presión relé	110	210	Termostato controlado por 6do paso
110	Transmisor de presión (1er a 6to) de bomba (control)	110	210	Termostato controlador del cárter
111	Interruptor de alta presión del gas	110	210	Relé controlador de cambio de refrigerante
112	Control de baja presión relé	110	210	Interruptor de estado del ventilador
113	Alarma de baja presión relé	110	210	Relé de motor
114	Alarma de baja presión relé	110	210	Relé de control de motor
115	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador del sistema de protección
116	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura 17M
117	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura 21M
118	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 17M
119	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
120	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
121	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
122	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
123	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
124	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
125	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
126	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
127	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
128	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
129	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M
130	Alarma de baja presión relé	110	210	Controlador de temperatura de 2do motor 21M

**CONVENCIONES ESPECIFICAS PARA LOS DIAGRAMAS DE CABLEADO BASICO DE SA121 SA181 SA240**

Modelo	SA121	SA181	SA240
101	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
102	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
103	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
104	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
105	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
106	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
107	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
108	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
109	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
110	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
111	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
112	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
113	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
114	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
115	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
116	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
117	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
118	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
119	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
120	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
121	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
122	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
123	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
124	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
125	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
126	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
127	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
128	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
129	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso
130	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso	Relé controlado por 1er paso

FIGURA A12-3 Convenciones (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems Inc.)

**TAMAÑO DEL INTERRUPTOR DE DESCONEXION CAPACIDAD DE LOS FUSIBLES Y CALIBRE DEL ALAMBRADO MODELOS PARA ENFRIAMIENTO SOLAMENTE O CON CALEFACCION DE GAS SA91 SA121 SA181 SA240 y SA360**

Modelo	Acometida de fuerza	Longitud del cableado en un sentido hasta pies	Calibre máximo del cableado AWG 60°C (cableado de voltaje del 2%)	Más capacidad del fusible de sistema doble	Interruptor de desconexión tamaño en amperes
SA91 25A	A	100 175 200 250	6 4 3 2	55	60
SA91 45A	A	150 250	10 8	30	30
208/230 VOLTS SA121 25A	A	125 150 200 250	4 3 2 1	70	100
SA121 45A	A	200 250	8 6	40	60
SA181 25A	A	150 200 250	1 0 000	100	100
SA181 45A	A	250	4	60	60
SA240 25C	A	150 200 250	00 000 250MCM	175	200

FIGURA A12-4 (Cortesía de Borg Warner Central Environmental Systems Inc.)

el voltaje de 460 V a 230 V y no es usado en este ejemplo. Nótese los fusibles para protección adicional 1 FU y 2 FU en la conexión monofásica. Bajemos hasta la línea 11 y 12 para encontrar los calentadores del cárter de los compresores (1 HTR y 2 HTR) que son energizados cuando el termostato del cárter se cierra debido a una reducción en la temperatura del aceite. Estos calentadores pueden operar siempre y cuando el interruptor principal esté conectado, no importa en qué parte del ciclo esté el sistema. Por consi-

guiente, es muy importante que *la corriente nunca sea quitada ni aun durante la época fría.*

Los dos ventiladores del condensador tienen motores monofásicos con capacitores de marcha externos (1 RC y 2 RC) y con protección interna de sobrecarga. Como se dijo anteriormente, ésta es una unidad de circuito doble equipada con un control especial para bajas temperaturas ambientales exteriores. Nótese que en la línea 13 el motor del ventilador de condensación No. 2 es energizado por el relé

de enfriamiento /R-1, pero también puede ser desactivado por el termostato del ambiente 1 TH. Si no fuera por el ciclo economizador, el motor del ventilador No. 1 del condensador estaría alambrado del mismo modo que el ventilador No. 2. El sistema economizador trabaja dentro del mismo rango de temperatura del termostato ambiental 1 TH y los dos deben estar electricamente interconectados como se muestra desde la línea 15 a la línea 26. El /R-2 en la línea 26 es el relé de enfriamiento No. 2 y la llave para energizar el circuito que alimenta los terminales 2 y 6 y el motor del ventilador de condensación No. 1; examine el circuito. Cuando se usa el juego adicional de controles para operación de los ventiladores en bajas condiciones ambientales, el cable de conexión entre los terminales 2 y 6 se elimina y el circuito que se muestra pautado se conecta. Siguiendo la línea 26, el relé /R-2 se cierra y la corriente pasa hacia la bobina 6R y los contactos 2R energizando así la bobina del conector 2M, lo cual permite trabajar el compresor No. 2. Los contactos 2R son cerrados por la bobina 2R conectada al segundo paso del termostato de enfriamiento. La bobina 6R es la llave para el suministro de corriente a la línea 25 a través de los contactos 6R. La línea 25 contiene un control de corte de baja presión (2L/P), un control de corte de alta presión (2H/P), los interruptores de sobrecarga 40L y 50L y el termostato de corte 60L. Los cuales están todos protegidos al compresor No. 2. Observe que la línea 18 constituye un circuito de protección similar al de la línea 25 pero en este caso, para el compresor No. 1. Los dos relés de corte 6R y 7R están normalmente cerrados.

Sin entrar en una explicación completa y detallada de los controles adicionales para control de ventiladores según el ambiente exterior, debemos señalar que el 2TH de la línea 20 (termostato del ambiente exterior) es la llave de control del ventilador de condensación No. 1 a través del sistema de relés retardadores de tiempo 1 TR, 2 TR y 3 TR que eventualmente alimentan el terminal 6 y energizan el motor del ventilador de condensación. El autotransformador T (línea 20) es un control de velocidad que modula las rpm del motor del ventilador en vez de operar directamente de la posición APAGADO a la de (RENDIDO) y viceversa. Nótese que T entra en el circuito cuando los interruptores 9R se invierten para responder a la orden de operación del control de ambiente exterior. De otro modo, el motor del ventilador trabajará al tope de rpm ya que la corriente no pasa a través de T porque 9R, en la línea 21, está abierto. En la línea 27 está el lado primario, con voltaje de línea, del transformador de control. Su capacidad es de 75 voltamperes. Ahora vamos hasta la figura 19-2, al diagrama de circuito de bajo voltaje. La línea 1 es el lado secundario, con voltaje de 24 V y con un fusible de protección de acuerdo con la carga en amperios. El termostato interior (en el área acondicionada) tiene un sistema de selección que incluye las posiciones COOL-OFF-HEAT-ALTO (FRIO) APAGADO-CALOR-AUTOMÁTICO). En ALTO el sistema opera en calefacción, enfriamiento o con el sistema economizador según se requiera y sin selección manual. El TC1 y el TC2 son los dos pasos del termostato para el

enfriamiento. El TH1 es el termostato para calefacción de un solo paso. El selector del ventilador interior puede estar en el ON (para operación continua) o en ALTO para operar de acuerdo con el control del soplador 3 TH. El termostato economizador de control 5 TH, localiza do en la cámara de mezcla, está conectado al C1 en el circuito del primer paso de enfriamiento, de modo que el compresor No. 1 no podrá trabajar mientras el 5 TH está abierto, lo que significa que la temperatura del aire exterior es lo suficientemente baja para entrar en una necesidad de que el sistema trabaje. Sin embargo, cuando la temperatura del ambiente exterior sube lo suficiente para requerir enfriamiento, el 5 TH cierra, suministrando corriente al relé 8R y permitiendo que los relés de enfriamiento 1R y 2R cierren, cuando sus respectivos pasos del termostato lo ordenen a través de los contactos 8R5 y 8R6. El 1 TR y 2 TR son relés retardadores de tiempo del circuito de enfriamiento, que no permiten que los dos compresores arranquen al mismo tiempo. Durante la calefacción el sistema economizador queda neutralizado. La corriente del TH1 en la línea 12 ya hasta el terminal H1 pasando a través del amperador de calor H4. El H1 alimenta la válvula de gas (GV), siempre y cuando los contactos 4 TH del control de límite están cerrados. Otro circuito en la línea 17 provee un flujo alternativo de corriente hasta el interruptor piloto de seguridad P5, el cual a través de sus contactos alimenta al transformador piloto de ignición IGN. Sin embargo la ignición no ocurre si no hay suficiente presión de gas para cerrar el interruptor P5 (pre-sensibilización) en la línea 11. Al mismo tiempo el TR relé retardador de tiempo es energizado también, los contactos debajo de él son cerrados y la válvula de gas se abre. Todo esto sucede instantáneamente.

Si el selector del ventilador está en la posición ON, la corriente del terminal 1 pasa a través de los contactos normalmente cerrados del interruptor 3R-2 y energiza al 3M (la bobina del conector) para poner en marcha el ventilador interior o del evaporador. En la posición ALTO este circuito queda prácticamente neutralizado. La corriente entonces fluye en la línea 19 a través del 3 TH o termostato de control del ventilador. Si hay suficiente calor para cerrar el interruptor y a través de la bobina 3R la cual cierra 3R-1 y abre 3R-2. Así el 3M queda energizado de nuevo y comienza a trabajar el ventilador interior, quedando en funcionamiento hasta que el 3 TH abra.

La corriente (230 V en las líneas 20 y 21) para operar el dampert de aire exterior del sistema economizador, viene desde los terminales 1 y 2 de la línea 10 en la figura A12-1. Se muestran dos diagramas, uno de un motor para dampert sin resorte en el mecanismo de retorno; el otro tiene un resorte para el retorno. Con este sistema de retorno con resorte, el dampert se cierra completamente en el caso de una falla en el suministro eléctrico o en el motor. Si no hay un resorte de retorno, el motor cerrará el dampert hasta la posición que permita la entrada de la cantidad mínima necesaria de aire exterior. Nótese que el relé 8R con su bobina en la línea 6, es la llave que acciona todos los interruptores, el 8R-1, 8R-2, 8R-3 y 8R-4 son los interruptores que controlan los dampers 1-RH y 2-RH.

Para el principiante, esta explicación puede parecer complicada, pero con un poco de concentración, podrá ver que este circuito no difiere mucho del que se vio para los sistemas residenciales. La diferencia está en la adición de los calentadores del cárter, control de ventiladores de condensación de acuerdo a las condiciones del ambiente exterior, dampers economizadores, ignición electrónica en la parte de calefacción y compresores dobles.

Otros accesorios que pueden ser encontrados en productos similares son, la calefacción de dos pasos, sistemas de extracción de humos e interruptores de veleta para verificar el flujo de aire.

Con calefacción eléctrica en vez de gas, la parte de controles de bajo voltaje será muy diferente a la que acabamos de estudiar. La parte del circuito de fuerza en la figura A12-1 sí permanece esencialmente la misma

4. Las líneas de aire que van desde los aparatos de control hasta los dispositivos controlados. Estas se denominan *líneas secundarias*.
5. Los dispositivos controlados tales como válvulas y motores. Estos se denominan *operadores o accionadores*.

La fuente de aire comprimido es un compresor movido por un motor eléctrico (figura A12-5) y conectado a un tanque de almacenamiento en el cual la presión se mantiene dentro de ciertos límites (generalmente entre 20 y 35 PSI para los sistemas de baja presión). El aire que sale del tanque pasa por un filtro para quitarle el aceite y el polvo y en muchas instalaciones se incluye un pequeño equipo de refrigeración para condensar la humedad que tenga el aire. Las válvulas reductoras de presión controlan la presión del aire en la línea que alimenta el controlador (termostato).

Si el edificio ya tiene un compresor para otros servicios, solamente será necesario instalar una válvula y un filtro para reducir la presión y limpiar el aire y así se podrá eliminar la instalación de otro compresor sólo para controles.

La función del controlador es regular la posición del aparato controlado. Este trabajo lo efectúa tomando aire a presión constante de la línea principal y enviándolo a través de un ramal al aparato controlado a una presión que varía de acuerdo con el cambio en las condiciones controladas.

Un termostato neumático con boquilla se ilustra en la figura A12-6. El elemento bimetalico, el cual reacciona a los cambios de temperatura, es el que acerca o aleja la platina de la boquilla, regulando así la cantidad de aire que sale por esta y por consiguiente regulando la presión en la línea secundaria. Los aparatos de este tipo no tienen un rango muy amplio de control, de modo que frecuentemente los encontramos conectados a un relé que está alimentado separadamente con aire a presión para activarlo. El trabajo del termostato de boquilla consistirá simplemente en controlar la acción del relé. Los controles de purga por boquillas causan naturalmente una pérdida constante de aire comprimido.

### A12-3

## SISTEMAS NEUMATICOS DEL CONTROL

Los sistemas neumáticos de control utilizan el aire comprimido como medio para accionar válvulas, motores, relés y otros equipos de control. Por consiguiente los circuitos consisten de tubería para aire, válvulas reguladoras y de corte, orificios y otros dispositivos mecánicos similares.

Los sistemas de control neumáticos ofrecen numerosas ventajas, especialmente en aplicaciones industriales y comerciales:

- El equipo neumático se adapta muy bien a sistemas modulantes, aunque se puede de todos modos obtener una operación de dos posiciones simplemente.
- Una gran variedad de secuencias y combinaciones de control pueden ser implementadas usando equipos relativamente sencillos.
- Se dice que el equipo neumático está relativamente libre de problemas de operación.
- Es el equipo más apropiado para reducir los riesgos de incendio o explosión.
- Su costo puede ser menor si los reglamentos de construcción requieren la utilización de tubería conduit para el caso de los controles eléctricos.

Los sistemas de control neumáticos están compuestos de los siguientes elementos:

1. Una fuente de aire comprimido seco y limpio para obtener la energía de operación.
2. Las líneas de aire generalmente de cobre o de plástico, que llevan el aire desde la fuente hasta los dispositivos de control. Estas líneas se denominan *principales*.
3. Los elementos de control tales como termómetros, humidóstatos, controladores de humedad, relés o interruptores. Estos se llaman *controladores*.

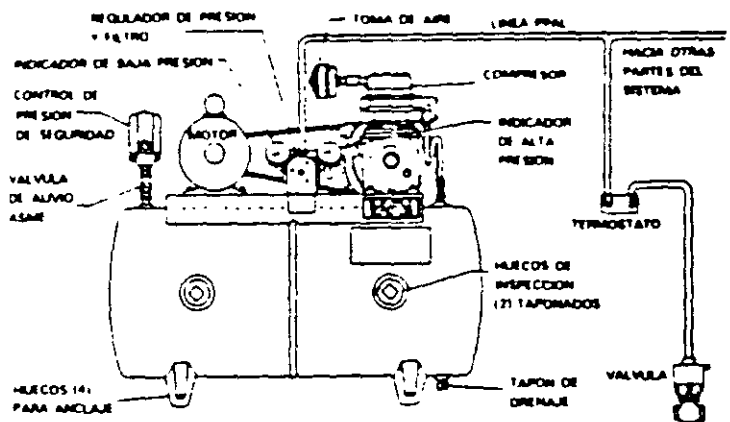
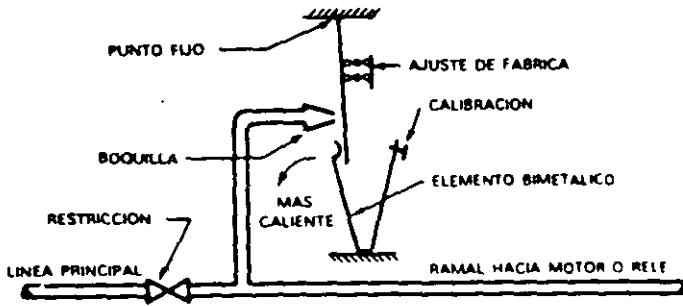
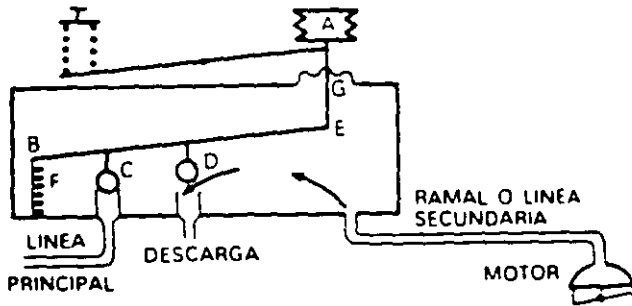


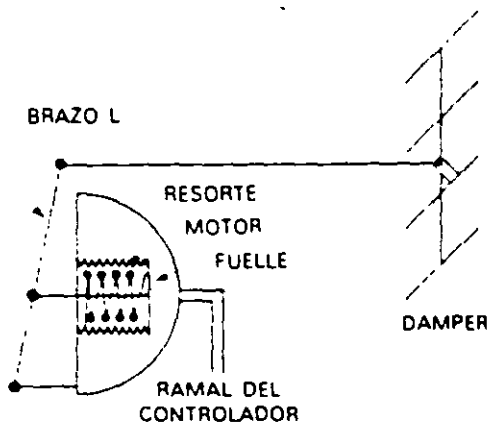
FIGURA A12-5 Diagrama de un sistema neumático de control



**FIGURA A12-6** Diagrama de un termostato neumático con purga por boquilla



**FIGURA A12-7** Diagrama de un termostato sin purga en el momento de una disminucion en la condicion medida



**FIGURA A12-8** Accionador neumático y damper normalmente abierto

Los controladores sin purga dejan escapar el aire únicamente cuando la presión en la línea secundaria va en aumento. La presión del aire está regulada por un sistema de válvulas (figura A12-7) las cuales eliminan la pérdida constante de aire que se presenta en el termostato con purga. Las válvulas *C* y *D* están controladas por el fuelle (*A*), cuya acción depende de los cambios de temperatura en el ambiente acondicionado. Aunque el escape de aire que se produce cuando la presión va en aumento es en cierto modo una purga, la cantidad de aire perdida es muy pequeña.

Los aparatos controlados son en la mayoría accionadores y operadores como los motores para dampers y válvulas neumáticas. Los principios de operación son los mismos

para ambos. La figura A12-8 es el diagrama de un motor típico. El movimiento del fuelle, a medida que la presión en la línea secundaria cambia, hace variar la posición de las varillas de control del damper o la posición del vástago de la válvula. El resorte ejerce una fuerza opuesta de modo que pueda mantenerse una posición estable y controlada. El brazo *L* del motor puede ser usado para efectuar diversas funciones.

La figura A12-9 es un resumen gráfico de algunas de las funciones que pueden realizarse con un sistema de control neumático. Nótese que siempre habrá una relación o interconexión entre los aparatos neumáticos y el sistema eléctrico y que el dispositivo usado con mayor frecuencia es el rele neumático/eléctrico.

## A12.4 CONTROLES ELECTRONICOS

Los sistemas de control electrónico pueden también ser usados para controlar eficazmente sistemas comerciales e industriales de calefacción, ventilación y aire acondicionado HVAC, al mismo tiempo que están ganando popularidad en instalaciones residenciales. Los controles electrónicos automáticos son los más nuevos de los tres tipos de controles (eléctricos, electrónicos y neumáticos). Estos controles ofrecen un gran número de ventajas. Los elementos sensores del controlador electrónico son sencillos, no hay partes móviles que produzcan problemas. Las respuestas son rápidas. El elemento regulador del controlador es generalmente colocado a cierta distancia del elemento sensor lo cual ofrece varios beneficios: (1) todos los ajustes pueden hacerse desde una estación central, (2) el área central puede ser más limpia que el lugar donde se coloca el elemento sensor y (3) puede ser fácilmente promediada la temperatura.

Solamente se necesitan conexiones sencillas de bajo voltaje entre el elemento sensor y el circuito eléctrico. La flexibilidad es una ventaja importante ya que los circuitos electrónicos pueden ser combinados con circuitos eléctricos y neumáticos para obtener resultados que generalmente no pueden lograrse separadamente. Los circuitos electrónicos pueden sentir los cambios de temperatura en varios puntos (ambiente interior, aire exterior, descarga del ventilador, etc.) y programar las reacciones de los controladores de acuerdo con estos cambios. Otro ejemplo está en un elemento sensor de aproximadamente 25 pies de longitud para instalación dentro de un ducto de modo que la temperatura del aire pueda ser promediada a todo lo largo en vez de ser sensada en un solo punto con un bulbo.

Los controles electrónicos están basados en el concepto del puente de Wheatstone (figura A12-10), el cual está compuesto de dos juegos de dos resistencias en serie cada uno ( $R_1$  y  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$ ), conectadas en paralelo a una fuente de corriente. Un galvanómetro *G* (un indicador muy sensible de corriente eléctrica) se conecta entre las dos series paralelas, en los puntos *C* y *D*. Si el interruptor *S* está cerrado, el voltaje *E* (de la pila) pasa a través de las dos

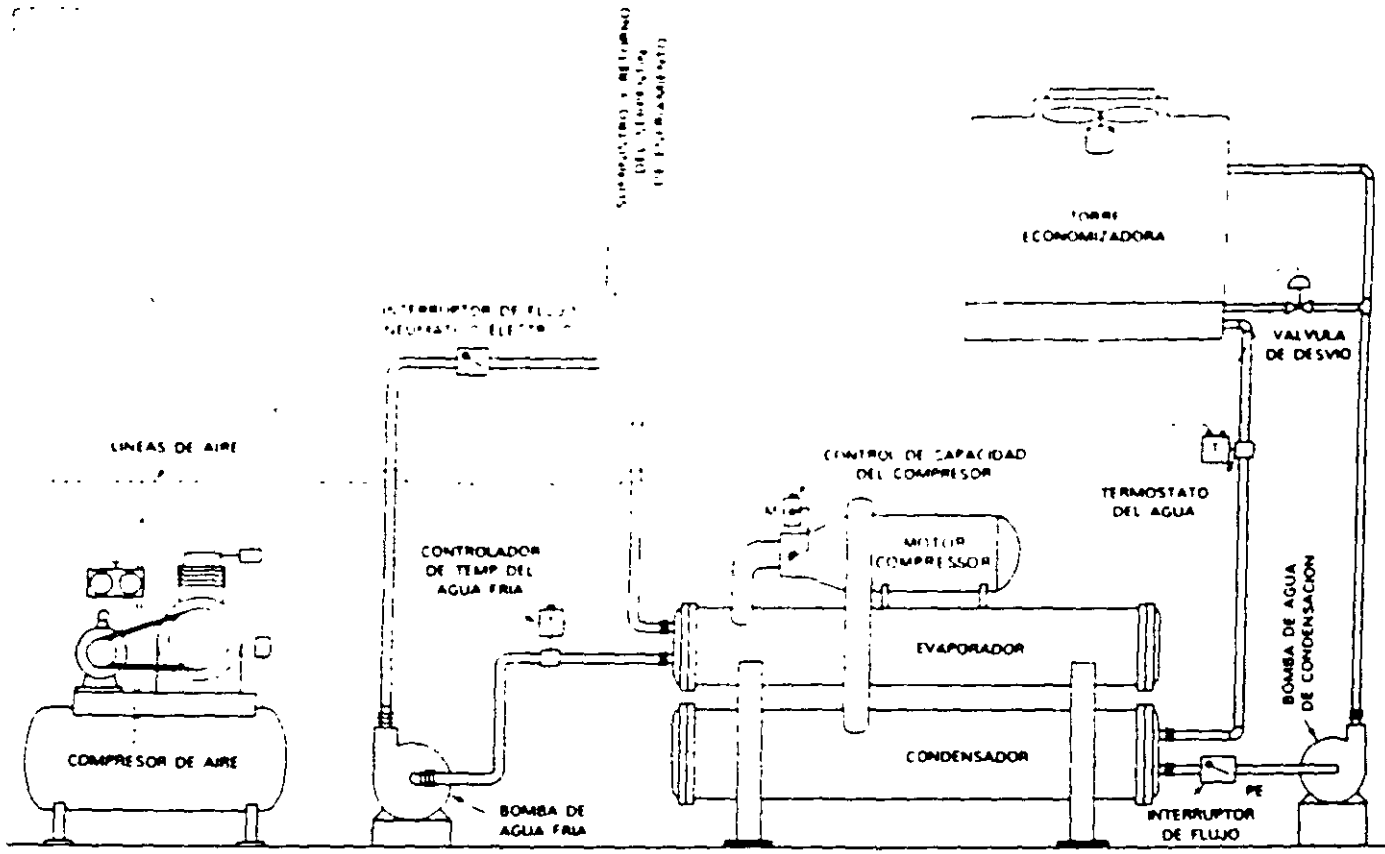
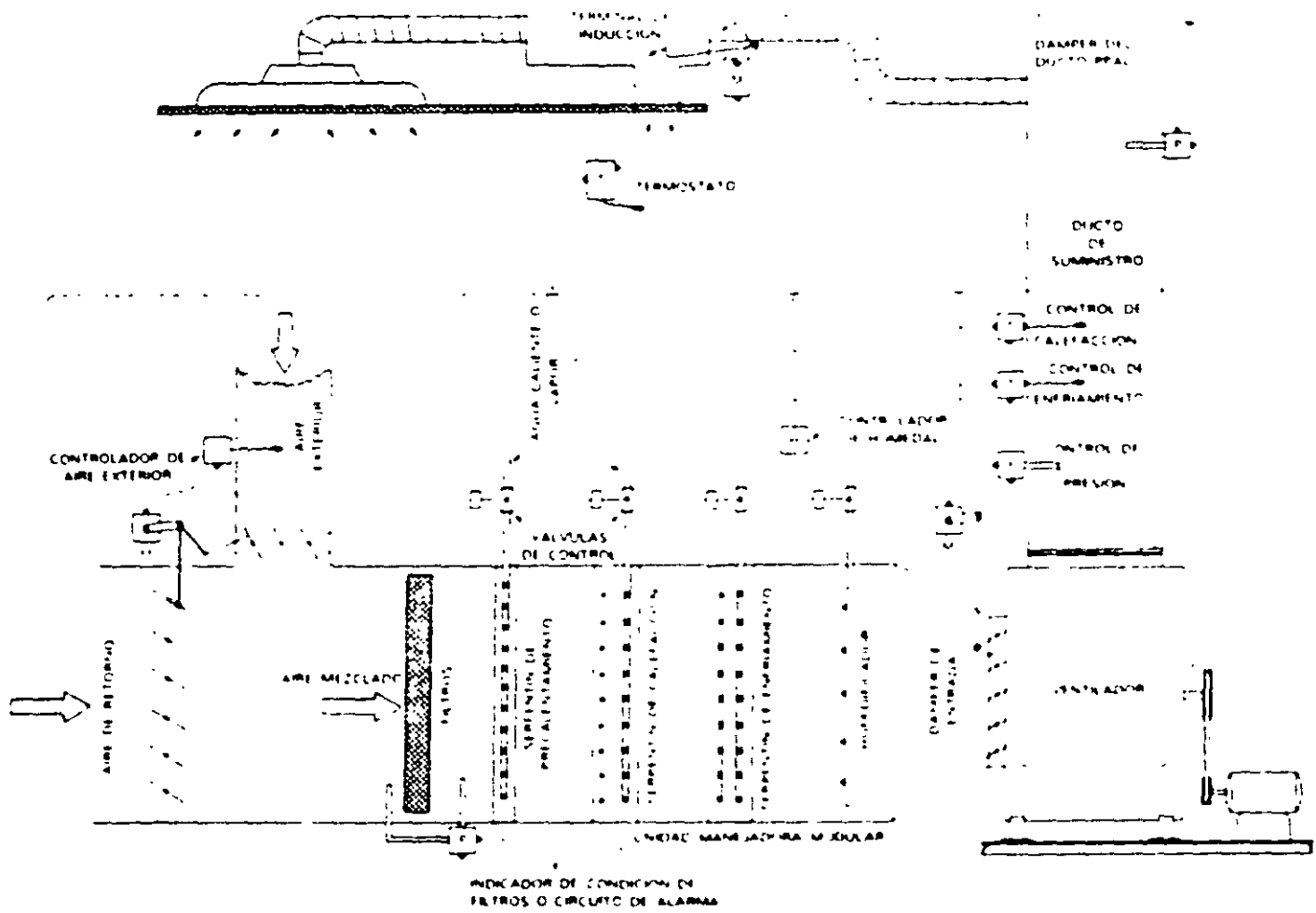


FIGURA A12-9 Sistema de control neumatico

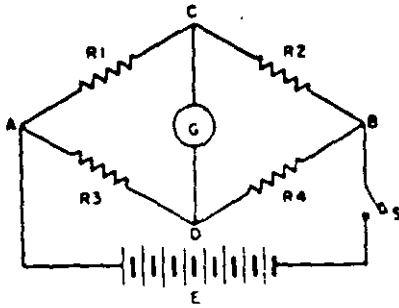


FIGURA A12-10 Puente de Wheatstone

series. Si el potencial en el punto C es igual al del punto D, la diferencia potencial entre estos dos puntos será cero y el galvanómetro no indicará corriente. Cuando se presenta esta condición se dice que el puente está *balanceado*.

Pero si se cambia la resistencia en cualquiera de las dos series, el galvanómetro registrará un flujo de corriente, indicando la existencia de una diferencia de potencial entre los puntos C y D. Se dice entonces que el puente está *desbalanceado*.

Si el cambio en el valor de la resistencia fuese el resultado de un cambio en la temperatura, tendríamos un método electrónico de medir un flujo de corriente relacionado con una variación en temperatura. Con unos pocos cambios podemos llegar al circuito electrónico que se ve en la figura A12-11. La pila de corriente directa (cd) ha sido remplazada por un circuito de corriente alterna (ca) de 15 V. El galvanómetro ha sido cambiado por una unidad que incluye un amplificador de voltaje, un discriminador de fases y un relé interruptor. La resistencia  $R_3$  ha sido remplazada por el elemento sensor  $T$ , de un controlador electrónico.

El objeto de amplificador de voltaje consiste en tomar el pequeño voltaje del puente e incrementar su magnitud por medio de amplificación por etapas, para poder que éste realice algún trabajo. La discriminación de fase significa simplemente la interpretación de la acción del sensor. En un termostato bimetalico, eléctrico, el movimiento mecánico está directamente relacionado con los cambios de temperatura. Sin embargo el elemento sensor electrónico no

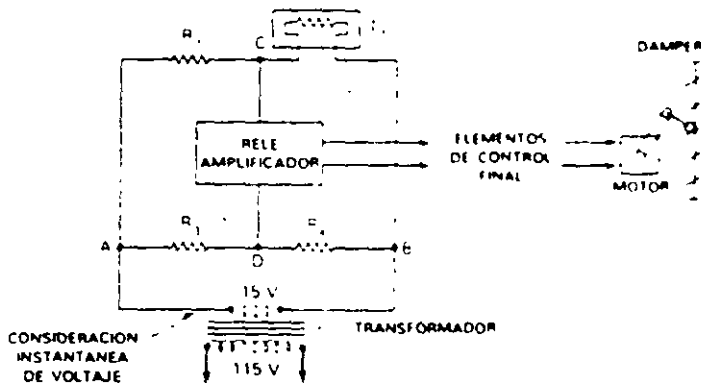


FIGURA A12-11 Circuito eléctrico de puente principal

tiene partes móviles, o sea que se necesita del discriminador de fases para determinar si la señal indica un aumento o una caída de temperatura. El relé opera entonces el elemento de control final. La discriminación de fases puede hacerse con controles de dos posiciones y si se incluyen ciertas modificaciones, también puede operar con un sistema modulante.

Los puntos donde pasamos de sistema eléctrico a electrónico y viceversa están en la salida del amplificador y en la señal del relé. El motor será del diseño convencional ON OFF (PRENDIDO APAGADO) o del diseño proporcional (modulante). Este motor puede operar una válvula, un damper, etc.

A los elementos sensores electrónicos de temperatura los encontramos en los termostatos para ambientes acondicionados, para ambientes exteriores, para insertar en ductos (desde unas pocas pulgadas hasta 25 pies o más), en los termostatos para insertar en las líneas de líquido, etc. El termostato típico para alcoba consiste en un alambre muy fino enrollado en una bobina. La resistencia del alambre varía con los cambios de temperatura.

Los controles electrónicos no sienten presiones pero pueden detectar y controlar la humedad dentro de unos límites muy estrechos. El elemento sensor de un controlador de humedad consiste en una hoja de oro incrustada en una base plástica y cubierta con una sal especial. El valor de su resistencia es mucho mayor que aquel de los elementos sensores usados en controladores de temperatura pero los resultados son los mismos. La resistencia eléctrica varía con los cambios de humedad haciendo que este dispositivo sea un control muy sensible y exacto.

## A12 5 AUTOMATIZACION DE CONTROLES

Como se mencionó al comienzo de este capítulo, la complejidad de las funciones y variables que deben ser sensadas y controladas es tal que ha obligado al uso de *técnicas de automatización*. Esto significa la instalación

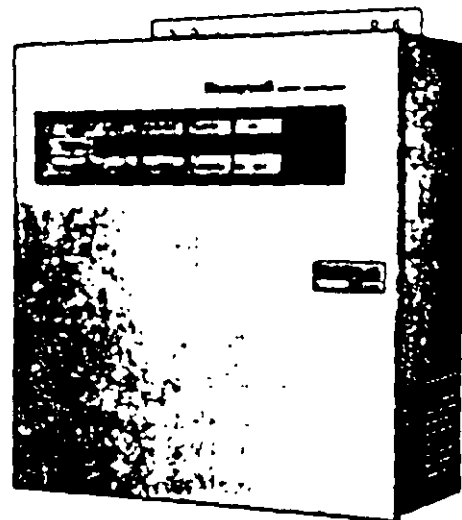


FIGURA A12-12 (Cortesía de Honeywell, Inc.)

un centro de control figura A12-12 ya que en edificios grandes o en un complejo de edificios tales como los de una universidad, es imposible tener suficiente personal de servicio y mantenimiento, para arrancar, parar y vigilar cada sistema o componente durante las 24 horas del día.

El centro de control recibe la información más importante relacionada con la operación de los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado y utiliza dispositivos de control remoto para supervisar la operación del sistema. Aunque puede usarse en mantenimiento preventivo para detectar deficiencias en la operación antes de que puedan causar mayores problemas, la contribución más

importante del centro de control está en el eficiente uso y programación del personal para manejar y controlar todo el sistema. La sofisticación de estos centros de información está por supuesto sometida al tipo y al tamaño de la instalación como también a otras consideraciones económicas. Algunos tienen registradores continuos con alarmas para controlar los equipos de refrigeración y sus distintas variables como las presiones de aceite y refrigerante, la temperatura del agua fría, las temperaturas de condensación, la condición del filtro de aire, el nivel de agua en las calderas, etc. como también las condiciones de temperatura y humedad dentro de cada zona del espacio acondicionado.

---

---

## PROBLEMAS

---

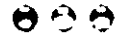
---

- |   |  |
|---|--|
| A12-1. ¿Cuál es la diferencia principal de tipo eléctrico entre los equipos residenciales y los comerciales?                    | A12-6. ¿Cuál es la ventaja de emplear ventiladores múltiples en el condensador?                    |
| A12-2. Los diagramas de cableado para los sistemas comerciales son generalmente preparados por _____.                           | A12-7. ¿Qué amperaje nominal suministra un transformador de 300/230 V x 1.5 KVA?                   |
| A12-3. El diseño de sistema de control industriales corresponde generalmente al _____.  | A12-8. Un sistema neumático de control se compone de cinco elementos. ¿Cuáles son?                 |
| A12-4. Enumere tres tipos de sistemas de control para equipos comerciales e industriales de diseño especializado.               | A12-9. En general, la presión del suministro de aire se mantiene entre _____ y _____ psig.         |
| A12-5. Durante la estación fría, cuando no se necesita enfriamiento, se puede cortar la corriente a la unidad. ¿Cierto o falso? | A12-10. En lugar de hacer e interrumpir un circuito eléctrico, ¿qué hace un controlador neumático? |





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

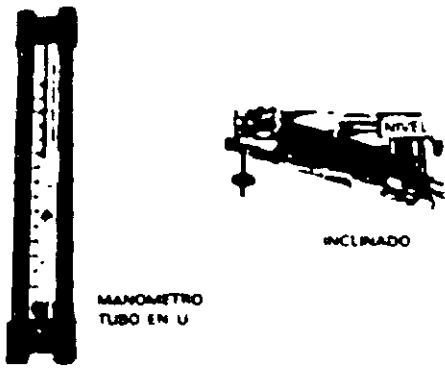
**AIRE ACONDICIONADO  
A 13 EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBAS PARA  
CALEFACCIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

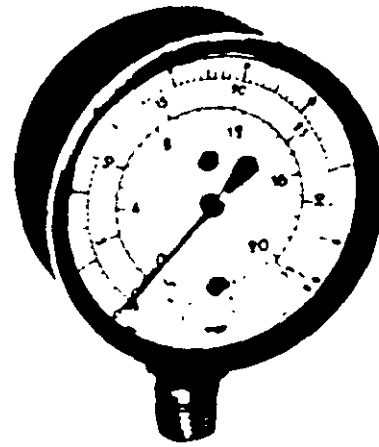
**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

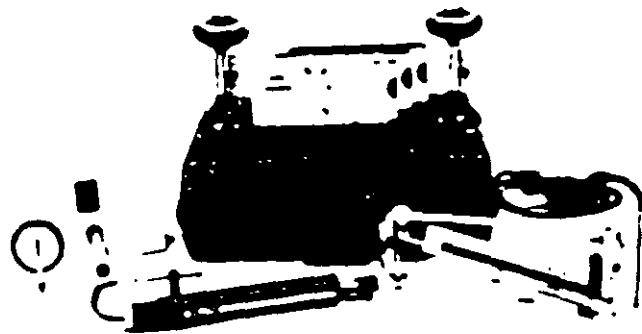




**FIGURA A13-2** Instrumentos para medir presión (Cortesía de Bacharach Instrument Company and Dwyer Instrument and Company)



**FIGURA A13-3** Manómetro para presión de gas en el múltiple (Cortesía de Marstontown Instruments, Inc.)



**FIGURA A13-4** Juego de instrumentos para servicio a unidades con quemador de gas (Cortesía de Bacharach Instrument Company)

go. De aquí el término "pulgadas de columna de agua" (CA), que se usa en el campo de ingeniería. Usaremos en adelante también el término CA. Una onza por pulgada cuadrada es igual a 1.732 pulgadas CA. Por lo tanto, cuando hablamos después de ajustar la presión de gas natural en el múltiple a 3.5 pulg CA, estamos mencionando una presión de 2.02 onzas por pulgada cuadrada; la presión del gas LP se ajusta a 11 pulgadas de CA, que es igual a 6.35 onzas por pulgada cuadrada.

Al lado izquierdo de la figura A13-2 vemos un manómetro característico que mide hasta 15 pulgadas CA. Al medir la presión del aire que pasa por el sistema de distribución, se usan presiones menores a 1 pulgada CA. Para mayor exactitud, se usa un manómetro inclinado, como el que se ve a la derecha, con su escala en décimas de pulgada de CA. También es posible medir presiones negativas, o de succión en el ducto de aire de retorno. Otro manómetro para medir pulgadas de columna de agua y onzas por pulgada cuadrada es del tipo de Bourdon que se muestra en la Fig. A13-3.

**A13-3**  
**Operación**

Una vez establecido el consumo correcto, dentro de la capacidad nominal de la unidad más o menos 10%, se deben llevar a cabo pruebas para ver si el funcionamiento es correcto. Para esto se usan estos instrumentos:

1. Medidor de tiro, cuando menos para 0.15 pulg de CA
2. Termómetro de 0 a 1000 °F con bulbo de 5" para gases de chimenea
3. Un analizador de CO<sub>2</sub> con pera y tubo de muestreo
4. Una regla de cálculo para eficiencia del quemador de gas
5. Dos termómetros de carátula o de bolsillo para 50 a 200 °F

En general, se pueden comprar todos esos instrumentos en conjunto, como el juego que se ve en la figura A13-4. En

este juego viene un manómetro de tiro (figura A13-5), que se llama indicador de punto de presión neutra, y que se usa para determinar la presión negativa (tiro) en la chimenea del calefactor, y el punto de presión neutra sobre el fogón en quemadores convertidos a gas. Los límites de su escala son de -0.08 a +0.12 pulgadas de CA, que son los que se necesitan para medir el tiro en la mayor parte de las unidades residenciales y comerciales pequeñas de gas. Para unidades mayores, en especial las que usan quemadores de poder en los que las necesidades de tiro son mayores, se usará el medidor de la figura A13-6. Este instrumento tiene los límites de -0.05 a +0.25 pulg de columna de agua y tiene construcción más robusta. Tiene un tubo de muestreo remoto, y por lo tanto es más versátil cuando se tiene que trabajar en las unidades grandes de calefacción.

Para comprobar la eficiencia de una unidad de gas, se deben medir el porcentaje de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en los productos de combustión y el aumento de temperatura de ellos. Para medir el contenido de CO<sub>2</sub>, se usan un indicador con pera y un tubo de aspiración. La figura A13-7 muestra ese instrumento. El tubo de muestreo se introduce en la salida de los gases de la unidad de calefacción, antes de la campana desviadora, para obtener muestras verdader-

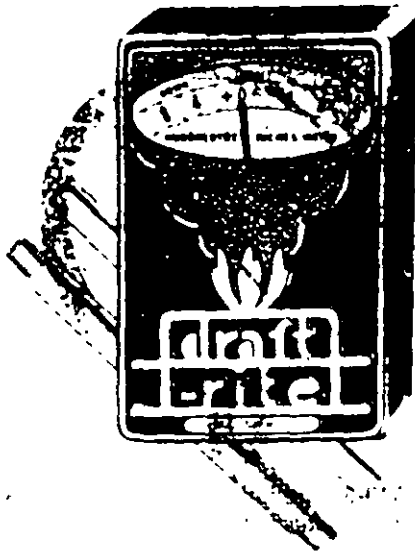


FIGURA A13-5 Medidor de tiro para unidades pequeñas. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

ras de los productos de combustión. La pera de aspiración es como una homba que se oprime impulsando los gases por el indicador de CO<sub>2</sub>. Los gases así bombeados de la pera para pergar al tubo al bulbo del indicador, para obtener una muestra pura. Después del bombeo, se invierte varias veces el indicador para mezclar los gases con el líquido de absorción para eliminar el CO<sub>2</sub> de ellos. El nivel del líquido en el indicador sube hasta el tubo central, y queda en el porcentaje de CO<sub>2</sub> que tiene la muestra. Cada instrumento tiene instrucciones completas, que se deben leer y seguir, tanto para el funcionamiento como para el mantenimiento.

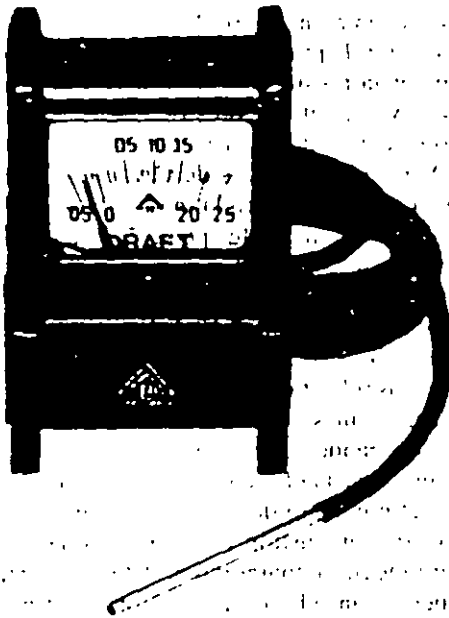


FIGURA A13-6 Medidor de tiro de rango amplio. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)



FIGURA A13-7 Analizador de CO<sub>2</sub>. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

Para medir la temperatura de los gases de combustión se usa un termómetro de carátula, que tiene límites de 200 a 1000 °F (93 a 537 °C). Se recomienda uno que tenga un yastago de 11 pulgadas, porque se debe tomar la temperatura antes del desviador de tiro para eliminar la caída de temperatura por mezcla con aire exterior. La figura A13-8 muestra el termómetro de carátula del juego de la figura A13-4.

Habiendo tomado las dos mediciones, porcentaje de CO<sub>2</sub> y aumento de temperatura en chimenea (diferencia entre la temperatura del aire que entra al quemador y la de

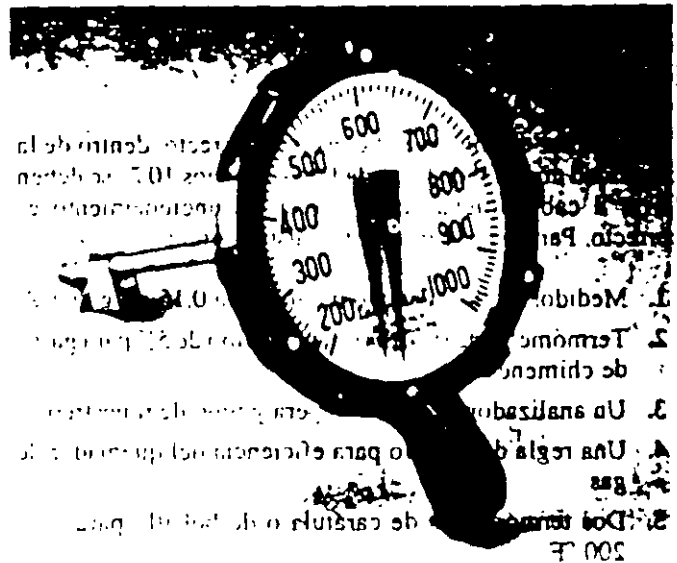


FIGURA A13-8 Termómetro para gases de combustión. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)



FIGURA A13-9. Registro de la eficiencia de combustión (Cortesia de la General Motors Company.)

los gases de combustión), se usa la fórmula de cálculo de eficiencia de combustión (figura A13-9). Para medir la temperatura del aire que entra al compartimiento del quemador, o aire que rodea la unidad, se pueden emplear termómetros de carátula o de bolsillo como los de la figura A13-10. Esos termómetros también se pueden emplear para medir temperatura del aire de retorno y de suministro que pasa por la unidad de calefacción, para determinar el aumento de temperatura. Para mayores datos acerca del aumento correcto de temperatura y CCA (circulación continua del aire), véase capítulo A14.

A13-2.3  
Servicio

Los instrumentos que se mencionaron en los subtítulos "consumo" y "operación" también se usan para el servicio. Además, se usan algunos instrumentos especialmente en el servicio, porque se supone que las diversas partes de la unidad de calefacción van a trabajar cuando se instalen y se pongan a funcionar. Si se encuentra una anomalía de funcionamiento en la puesta en marcha, o después de algún tiempo de funcionamiento, se sugieren los siguientes instrumentos:

1. Multímetro de gancho
2. Milivoltímetro
3. Microamperímetro para cd
4. Juego de brocas de prueba

En la figura A13-10 se ve un multímetro de gancho que se usa para medir el suministro de corriente a la unidad de calefacción, con voltajes altos de 120 V o quizá 240 V, y la corriente de suministro al sistema de control, que en general es de bajo voltaje, 24 V. Este instrumento también se usa para medir el paso de amperes al motor del soplador y determinar la carga del mismo.

Se necesita un milivoltímetro como el de la figura A13-11 para medir la salida de los termopares en el conjunto del piloto, para comprobar el accionamiento correcto del

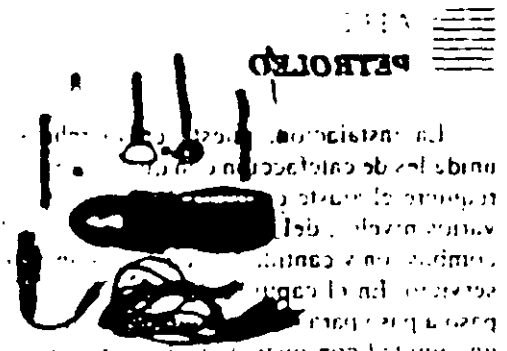


FIGURA A13-10. Termómetro y multímetro de gancho (Cortesia de Pettibone, Duromex, Searol, Hoyer, Olin, etc.)

dispositivo de seguridad, así como los límites de operación. Para los sistemas electrónicos de ignición, se necesita un microamperímetro de cd, como el de la figura A13-12.

Para medir el diámetro del quemador principal y determinar que el consumo de gas de la unidad es correcto, se necesita un juego de brocas de los números 0 al 60. Este juego se debe usar tan sólo para esa función, y no se debe colocar en ninguna mordaza de taladro. Sólo es para medir el diámetro del orificio de latón. Si se usa para cualquier otro fin se torcerán las brocas y ya no serán exactas.

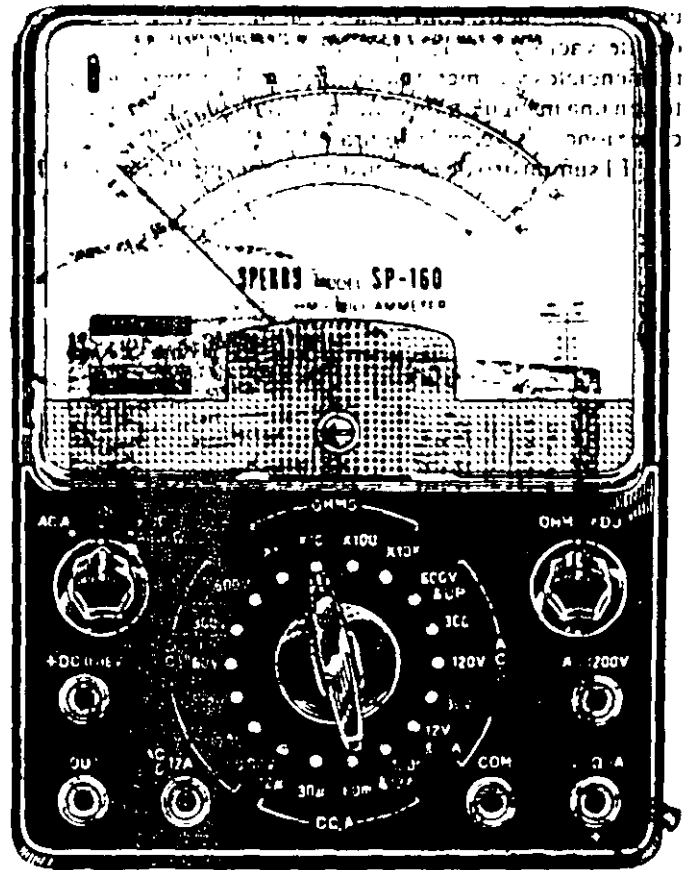


FIGURA A13-11. Milivolúmetro con escala de miliamperios (Cortesia de A. W. Sperry Instruments, Inc.)

===== A13-3  
===== **PETROLEO**

La instalación, puesta en marcha y servicio de las unidades de calefacción con quemador de petróleo también requiere el ajuste correcto de temperaturas y presiones en varios niveles, del consumo de combustible, eficiencia de combustión y cantidad de aire, así como diagnósticos en el servicio. En el capítulo A14 se presenta el procedimiento paso a paso para puesta en marcha, operación y pruebas de una unidad con quemador de petróleo. A continuación se describen los instrumentos y herramientas especiales que se usan en cada categoría: consumo, operación y servicio.

===== A13-3-1  
===== **Consumo**

Una unidad con quemador de petróleo recibe el combustible en estado líquido y lo debe evaporar, mezclar con la cantidad correcta de aire y quemar para tener máxima generación de calor en el proceso de combustión, así como para obtener una alta eficiencia de la unidad de calefacción. Lo primero que hay que cuidar es suministrar la cantidad correcta de combustible al quemador. Esto lo determina la presión de la bomba de combustible a la boquilla del quemador, para que lo atomice en la cámara de combustión. Se usa un manómetro compuesto, con límites de 0 a 30 pulgadas de vacío y 0 a 150 psig de presión para las unidades residenciales y comerciales pequeñas. Ese manómetro, junto con una manguera flexible de 12 pulgadas y algunas otras conexiones, se ve en la figura A13-13.

El suministro de combustible tiene que llegar desde los

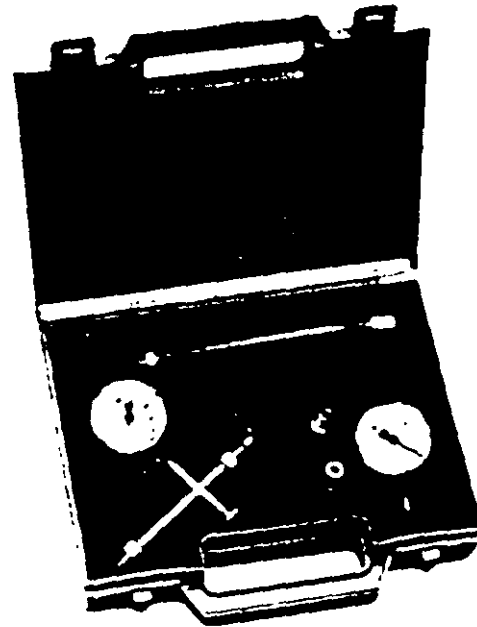


FIGURA A13-13 Juego de medidores de presión de petróleo. Cortesía de Robinson Division, Jewett Power Corporation.

tanques de almacenamiento que pueden estar abajo del nivel de la bomba del quemador, y entonces habrá un vacío en la succión de esa bomba. Debido a que las bombas tienen un límite de elevación de combustible, es necesario saber si existe vacío, y cuánto. Por eso el manómetro tiene dos límites: es manómetro compuesto con límites generales de 30 pulgadas de vacío a 150 psig.

===== A13-3-2  
===== **Operación**

Para comprobar el funcionamiento de una unidad con quemador de petróleo después de saber que el consumo es correcto se necesitan las mismas indicaciones que para un quemador de gas: CO<sub>2</sub>, temperatura de chimenea y tiro. Aunque se toman en forma distinta, los instrumentos son los mismos. El análisis de CO<sub>2</sub> en la salida de los gases antes de cualquier control de tiro se hace con un analizador de CO<sub>2</sub> (figura A13-7). La temperatura de los gases se toma en el mismo lugar, con el termómetro de carátula (figura A13-8). El tiro de la chimenea o del fogón se toman con un tubo de muestreo remoto con su medidor de tiro (figura A13-6).

Además de esos instrumentos se necesita un medidor de humo para determinar la cantidad de carbón libre, o "humo" en los productos de combustión. Es el que se ve en la figura A13-14. Está la bomba del probador, papel filtro y carta de comparación de densidad de humo. Se introduce el tubo de muestreo en la salida de los gases y se dan 10 bombeadas completas (se requieren en el modelo RCC-B de Bacharach Instrument Company) para hacer pasar la cantidad correcta de productos de combustión por el papel

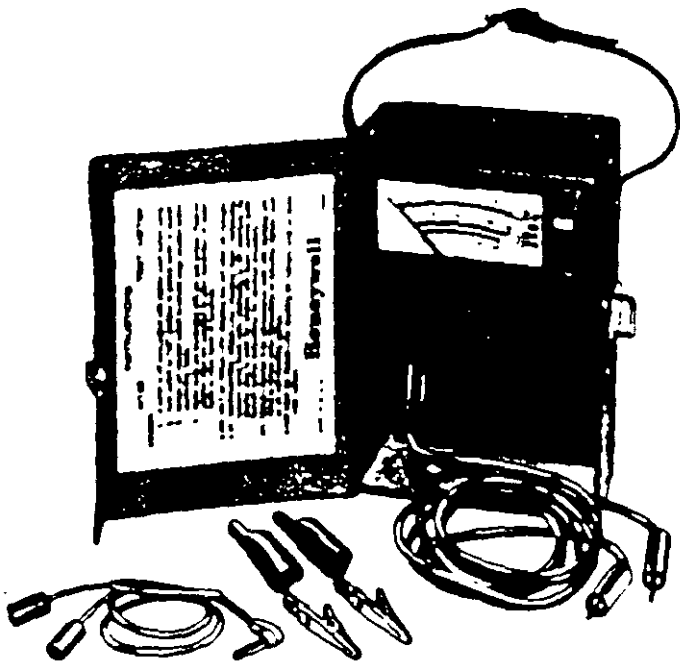


FIGURA A13-12 Microamperímetro (Cortesía de Honeywell, Inc.)

Si se usa el control de quemador de "celda de cadmio" quiere decir que el detector de llama es un circuito eléctrico, y no alguna acción mecánica. La celda de cadmio también puede estar dentro del cañón del quemador, donde no es posible observar cuando está trabajando. La figura A13-6 muestra un probador de celda de cadmio que se puede conectar al circuito de la celda para probarlo mientras el quemador está trabajando.

Una herramienta que se necesita para dar servicio a quemadores de petróleo es un extractor de boquillas, que se ve en la figura A13-17. Con una boquilla de acero inoxidable colocada en un adaptador de latón entre dos electrodos aislados con cerámica, se usan dos llaves de perico para aflojar la tobera casi se garantiza la altura de los aisladores de los electrodos. El extractor de boquillas se mueve a distancia de los electrodos y ayuda mucho a eliminar su daño.

Aunque hay muchas herramientas y equipo de prueba que se fabrican y venden para el campo de la calefacción.

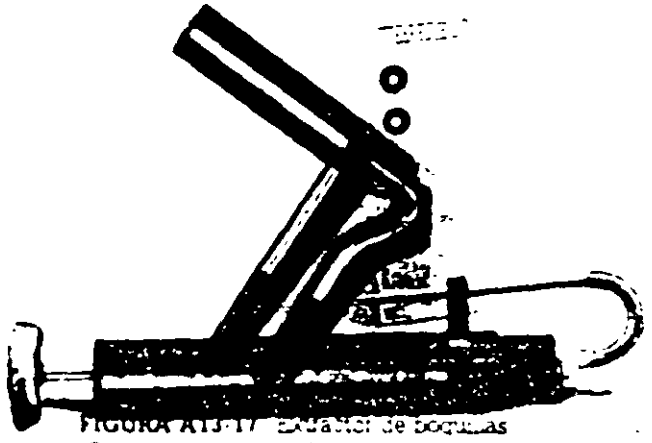


FIGURA A13-17 Extractor de boquillas  
Compañía de Monarch Manufacturing Works  
Cleveland, Ohio

hemos tratado de dar una lista de los más comunes. Algunos equipos son de prueba especiales de prueba, que en general venden en los departamentos de calefacción.

PROBLEMAS

- A13-1. La última unidad de calefacción con quemador de gas se apaga con dos métodos. ¿Qué instrumentos que se usan son?
- A13-2. ¿Qué instrumentos se necesitan para determinar la eficiencia de un quemador de gas?
- A13-3. ¿Qué debe hacer el técnico para manejar en forma correcta un quemador de gas?
- A13-4. ¿Cuándo se da servicio a una unidad de calefacción con quemador de gas se usará un milivoltímetro para comprobar el funcionamiento de la celda de cadmio?
- A13-5. ¿Para qué se usa un juego de bridas?
- A13-6. El tipo de celda de presión que se usa para revisar un quemador de combustión de petróleo es del tipo compresión de 0 a 30 pulgadas de vacío y 0 a 150 psig. ¿Por qué?

- A13-7. Un quemador de petróleo bien ajustado trabaja con un quemador de gas. ¿Qué temperatura de agua caliente se debe tener en el boiler para que el quemador de combustión de agua funcione correctamente?
- A13-8. Para obtener el tiro correcto sobre el fogón, el tiro correcto en la chimenea tiene que ser de \_\_\_\_\_ pulgadas de agua.
- A13-9. En un probador de humedad por cable, la resistencia del humo debe ser del número \_\_\_\_\_.
- A13-10. El mejor método para revisar un quemador de gas es abrir el quemador para comprobar el funcionamiento.
- A13-11. La celda de cadmio trabaja por cambio de resistencia cuando la temperatura de la celda de cadmio cambia. ¿Qué sucede cuando cambia la temperatura de la celda de cadmio?
- A13-12. ¿Cuál es la mayor ventaja del extractor de toberas?

El quemador de gas se apaga cuando el flujo de petróleo cambia. El quemador de gas se apaga cuando el flujo de petróleo cambia. El quemador de gas se apaga cuando el flujo de petróleo cambia.

En el capítulo A13 se describe la operación de la celda de cadmio. El quemador de gas se apaga cuando el flujo de petróleo cambia. El quemador de gas se apaga cuando el flujo de petróleo cambia.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**...: Mecánica e Industrial**

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**AIRE ACONDICIONADO  
A 14 PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y OPERACIÓN DE LA  
CALEFACCIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# A14

El contenido calorífico del gas 1000 Btu/h.

Gravedad específica del gas 0.9

Gravedad específica del gas 0.9

## Puesta en marcha, pruebas y operación de la calefacción

A14-1

### GENERALIDADES

En el capítulo A5 se describieron las unidades de calefacción y sus componentes. En el capítulo A10 se describieron los distintos tipos de controles de temperatura, regulación, etc. El capítulo A11 describió los sistemas de calefacción, y el capítulo A13 el equipo de pruebas que se emplea. En este capítulo seguiremos el proceso de puesta en marcha, operación y pruebas de las unidades de calefacción.

### CALEFACCION CON GAS

Para revisar, probar y ajustar una unidad con gas como combustible para ver si tiene la mayor eficiencia y seguridad de funcionamiento, la unidad debe tener el consumo adecuado de acuerdo con su tamaño. El ajuste correcto de los quemadores, y también la cantidad correcta de aire de combustión, ventilación adecuada y el flujo correcto de aire por el sistema de distribución de calor.

El consumo de gas de una unidad de calefacción depende de la gravedad específica del gas, en Btu por pie cúbico. Gravedad específica del gas 0.9

El contenido calorífico del gas es la cantidad de calor que se desprende cuando se mezcla 1 pie<sup>3</sup> del gas con la cantidad correcta de aire y se quema. Mientras que el metano y el propano e hidrógeno tenga en sus moléculas el gas natural tiene su poder calorífico. La mayor parte del gas natural es metano (CH<sub>4</sub>), que se compone de cuatro átomos de hidrógeno enlazados con uno de carbono. El etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) que también se encuentra en el gas natural, pero en concentraciones menores, se compone de seis átomos de hidrógeno unidos a dos átomos de carbono.

Los dos gases que se encuentran mezclados con el petróleo crudo son el propano y el butano. El propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) tiene ocho átomos de hidrógeno enlazados a tres átomos de carbono. El butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) tiene diez átomos de hidrógeno unidos a cuatro átomos de carbono.

De lo anterior podemos ver que cuando se quema un pie cúbico de cada uno de esos gases, se desprenderá distinta cantidad de calor. Como el gas natural raramente se presenta en estado puro, las mezclas de metano y etano varían de un lugar a otro según se obtenga el gas. Por lo tanto, el poder calorífico del gas natural está entre los límites de 9.45 a 11.21 Btu/pie<sup>3</sup>.

El propano y el butano se obtienen en los pozos de petróleo crudo y se presentan en estado puro. Aunque están mezclados, se pueden separar condensándolos a sus temperaturas y presiones correspondientes. El propano tiene un poder calorífico muy constante, por lo tanto, de 2522 Btu/pie<sup>3</sup> y el butano 3201 Btu/pie<sup>3</sup>.

Son distintos los procedimientos que se siguen para establecer el consumo correcto de propano, butano, gas natural y gas licuado de petróleo (gas LP). Por lo tanto, describiremos por separado cada procedimiento.

**Gas natural:** Son varios los factores que afectan el consumo de un hogar con gas natural; el tamaño del tubo de suministro a la unidad, la presión del gas en el cabezal del quemador principal, y el diámetro del orificio de ese quemador.

mador. Todos ellos dependen de la cantidad de gas, en pies cúbicos por hora, que se debe entregar a la unidad, así como de las Btu/pie<sup>3</sup> y de la densidad del gas.

**Tubo de suministro:** Para calcular el diámetro del tubo que suministra el gas natural a la unidad, se deben conocer tanto el poder calorífico como la gravedad específica del gas. La fuente de información en este caso es la compañía de reparto local. Consiga y anote esa información para cada compañía de la región.

Para explicar el método para dimensionar la tubería, supondremos un poder calorífico promedio de 1050 Btu por pie cúbico, y una gravedad específica de 0.62.

La figura A14-1 muestra la capacidad de tubos de acero de ½" a 4" en tramos de 15 a 600 pies. La longitud del tubo también incluye un número "normal" de conexiones. La hipótesis es que la longitud equivalente de las conexiones no es igual a la longitud real del tubo.

Notará el lector que la tabla se basa en una gravedad específica de 0.7 para el gas, y una caída máxima de presión a través del tubo de 0.3 pulg de columna de agua (CA), la presión promedio a la salida del regulador de presión en el

**FIGURA A14-1**  
Tabla de tubería para gas

LONGITUD DEL TUBO	DIÁMETRO DEL TUBO, PULGADAS						
	Pies	½"	1"	1½"	2"	3"	4"
15	159	319	694	1130	2296	6019	12853
30	111	223	495	787	1648	4352	8982
45	91	184	403	648	1366	3611	7315
60	80	160	352	565	1195	3195	6297
75	71	143	320	505	1037	2778	5556
90	65	130	287	454	926	2500	5093
105	60	121	264	417	852	2269	4722
120	—	111	250	389	796	2130	4445
150	—	100	224	352	722	1935	4028
180	—	92	208	324	666	1805	3704
210	—	85	190	296	611	1648	3426
240	—	—	176	278	574	1555	3232
270	—	—	165	264	537	1463	3010
300	—	—	157	250	505	1380	2778
450	—	—	130	210	417	1139	2315
600	—	—	110	178	361	954	1972

Capacidad de tubos de diferentes diámetros y longitudes, en pies cúbicos por hora con caída de presión 0.3 pulgadas y gravedad específica 0.7.

NOTA: Para usar esta tabla no es necesario tomar en cuenta un número normal de conexiones

Cuando la gravedad específica no sea 0.70, multiplique por

$$\frac{0.70}{\text{Grav. Esp. del gas}}$$

Para caídas de presión distintas de 0.3 X, multiplique por

$$\frac{\text{Caída de presión, pulgadas de agua}}{0.3}$$

Fuente: Addison Products Company.

medidor es 9 pulgadas CA. Con una caída de presión máxima en la tubería (cuando tiene toda la carga de la casa calentador de agua, estufa de la cocina, secadora de gas y el de calefacción) de 0.3 pulg CA se debe suministrar una presión promedio de 0.6 pulgadas de CA a las diversas unidades en operación

Para usar la tabla, se suponen las condiciones siguientes:

- Poder calorífico del gas 1050 Btu/pie<sup>3</sup>
- Gravedad específica del gas: 0.62
- Carga total de la casa, 260,000 Btu/h
- Consumo de la unidad de calefacción 150,000 Btu/h
- Tubo de suministro de gas a la casa 80 pies de longitud
- Ramal a la unidad de calefacción 35 pies de longitud

Procedemos como sigue

1. Calcular los pies cúbicos totales por hora que se necesitan en la casa

$$260,000 \text{ Btu/h} = 247.6 \text{ pies}^3/\text{h, con gravedad específica } 0.7 / 1050 \text{ Btu/pie}^3$$

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{0.7}{0.62} = 1.129$$

$$\text{Para dimensionar el tubo, flujo de gas} = 247.6 \text{ pies}^3 \times 1.129 \text{ F.A.} = 279.5 \text{ pies}^3/\text{h}$$

2. Calcular el flujo en el tubo de suministro a la casa. De la tabla, con una longitud de 90 pies, un tubo de 1½" alcanza para 287 pies<sup>3</sup>/h, por lo tanto, para conducir 279.5 pies<sup>3</sup>/h a 85 pies, se necesita un tubo de acero de 1½"
3. Calcular los pies cúbicos totales por hora que necesita la unidad de calefacción.

$$\frac{150,000 \text{ Btu/h}}{1050 \text{ Btu/h}} = 142.8 \text{ pies}^3/\text{h, con gravedad específica } 0.7$$

$$\text{Para dimensionar el tubo, flujo de gas} = 142.8 \times 1.129 \text{ F.A.} = 161.2 \text{ pies}^3/\text{h}$$

4. Determinar el diámetro del ramal a la unidad de calefacción. De acuerdo con la tabla, con un tramo de 35 pies, un tubo de 1" alcanza para conducir 184 pies<sup>3</sup>/min a 45 pies. Por lo tanto, para conducir 161.2 pies<sup>3</sup>/hr a 35 pies se necesitará un tubo de acero de 1". Vemos también que el tubo de ¾", de acero, sólo alcanza para 91 pies<sup>3</sup>/h a 45 pies, y para 111 pies<sup>3</sup>/h a 30 pies. Ninguna de esas condiciones alcanza para suministro de la unidad de nuestro ejemplo.

Las capacidades de transporte que aparecen en la tabla son las máximas recomendadas.

**ión en el cabezal:** Las unidades de calefacción sólo aparatos que queman gas en los hogares, que tienen sus propios reguladores de presión. Las estufas de cocina, hornos de repostería, parrillas y calentadores de agua se

diseñan para trabajar con la presión promedio de suministro de 7 pulgadas CA. Tampoco dependen mucho de la presión en el tubo de suministro, que puede variar entre 5 y 9 pulgadas de CA.



**FIGURA A14-2**

Dímetros de orificio para vanas capacidades en gases (pies<sup>3</sup>/h) al nivel del mar

Tamaño de orificio (decimal o DMSI)	PRESION EN EL ORIFICIO PULGADAS DE COLUMNA DE AGUA									
	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10	
008	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
009	21	23	25	28	30	33	35	37	39	41
010	27	29	30	35	37	41	43	46	48	50
011	33	35	37	42	45	48	52	55	58	61
012	38	41	44	50	54	57	62	65	70	73
80	48	52	55	63	69	73	79	83	88	93
79	55	59	64	72	80	84	90	97	101	107
78	70	76	78	88	97	104	110	117	124	131
77	88	95	99	111	123	131	138	147	155	164
76	105	113	121	137	152	161	172	183	192	202
75	116	125	134	152	164	179	191	204	214	224
74	133	144	155	174	191	205	218	232	244	254
73	151	163	176	199	217	232	248	264	278	290
72	164	177	190	215	240	252	269	286	300	314
71	182	197	206	233	254	273	291	311	325	340
70	206	222	239	270	297	316	338	359	378	396
69	225	243	261	296	323	347	368	394	414	434
68	252	272	293	326	358	388	414	441	464	488
67	269	291	312	352	387	413	441	469	494	520
66	286	309	332	375	411	439	468	496	524	554
65	314	339	372	428	462	484	516	550	578	608
64	341	368	414	448	491	523	559	595	626	660
63	363	392	419	475	519	555	592	630	663	700
62	378	408	439	496	542	581	620	659	694	733
61	402	434	466	527	577	615	657	700	737	777
60	421	455	489	552	595	647	691	735	774	816
59	441	476	511	578	635	678	725	771	811	854
58	466	503	539	610	668	713	762	811	853	900
57	484	523	563	636	696	744	794	846	890	938
56	568	613	658	735	803	873	932	992	1044	1100
55	711	768	822	930	1018	1085	1159	1234	1298	1368
54	795	859	923	1045	1139	1225	1308	1393	1465	1544
53	930	1004	1080	1220	1332	1429	1527	1625	1709	1800
52	1061	1146	1231	1386	1526	1634	1744	1857	1953	2054
51	1182	1277	1369	1547	1697	1816	1940	2064	2171	2284
50	1289	1392	1494	1686	1848	1977	2112	2248	2365	2488
49	1407	1520	1628	1837	2020	2160	2306	2456	2583	2718
48	1515	1636	1762	1988	2181	2331	2490	2651	2789	2934
47	1622	1752	1880	2127	2321	2493	2662	2834	2981	3134
46	1719	1857	1998	2257	2472	2643	2823	3005	3161	3324
45	1773	1915	2052	2310	2536	2718	2903	3090	3251	3418
44	1945	2101	2257	2557	2793	2987	3189	3396	3572	3754
43	2073	2239	2418	2729	2987	3202	3419	3641	3830	4024
42	2310	2495	2650	2950	3250	3524	3763	4007	4214	4434

Tamaño de orificio (decimal o DMS)	3	3.5	4	5	6	7	8	9	10
37	24.06	25.98	28.15	31.69	34.91	37.77	39.70	42.27	44.46
38	25.03	27.03	29.23	33.09	36.20	38.79	41.42	44.10	46.38
39	26.11	28.20	30.25	34.36	37.33	39.97	42.66	45.44	47.66
40	27.08	29.25	31.36	35.46	38.69	41.56	44.40	47.27	49.73
41	28.36	30.63	32.99	37.07	40.69	43.62	46.59	49.60	52.17
42	29.76	32.14	34.59	39.11	42.76	45.77	48.68	52.04	54.74
43	31.30	33.95	36.66	41.66	45.09	48.19	51.19	54.49	57.34
44	32.45	35.05	37.59	42.44	46.32	49.79	53.11	56.55	59.49
45	33.41	36.08	38.79	43.63	48.03	51.46	54.96	58.62	61.55
46	35.46	38.30	40.94	46.52	50.82	54.26	57.25	61.70	64.89
47	37.82	40.85	43.63	48.64	54.36	58.01	63.96	65.97	69.39
48	40.40	46.87	50.39	57.05	62.09	66.72	71.22	75.86	79.80
49	48.45	62.33	58.19	63.61	69.62	74.45	79.52	84.66	89.04
50	51.78	66.92	59.50	67.00	73.50	77.50	84.32	90.39	95.09
51	54.47	68.63	63.17	71.55	78.32	83.59	89.27	95.04	99.97
52	56.73	63.27	65.86	74.57	81.65	87.24	93.17	99.19	104.57
53	58.87	67.58	68.22	77.14	84.67	90.36	96.50	102.74	108.07
54	60.81	68.67	70.56	79.63	87.56	93.47	99.83	106.28	111.79
55	62.10	67.07	72.20	81.65	89.99	94.55	100.98	107.49	113.07
56	64.89	70.08	75.21	85.20	92.25	99.60	106.39	113.24	119.12
57	66.51	71.83	77.14	87.25	95.63	102.29	109.24	116.29	122.33
58	68.22	73.68	79.08	89.49	97.99	104.75	111.87	119.10	125.28
59	72.20	77.98	83.69	94.76	103.89	110.67	118.55	125.82	132.36
60	75.53	81.57	87.56	97.50	108.22	115.03	123.82	131.93	138.78
61	78.54	84.82	91.10	102.14	112.61	120.33	128.52	138.82	143.81
62	82.39	88.77	95.40	107.98	118.18	126.78	135.29	144.15	151.63
63	85.20	92.02	98.84	111.74	122.48	131.07	139.98	149.03	156.97
64	87.10	94.40	100.78	114.21	124.44	133.22	142.28	151.47	159.33
65	89.92	97.11	104.32	118.48	128.93	138.60	148.22	157.58	165.76
66	93.90	101.41	108.52	123.56	135.37	143.97	153.75	163.69	172.13
67	95.94	103.62	111.91	126.92	137.62	147.20	157.20	167.36	176.03
68	96.30	106.16	114.21	129.25	141.82	151.60	161.81	172.26	181.13
69	100.99	109.67	117.11	132.58	145.05	154.71	165.23	175.81	185.63
70	103.89	112.20	120.65	136.44	149.23	160.28	170.96	182.00	191.44
71	105.93	114.70	123.01	139.23	152.56	163.31	174.38	185.68	195.30
72	109.15	117.88	126.78	142.98	156.83	167.51	178.88	190.46	200.76
73	111.08	120.97	128.93	145.79	160.08	170.82	182.18	194.22	204.60
74	114.75	123.98	131.22	150.71	164.26	176.18	188.16	200.25	210.71
75	118.25	128.29	137.50	156.26	170.78	182.64	195.08	207.66	218.44
76	128.48	138.76	148.61	168.64	184.79	197.66	211.06	224.74	235.88
77	136.35	147.26	158.25	179.38	194.63	209.38	223.65	238.16	250.54
78	144.75	154.41	167.61	189.31	204.91	221.61	235.21	250.11	263.18
79	150.34	158.48	175.62	199.28	206.18	224.90	238.60	253.12	263.63
80	156.86	160.85	177.33	195.81	213.29	237.25	244.75	258.74	272.73
81	155.45	166.20	177.94	202.49	220.62	234.98	253.06	267.51	281.87
82	160.62	171.89	183.04	209.29	227.87	242.81	261.78	276.34	291.28
83	165.89	177.87	188.15	216.05	235.34	250.77	270.106	285.79	300.63
84	178.13	187.81	199.78	227.75	248.00	265.32	285.140	301.570	318.62
85	180.81	193.13	206.04	235.49	256.50	273.33	294.35	311.916	327.99
86	187.81	200.81	214.01	244.29	265.92	283.89	305.214	323.220	340.67
87	196.38	210.08	223.97	255.75	278.58	296.85	319.668	337.935	356.20
88	203.66	217.87	232.08	265.24	288.92	307.87	331.55	350.49	396.44

... de ... PRESSION ...

PULGADAS DE COLUMNA DE AGUA

Table with 5 columns (6, 7, 8, 9, 10) and 12 rows (P, U, V, W, X, Y, Z) containing numerical data.

Gravedad específica = 0.60
Coeficiente del orificio = 0.9
Para gas con otra gravedad específica, seleccione un factor de la figura A14-2
Para alturas mayores que 1000 pies, seleccione primero el tamaño equivalente de orificio al nivel del mar, de la figura A14-2

Las unidades de calefacción si son críticas, o dependen mucho del consumo, entre la entrada plena y el 10% de ella, debido a la acción del regulador, los límites de los controlles que intervienen. Por lo tanto, las unidades de calefacción se diseñan con sus propios reguladores ajustados para tener una salida de 3 pulg CA. El diseño del quemador permite el funcionamiento entre 3 y 4 pulgadas de CA en el múltiple, pero no se deben rebasar esos límites.

Si la presión en el múltiple debe ser mayor o menor que la mencionada, para tener una entrada correcta, se debe cambiar el diámetro del orificio. Para calcular el diámetro correcto del orificio para el quemador individual, se necesita la información siguiente: poder calorífico, Btu/pie del gas, y gravedad específica del gas.

Si la unidad de calefacción es del tipo seccional de cuatro quemadores, cada quemador necesita el 25% de las 150,000 Btu/h, o sean 37,500 Btu/h, de gas con 1050 Btu/pie y gravedad específica 0.62.

Reproducimos las tablas siguientes con autorización de la American Gas Association. Las tomamos de su catálogo XH0373. Se sugiere consultar ese catálogo para tener información más detallada.

La figura A14-2 presenta la capacidad en pies cúbicos por hora para gases con gravedad específica 0.60 al nivel del mar. Si se usan gases con gravedad específica distinta, y a nivel mayor que el del mar, se deben hacer los ajustes que se describirán después.

Debido a que la gravedad específica de 0.62 que tiene el gas natural de nuestro ejemplo es menor que el promedio entre 0.60 y 0.65 en la figura A14-3, emplearemos el factor

0.60 de 1000. Por lo tanto, la figura A14-2 no necesita ajuste.

Con una entrada al quemador de 37,500 Btu/h con gas de 1050 Btu/pie, se necesitarán 35.7 pies/h de ese gas. Deseamos mantener la presión del cabezal entre 3.5 y 4 pulgadas de CA, y tan cerca a 3.5 CA como sea posible. Bajando por la columna de 3.5 CA en la tabla, vemos que un orificio perforado con broca N° 34 entregará 35.05 pies/h, y que con broca N° 33 entregará 36.08 pies/h. Tendremos mejor funcionamiento del quemador si usamos el orificio menor con una presión ligeramente mayor, y por lo tanto escogemos el orificio con la broca N° 34. El consumo correcto real lo ajustaremos después con el medidor.

Si la gravedad específica del gas es distinta de 0.60 en la que se basa la figura A14-2, se necesitará ajustar. La figura A14-3 muestra esos ajustes. Se hace el ajuste dividiendo el flujo en pies/h necesario para el quemador entre el factor que se da para la gravedad específica del gas que se usa, para ajustar el flujo al de 0.60 de gravedad específica en la figura A14-2. Por ejemplo, si la gravedad específica del gas fuera 0.75, el factor de corrección sería 0.894. Los 35.7 pies/h del gas de gravedad específica 0.75 se transformarían en 35.7 pies/h divididos entre 0.894, lo que da 39.93 pies/h con gravedad específica 0.60. Esta cifra sería la que se use en la tabla A14-2 para determinar el tamaño de broca. A 3.5 polg de CA como presión en el múltiple, un agujero de broca N° 32 entregaría 38 pies/h, y uno de broca N° 31 entregaría 40.84 pies/h. Por lo tanto, usaríamos un agujero con broca N° 31 a una presión en el cabezal ligeramente mayor.



### FIGURA A14-3

Factores para gases de otra gravedad específica

Gravedad específica	Factor	Gravedad específica	Factor
0.45	1.155	0.95	0.735
0.50	1.095	1.00	0.775
0.55	1.045	1.05	0.756
0.60	1.000	1.10	0.739
0.65	0.961	1.15	0.722
0.70	0.926	1.20	0.707
0.75	0.894	1.25	0.694
0.80	0.866	1.30	0.679
0.85	0.840	1.35	0.667
0.90	0.817	1.40	0.655

- Para seleccionar un tamaño de orificio que pase determinado flujo de gas:
- 1) Obtenga el factor para la gravedad específica conocida del gas en esta tabla.
  - 2) Divida el flujo deseado de gas entre este factor, con lo cual se obtiene el flujo equivalente para gas de gravedad específica 0.60.
  - 3) Con el flujo de gas obtenido en 2), use la figura A14-2 para seleccionar el tamaño del orificio.

Para calcular el flujo del gas para un tamaño determinado de orificio y una presión determinada de gas cuando no sea posible usar un medidor de gas:

- 1) Con la figura A14-2 obtenga un flujo equivalente con gas de 0.60 de gravedad específica.
- 2) En la figura A14-3 obtenga el factor para la gravedad específica del gas que se quema.
- 3) Multiplique el flujo obtenido en 1) por el factor obtenido en 2) para calcular el flujo real de gas por el quemador.

Fuente: American Gas Association

En estos ejemplos hemos supuesto funcionamiento al nivel del mar, o a menos de 2000 pies (600 metros sobre el nivel del mar). Cuando se trabajan las estufas de calefacción a mayores altitudes, el aire menos denso que hay reduce la capacidad para manejar la cantidad necesaria de aire para tener una buena combustión. Por lo tanto, la capacidad de la unidad debe bajar, dependiendo de su elevación.

Entre el nivel del mar y una altitud de 2000 pies, no es necesario disminuir la capacidad. Sin embargo, a más de 2000 pies se debe bajar la capacidad 4% por cada 1000 pies (300 metros) sobre el nivel del mar. Por ejemplo, la altitud de la ciudad de México es de 2240 metros, o sean 7349 pies sobre el nivel del mar. La capacidad se debe reducir 4% por 7.349/1000, o sea 29%. Esta nueva capacidad se puede emplear para calcular el tamaño de orificio, o se puede usar la figura A14-4. Esa tabla da los diámetros de orificio a altitudes entre 2.000 y 10.000 pies, basados en el del orificio calculado al nivel del mar.

Nuestro primer ejemplo dio un diámetro de broca N° 34 para el orificio. Con la figura A14-4 y el N° 34 al nivel del mar, vemos que para 4000 pies (la altitud de Denver, Colorado) se necesita broca N° 37. Mientras mayor sea la altitud, menor será el consumo y menor el diámetro del

orificio. El ajuste final de la unidad se hace en el medidor de suministro.

La figura A14-5 muestra las agujas de un medidor doméstico normal de gas. Hay dos agujas de prueba, una para  $\frac{1}{2}$  pie<sup>3</sup> por revolución y la otra para 2 pies<sup>3</sup> por revolución. Para determinar si entra la cantidad correcta de gas a la unidad de calefacción, tan sólo es necesario determinar el flujo que pasa por el medidor. Para tener mayor exactitud, se apagan todos los demás aparatos. Si apaga los pilotos de los demás aparatos, asegúrese de encenderlos antes de irse. En general, el consumo de los pilotos es tan pequeño que se hace caso omiso de ellos.

El flujo de aire por el medidor se calcula mediante el tiempo que tardan las agujas de prueba para dar una vuelta. Para determinar ese tiempo se usa la siguiente fórmula:

$$\text{tiempo (seg/pie}^3\text{)} = \frac{\text{segundos por hora}}{\text{pies}^3 \text{ de gas/hora}}$$

En nuestro ejemplo, la fórmula daría:

$$\text{seg/pie}^3 = \frac{60 \times 60}{142.8} = \frac{3600}{142.8} = 25.2$$

Se necesitan 25.2 segundos para que pase 1 pie<sup>3</sup> de gas por el medidor. Entonces la aguja de  $\frac{1}{2}$  pie<sup>3</sup> necesitaría 12.6 segundos por revolución, y la de 2 pies<sup>3</sup>, 50.6 segundos. Se recomienda un buen cronómetro, de caratula o digital, para controlar la función de toma de tiempo. En lugar de usar la fórmula, la figura A14-6 es una tabla de tiempos de revolución para diversas agujas de prueba y diferentes consumos. Con esta tabla, los 142.8 pies<sup>3</sup>/h de gas harían que la aguja de  $\frac{1}{2}$  pie<sup>3</sup> girara entre 12 y 13 segundos, la de 1 pie<sup>3</sup> entre 25 y 26 segundos, etc.

Algunos fabricantes de estufas de calefacción han publicado tablas de bolsillo, las que se pueden conseguir en los negocios que venden artículos de calefacción. Una tabla típica se presenta en la figura A14-7.

**Gas licuado de petróleo (LP):** La industria del gas licuado de petróleo ha establecido una presión de ajuste en el múltiple para todos los aparatos de gas, 11 pulgadas de Ca. Por lo tanto, tan sólo es necesario determinar que el sistema de suministro de gas LP sea lo suficientemente grande para mantener 11 pulgadas de columna de agua en las unidades, cuando trabaja toda la carga conectada. En realidad el vendedor de gas LP pone la instalación del tanque, los dispositivos de regulación de presión y la tubería a la calefacción, pero usted debe familiarizarse con el procedimiento de instalación.

Hay dos sistemas básicos, como los que se ven en la figura A14-8. El sistema sencillo de la derecha, que se usa con más frecuencia en trabajos en residencias, sólo usa un regulador de presión ubicado en el tanque. El sistema de dos etapas que se ve a la izquierda se usa principalmente en trabajos comerciales, en los que el número de aparatos y el volumen de gas deben ser mayores. Por lo tanto, la presión en la tubería a la salida del regulador del tanque en el sistema de dos etapas es de 10 a 15 psig, mientras que es 11

Tamaño del orificio a nivel del mar	TAMAÑO DEL ORIFICIO NECESARIO EN OTRAS ALTITUDES									Tamaño del orificio a nivel del mar	TAMAÑO DEL ORIFICIO NECESARIO EN OTRAS ALTITUDES								
	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000		2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1	2	2	3	3	4	5	7	8	10	41	42	42	42	43	43	44	44	45	46
2	3	3	4	5	6	7	9	10	12	42	42	43	43	43	44	44	45	46	47
3	4	5	7	8	9	10	12	13	15	43	44	44	44	45	45	46	47	47	48
4	6	7	8	9	11	12	13	14	16	44	45	45	45	46	47	47	48	48	49
5	7	8	9	10	12	13	14	15	17	45	46	47	47	47	48	48	49	49	50
6	8	9	10	11	12	13	14	16	17	46	47	47	47	48	48	49	49	50	50
7	9	10	11	12	13	14	15	16	18	47	48	48	48	49	49	50	50	51	51
8	10	11	12	13	13	15	16	17	18	48	49	49	49	50	50	50	51	51	52
9	11	12	12	13	14	16	17	18	19	49	50	50	50	51	51	51	52	52	52
10	12	13	13	14	15	16	17	18	19	50	51	51	51	51	52	52	52	53	53
11	13	13	14	15	16	17	18	19	20	51	51	52	52	52	52	53	53	53	54
12	13	14	15	16	17	17	18	19	20	52	52	53	53	53	53	54	54	54	54
13	15	15	16	17	18	18	19	20	22	53	54	54	54	54	54	55	55	55	55
14	16	16	17	18	18	19	20	21	23	54	54	55	55	55	55	56	56	56	56
15	16	17	17	18	19	20	20	22	24	55	55	55	55	56	56	56	56	56	57
16	17	18	18	19	19	20	22	23	25	56	56	56	57	57	57	58	59	59	60
17	18	19	19	20	21	22	23	24	26	57	58	58	59	60	60	61	62	63	63
18	19	19	20	21	22	23	24	26	27	58	59	60	60	61	62	62	63	63	64
19	20	20	21	22	23	25	26	27	28	59	60	61	61	62	62	63	64	64	65
20	22	22	23	24	25	26	27	28	29	60	61	61	62	63	63	64	64	65	65
21	23	23	24	25	26	27	28	28	29	61	62	62	63	63	64	65	65	66	66
22	23	24	25	26	27	27	28	29	29	62	63	63	64	64	65	66	66	67	67
23	25	25	26	27	27	28	29	29	30	63	64	64	65	65	66	66	67	68	68
24	25	26	27	27	28	28	29	29	30	64	65	65	65	66	66	67	67	68	68
25	26	27	27	28	28	29	29	30	30	65	65	66	66	66	67	67	68	68	69
26	27	28	28	28	29	29	30	30	30	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70
27	28	28	29	29	29	30	30	30	31	67	68	68	68	69	69	70	70	70	70
28	29	29	29	30	30	30	30	31	31	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71
29	29	30	30	30	30	31	31	31	32	69	70	70	70	70	71	71	71	72	72
30	30	31	31	31	31	32	32	33	35	70	70	71	71	71	71	72	72	73	73
31	32	32	32	33	34	35	36	37	38	71	72	72	72	73	73	73	74	74	74
32	33	34	35	35	36	36	37	38	40	72	73	73	73	73	74	74	74	74	75
33	35	35	36	36	37	38	38	40	41	73	73	74	74	74	74	75	75	75	76
34	35	36	36	37	37	38	39	40	42	74	74	75	75	75	75	76	76	76	76
35	36	36	37	37	38	39	40	41	42	75	75	76	76	76	76	77	77	77	77
36	37	38	38	39	40	41	41	42	43	76	76	76	77	77	77	77	77	77	77
37	38	39	39	40	41	42	42	43	43	77	77	77	77	78	78	78	78	78	78
38	39	40	41	41	42	42	43	43	44	78	78	78	78	79	79	79	80	80	80
39	40	41	41	42	42	43	43	44	44	79	79	80	80	80	80	81	81	81	81
40	41	42	42	42	43	43	44	44	45	80	80	81	81	81	81	82	82	82	82

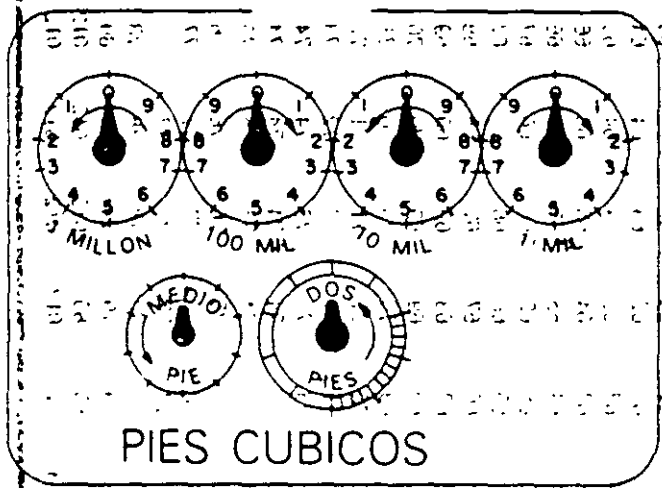


FIGURA A14-5 Medidor domestico para gas natural (Cortesía de American Gas Association)

pulgadas de CA en el sistema de una etapa. El tubo principal de suministro transporta más pies/h a la presión mayor, y por lo tanto es de diámetro menor. A veces es necesario conectar de un sistema de una etapa a uno de dos etapas, si las líneas de suministro instaladas tienen baja capacidad.

Como la mayor parte de las instalaciones residenciales y comerciales pequeñas son sistemas de una etapa, veámos más específicamente el sistema "de una etapa". La presión a la entrada del regulador será directamente la del tanque, y variará con el tipo de gas y la temperatura.

Para asegurar que el gas pase del tanque al sistema de suministro y a la unidad de calefacción, la presión en el tanque debe ser siempre mayor que la del tubo necesario para suministro del sistema. Para mantener una presión de 1 1/2 pulgadas de CA en la unidad de calefacción, si la caída de presión en el tubo es 1/2 CA, la presión mínima del tanque debería ser 2 psig. Esto quiere decir que se debe tener en cuenta la temperatura ambiente al seleccionar la mezcla de combustible LP. La figura A14-9 muestra la presión en el tanque, que habrá cuando las temperaturas vayan de -30°F a +110°F (-34 a +43°C), para mezclas de propano y butano, de composición entre 100% de propano hasta 100% de butano. De aquí podemos ver que no se puede usar butano a menos de +40°F (4°C), y que hasta el propano no desarrolla la presión suficiente a menos de -30°F (-34°C). En climas extremadamente fríos, se usan calentadores de tanque para asegurar un suministro adecuado de combustible.

La figura A14-10 muestra la capacidad en Btu/h para propano, del tubo entre el regulador de primera etapa y el de segunda etapa en la unidad. Las capacidades están en miles de Btu/h, para diámetros de tubería de cobre y de acero, en tramos de 10 a 200 pies. Las capacidades se basan en presión de 10 psig en el tubo, y pérdida de 2 psig entre los extremos.

Para adecuar la tabla de la figura A14-10 a una presión de tubería de 15 psig, se aumentan las capacidades multiplicándolas por 1.130. Si se usa presión de tubo 5 psig, las capacidades se reducen multiplicándolas por 0.879.

La figura A14-11 muestra la capacidad de conducción en Btu/h, del tubo de cobre y de acero de varios diámetros, cuyas longitudes son de 10 a 400 pies. Nótese que no se dan las capacidades para tubo de cobre de más de 250 pies (porque no se recomienda su empleo).

En el ejemplo de la carga total en la casa de 200,000 Btu/h y tubo de suministro de 80 pies, el diámetro del tubo de cobre sería 1 1/2" exterior, a 10 psig entre los dos reguladores. Para la carga de la unidad de calentamiento con 25 pies de tubo de suministro, se necesitaría tubo de 1" de diámetro exterior para manejar el abastecimiento de combustible.

Para determinar el tamaño correcto del orificio del quemador principal, todo lo que se necesita es una sola tabla. La densidad del propano y el butano es estable, 0.51 para el propano y 0.58 para el butano. También, el poder calorífico es estable, 250 Btu/pie<sup>3</sup> para el propano y 3175 Btu/pie<sup>3</sup> para el butano. Para determinar el diámetro del orificio tan sólo se necesita conocer el consumo de Btu/h por quemador. En el caso de la unidad de 150,000 Btu/h con cuatro quemadores, con 37,500 Btu por quemador, se usa la figura A14-12.

La unidad de calefacción usaria un orificio con broca N° 50 a 10 7/8 pulgadas CA para el propano, o uno de broca N° 51 a 10 5/8 pulgadas de CA con butano. Al igual que las unidades de gas natural, la capacidad de las de gas LP se debe disminuir a mayores altitudes. Una vez que se determina el tamaño de orificio de la figura A14-12, se puede determinar lo necesario para mayores altitudes con la figura A12-4. Para nuestra unidad de calefacción de ejemplo con orificio de broca N° 50 para propano al nivel del mar, el tamaño del orificio sería N° 51 a 4000 pies. Para el butano, el tamaño sería N° 51 a 4000 pies.

A14-2.2 Operación

En la operación de una unidad de calefacción de gas, se tienen dos funciones principales. La primera es el suministro del combustible, sea gas natural o LP, de acuerdo con un control de temperatura (en general, un termostato de recinto), o de un controlador de presión (en una unidad hidrónica) junto con los controles de seguridad, por alta temperatura en calefacción, o por alta presión en una unidad hidrónica. En cualquier caso, el control suministra básicamente la operación de una válvula de gas. En el capítulo A10 se describió una válvula normal de gas. En el capítulo A15 se mencionó el quemador de gas, pero se ha debido describirlo con mayor detalle. Es absolutamente necesario el funcionamiento correcto del quemador para alcanzar la mayor eficiencia de operación de la unidad de calefacción. Si se suministra aire insuficiente para la combustión, no se obtiene todo el calor disponible. Si se suministra demasiado aire, los productos de combustión salen del cambio de calor antes que la unidad haya tenido oportunidad para extraer la máxima cantidad de calor. Los productos de combustión tendrán mayor temperatura y saldrán más Btu por la chimenea.



URA A14-6

Gradas de gas natural (pies<sup>3</sup>/hr) al quemador

Segundos por revolución	PIÉS CÚBICOS POR HORA				Segundos por revolución	PIÉS CÚBICOS POR HORA			
	Medio pie <sup>3</sup>	Escala de la agua del medidor de prueba				Medio pie <sup>3</sup>	Escala de la agua del medidor de prueba		
		Un pie <sup>3</sup>	Dos pies <sup>3</sup>	Cinco pies <sup>3</sup>			Un pie <sup>3</sup>	Dos pies <sup>3</sup>	Cinco pies <sup>3</sup>
10	180	360	720	1 800	52	35	70	175	
11	165	327	655	1 636	51	34	68	170	
12	150	300	600	1 500	50	33	66	165	
13	135	277	555	1 385	49	32	64	160	
14	120	257	514	1 286	48	32	63	157	
15	120	240	480	1 200	47	32	63	155	
16	112	225	450	1 125	46	31	62	152	
17	105	212	424	1 059	45	30	61	149	
18	100	200	400	1 000	44	30	60	146	
19	95	189	379	947	43	29	58	143	
20	90	180	360	900	42	29	58	141	
21	84	171	343	857	41	28	56	138	
22	82	164	327	818	40	28	56	136	
23	78	157	313	783	39	27	54	133	
24	75	150	300	750	38	27	54	131	
25	72	144	288	720	37	26	52	128	
26	68	138	277	692	36	26	52	126	
27	67	133	267	667	35	25	50	123	
28	64	129	257	643	34	25	50	121	
29	62	124	248	621	33	24	48	118	
30	60	120	240	600	32	24	48	116	
31	58	116	232	581	31	23	46	113	
32	56	113	225	563	30	23	46	111	
33	55	109	218	545	29	22	44	108	
34	53	108	212	529	28	22	44	106	
35	51	103	206	514	27	21	42	103	
36	50	100	200	500	26	21	42	101	
37	49	97	195	486	25	20	40	98	
38	47	95	189	474	24	20	40	96	
39	46	92	185	462	23	19	38	93	
40	45	90	180	450	22	19	38	91	
41	44	88	176	440	21	18	36	88	
42	43	86	172	430	20	18	36	86	
43	42	84	167	420	19	17	34	83	
44	41	82	164	410	18	17	34	81	
45	40	80	160	400	17	16	32	78	
46	39	78	157	391	16	16	32	76	
47	38	77	153	383	15	15	30	73	
48	37	75	150	375	14	15	30	71	
49	37	73	147	367	13	14	28	68	
50	36	72	144	360	12	14	28	66	
51	35	71	141	353	11	13	26	63	

Nota: Para convertir a Btu por hora multiplique por el poder calorífico del gas empleado en Btu/pie<sup>3</sup>

Fuente: American Gas Association

Puesta en marcha, pruebas y operación de la calefacción

A-14-6-URD



**FIGURA A14-7**  
Flujos de gas (pies<sup>3</sup>/h)

Segundos por revolución	ESCALA DE LA AGUJA DEL MEDIDOR DE PRUEBA					Segundos por revolución	ESCALA DE LA AGUJA DEL MEDIDOR DE PRUEBA				
	½ pie <sup>3</sup>	¾ pie <sup>3</sup>	1 pie <sup>3</sup>	2 pies <sup>3</sup>	5 pies <sup>3</sup>		½ pie <sup>3</sup>	¾ pie <sup>3</sup>	1 pie <sup>3</sup>	2 pies <sup>3</sup>	5 pies <sup>3</sup>
50	18	36	72	144	360	10	90	180	360	720	1800
51	—	—	—	141	355	11	92	184	377	755	1836
52	—	—	69	138	346	12	95	190	390	780	1950
53	17	34	—	136	340	13	99	198	397	795	1985
54	—	—	67	133	333	14	104	208	417	844	2086
55	—	—	—	131	327	15	109	220	440	880	2200
56	16	32	64	129	321	16	115	233	465	935	2325
57	—	—	—	126	316	17	121	248	494	989	2459
58	—	31	62	124	310	18	128	266	528	1056	2600
59	—	—	—	122	305	19	135	287	570	1147	2847
60	15	30	60	120	300	20	143	310	620	1240	3000
62	—	—	—	116	290	21	151	337	679	1343	3357
64	—	—	—	112	281	22	160	368	748	1464	3616
66	—	—	—	109	273	23	170	403	827	1603	3883
68	—	—	—	106	265	24	181	443	916	1764	4150
70	—	—	—	103	257	25	193	488	1016	1944	4420
72	12	25	50	100	250	26	206	538	1136	2156	4692
74	—	—	—	97	243	27	220	593	1277	2407	4967
76	—	—	—	95	237	28	235	653	1440	2680	5243
78	—	—	—	92	231	29	251	719	1624	2984	5521
80	—	—	—	90	225	30	268	791	1830	3310	5800
82	—	—	—	88	220	31	286	869	2058	3660	6081
84	—	—	—	86	214	32	306	953	2310	4036	6363
86	—	—	—	84	209	33	327	1043	2586	4438	6645
88	—	—	—	82	205	34	350	1140	2888	4866	6927
90	10	20	40	80	200	35	375	1254	3216	5320	7200
92	—	—	—	78	196	36	401	1385	3670	5890	7476
94	—	—	—	—	192	37	429	1533	4260	6588	7752
96	—	—	—	75	188	38	459	1699	4980	7410	7926
98	—	—	—	—	184	39	491	1883	5830	8364	8192
100	—	—	—	72	180	40	525	2085	6810	9450	8450
102	—	—	—	—	178	41	561	2307	7920	10680	8706
104	9	17	35	69	173	42	600	2550	9160	12160	8964
106	—	—	—	—	170	43	641	2815	10540	13890	9222
108	—	—	—	67	167	44	684	3105	12060	15840	9480
110	—	—	—	—	164	45	729	3420	13740	17940	9738
112	—	—	—	64	161	46	776	3762	15580	19200	9996
116	—	—	—	62	155	47	825	4131	17580	21060	10254
120	7	15	30	60	150	48	876	4530	19740	23160	10512
						49	—	—	—	147	367

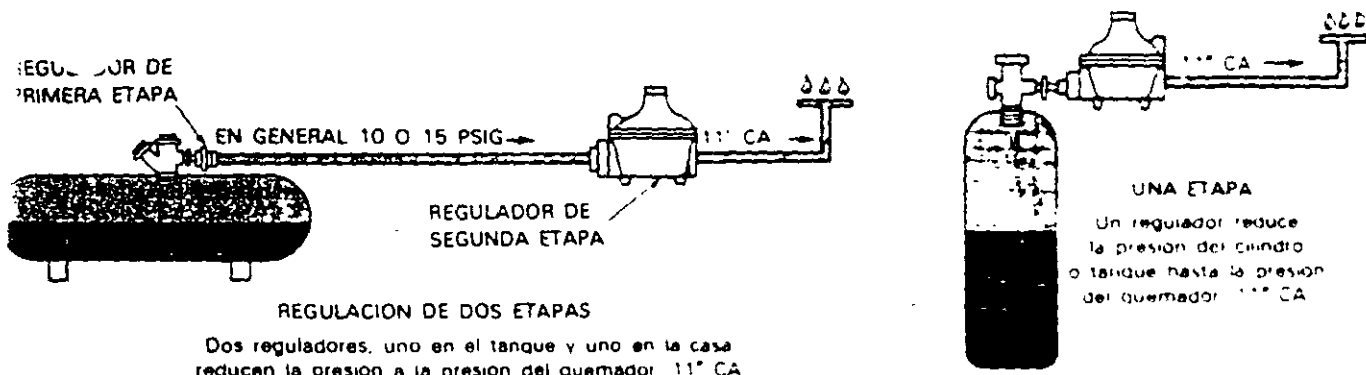
Fuente: Addison Products Company



**A14-23**  
**Aire de combustion**

La parte del aire que se necesita para la combustión, y que se mezcla con el gas en el quemador antes que pase por la ranura o agujero del quemador, se llama *aire primario*.

Es un 40% del aire total. El resto, o sea el 60%, se llama *aire secundario*, y pasa alrededor del quemador y se encuentra con la flama sobre la abertura del quemador. Además del aire para la combustión, entra también aire a la cámara de combustión en cantidad suficiente como para asegurar la combustión completa. El exceso de aire es un



**REGULACION DE DOS ETAPAS**  
 Dos reguladores, uno en el tanque y uno en la casa reducen la presión a la presión del quemador: 11" CA

**UNA ETAPA**  
 Un regulador reduce la presión del cilindro o tanque hasta la presión del quemador: 11" CA

**FIGURA A14-8** Sistema de suministro de gas LP. Cortesía de Fisher Controls International, Inc.

**FIGURA A14-9**  
 Presión de gases LP en función de su temperatura

	PRESION DE VAPORES PSIG														
	Temperatura ambiente °F														
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
100% propano	6.8	11.5	17.5	24.5	34	42	53	65	76	93	110	128	150	177	204
70% propano 30% butano	—	4.7	9	15	20.5	28	36.5	46	56	66	82	96	114	134	156
50% propano, 50% butano	—	—	3.5	7.6	12.3	17.8	24.5	32.4	41	50	61	74	86	104	122
70% butano, 30% propano	—	—	—	2.3	5.9	10.2	15.4	21.5	28.5	36.5	45	54	66	79	93
100% butano	—	—	—	—	—	—	3.1	6.9	11.5	17	23	30	38	47	

Fuente: Fisher Controls International, Inc.

50% del aire total para la combustión, con lo cual el cambiador de calor maneja 1.5 veces la cantidad de aire necesario para el proceso de combustión. El suministro del exceso de aire asegura la combustión completa, pero lo más importante es que reduce la posibilidad de producción de monóxido de carbono (CO) entre los gases de combustión. Un quemador con ajuste correcto de las características de flama, con la cantidad correcta de aire secundario y de exceso producirá un contenido de CO<sub>2</sub> en los gases de combustión de aproximadamente 10%. Con el quemador normal de gas ajustado al consumo correcto y a la cantidad correcta de aire en el cambiador de calor para producir un aumento de temperatura de 40°F (22°C) (temperatura del aire de entrada menos temperatura de aire de retorno), la temperatura de los gases de chimenea será unos 475°F (244°C) arriba de la del aire que entra a la cámara de combustión. Esta regla no se aplica a la unidad de alta eficiencia, porque algunas de ellas trabajan a temperaturas de chimenea hasta de 100°F (38°C). Para ajustar en forma

correcta una unidad de alta eficiencia, se deben seguir detalladamente las instrucciones del fabricante.

Para ajustar el funcionamiento de la unidad normal, el primer ajuste es el del aire primario al quemador. Teniendo la alimentación correcta de gas a la unidad de calefacción, se debe ajustar el aire primario al quemador para asegurar una combustión completa, pero no en exceso como para que provoque flama ruidosa y desprendimiento de flama del quemador. El aire primario se controla mediante obturadores de aire (figura A14-13), desde el extremo del orificio del quemador.

Al variar la abertura se controla el flujo de aire al quemador. Al abrir aumenta y al cerrar disminuye la cantidad de aire primario inducida. Con un chorro fijo de gas al quemador, podemos variar las características de la flama para tener el quemado más eficiente.

Las características exactas de la flama dependen del tipo del quemador, pero se acepta que lo más deseable es tener una flama azul suave. Al cerrar los obturadores de aire

**FIGURA A14-10**

Tamaños de tubera entre los reguladores de primera y segunda etapa

Longitud tubo, pies	TAMAÑO DEL TUBO D E TIPO L							TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO CEDULA 40							
	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6"	6 1/2"	7"	7 1/2"	8"
10	730	1 700	3 200	5 300	8 300	11 000	3 200	7 500	11 800	14 500	41 300	68 000	133 000	237 500	493 000
20	500	1 100	2 200	3 700	5 800	12 000	2 200	4 200	8 800	18 000	33 000	61 000	122 500	165 500	341 000
30	400	920	2 000	2 900	4 700	9 800	1 800	4 000	7 200	14 500	26 000	49 500	76 500	98 500	281 000
40	370	850	1 700	2 700	4 100	8 500	1 600	3 700	6 800	13 500	24 000	46 000	71 000	127 000	262 000
50	330	770	1 500	2 400	3 700	7 500	1 500	3 400	6 300	12 500	22 500	43 000	65 000	98 000	240 000
60	300	700	1 300	2 200	3 300	7 000	1 300	3 100	5 800	12 000	21 700	42 000	61 000	99 000	224 000
80	260	610	1 200	1 900	2 900	6 000	1 200	2 800	4 900	10 000	18 000	34 000	52 000	83 000	192 000
100	220	540	1 000	1 700	2 600	5 400	1 000	2 300	4 300	8 000	15 000	31 000	45 500	61 500	166 000
125	200	490	900	1 400	2 300	4 800	900	2 100	4 000	7 000	13 500	28 000	41 500	74 000	152 500
150	190	430	830	1 300	2 100	4 400	850	1 900	3 600	6 200	12 600	25 000	37 000	66 500	137 000
175	170	400	780	1 200	1 900	4 000	770	1 700	3 300	6 000	11 400	23 500	34 500	61 500	127 000
200	160	380	730	1 100	1 800	3 800	720	1 500	3 100	5 800	10 600	22 000	32 000	57 500	119 000

Para convertir a capacidades a 5 psig, multiplique por 0.879  
 Para convertir a capacidades a 10 psig, multiplique por 1.145  
 Para convertir a capacidades a 15 psig, multiplique por 1.110  
 Para convertir a capacidades a 40 psig, multiplique por 1.488  
 Para convertir a capacidades a 20 psig, multiplique por 1.185  
 Para convertir a capacidades a 50 psig, multiplique por 1.618  
 Las capacidades máximas de propano que se mencionan se basan en caída de presión de 2 psig a presión de 10 psig. Las capacidades están en miles de tu/h

Fuente: Fisher Controls International, Inc

**FIGURA A14-11**

Diametros de tubera entre el regulador de primera o segunda etapa y el quemador:

Longitud el tubo, pies	TAMAÑO DEL TUBO D E TIPO L							TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO CEDULA 40							
	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	5 1/2"	6"	6 1/2"	7"	7 1/2"	8"
10	39	91	199	329	501	935	275	567	1 071	2 205	3 307	6 221	10 140	17 990	36 710
20	26	62	131	216	346	630	189	393	732	1 496	2 299	4 331	7 046	12 510	25 520
30	21	50	107	181	277	500	152	315	590	1 212	1 858	3 465	5 695	10 110	20 620
40	19	41	90	145	233	427	129	267	504	1 039	1 559	2 992	4 778	8 481	17 300
50	18	37	79	131	198	376	114	237	448	913	1 417	2 646	4 343	7 706	15 730
60	16	35	72	121	187	340	103	217	409	834	1 275	2 394	3 906	6 936	14 150
80	13	29	62	104	155	289	89	185	340	724	1 086	2 047	3 329	5 908	12 050
100	11	26	55	90	138	255	78	162	307	630	976	1 811	2 991	5 309	10 830
125	10	24	48	81	122	224	69	146	275	567	866	1 606	2 654	4 711	9 613
150	9	21	43	72	109	202	63	132	252	511	787	1 496	2 412	4 218	8 736
200	8	19	39	66	100	187	54	112	209	439	665	1 282	2 036	3 618	7 382
250	8	17	36	60	93	172	48	100	185	390	590	1 138	1 808	3 210	6 549
300	—	—	—	—	—	—	43	90	168	353	534	1 030	1 637	2 905	5 927
350	—	—	—	—	—	—	40	83	155	325	491	947	1 505	2 671	5 450
400	—	—	—	—	—	—	37	77	144	303	458	883	1 404	2 492	5 084

Las capacidades máximas de propano que aparecen se basan en caída de presión de 1/2" CA a 11" CA de presión. Las capacidades están en miles de Br/h

Fuente: Fisher Controls International, Inc

se tendrá combustión incompleta, ocasionando la formación de carbón (hollin), que se deposita en las superficies del cambiador de calor, así como de monóxido de carbono (CO) en los gases de combustión.

Los obturadores de aire primario que están demasiado abiertos permiten que entre demasiado aire primario. La flama será aguda y tenderá a alejarse del quemador. Ello hace que el fuego sea ruidoso e impulsa demasiados gases

**I LA A14-12**

**Capacidades de oficio (Btu/h al nivel del mar) para gases LP**

Número del oficio (Decimal o DMS)	CONSUMO DE GAS, BTU POR HORA PARA		Tamaño del oficio (Decimal o DMS)	CONSUMO DE GAS, BTU POR HORA PARA	
	Propano	Butano o mezclas de butano y propano		Propano	Butano o mezclas de butano y propano
006	500	554	51	35,330	39,400
009	641	709	50	38,500	42,800
010	791	875	49	41,850	45,350
011	951	1,053	48	45,450	50,300
012	1,130	1,250	47	48,400	53,550
80	1,430	1,590	46	51,500	57,000
79	1,655	1,830	45	52,900	58,500
78	2,015	2,230	44	58,050	64,350
77	2,545	2,815	43	62,200	69,000
76	3,140	3,480	42	68,700	75,200
75	3,465	3,840	41	72,450	80,200
74	3,985	4,410	40	75,400	83,500
73	4,525	5,010	39	77,850	86,200
72	4,920	5,450	38	81,000	89,550
71	5,320	5,900	37	85,000	94,000
70	6,180	6,830	36	89,200	98,800
69	6,710	7,430	35	95,000	105,300
68	7,560	8,370	34	97,000	107,200
	8,040	8,910	33	101,000	111,900
	8,550	9,470	32	105,800	117,000
65	9,630	10,670	31	113,200	125,400
64	10,200	11,300	30	129,700	143,600
63	10,800	11,900	29	145,700	163,400
62	11,360	12,530	28	154,700	171,600
61	11,930	13,280	27	163,100	180,000
60	12,570	13,840	26	169,900	187,900
59	13,220	14,630	25	175,500	194,600
58	13,840	15,300	24	181,700	201,600
57	14,550	16,090	23	186,800	206,400
56	16,990	18,790	22	193,500	214,500
55	21,200	23,510	21	198,600	220,200
54	23,850	26,300	20	203,700	225,000
53	27,790	30,830	19	217,100	241,900
52	31,730	35,100	18	225,600	249,800

W por pie cubico	Propano	Butano
Gravedad especifica	2,500	3,175
Presion en el oficio, pulgadas CA	11	11
eficiente del oficio	0,9	0,9

Para altitudes mayores que 2,000 pies, seleccione primero el tamaño equivalente de oficio al nivel del mar en la figura A14-4

fuente: American Gas Association

través del cambiador de calor, reduciendo la eficiencia de un sistema de calefacción. Una flama aguda y ruidosa aumenta el costo de la calefacción.

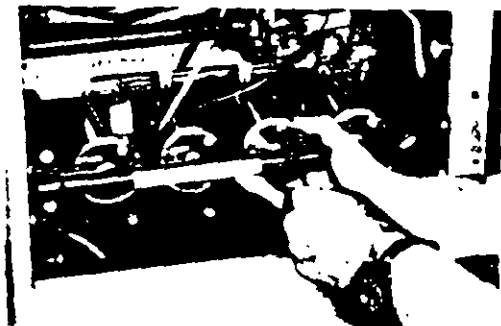
Después de comprobar y ajustar la alimentación de gas, ajustar los obturadores de aire primario, se debe revisar el estado de la chimenea. Esto se ha descrito en el capítulo A5.



A14-2.4

**Aumento de temperatura del aire**

El ajuste final antes de probar la eficiencia es el del ventilador, para tener un aumento determinado de temperatura del aire que pasa por el cambiador de calor. En los



**FIGURA A14-13** Ajuste del aire primario  
(Cortesía de Borg-Warner Central  
Environmental Systems, Inc.)



**FIGURA A14-14** Medición de aumento de  
temperatura del aire (Cortesía de Borg-Warner  
Central Environmental Systems, Inc.)

sistemas sólo de calefacción, la recomendación general para tener calor confortable en el recinto ocupado es la circulación continua de aire (CCA). Este método de funcionamiento del ventilador da una circulación de aire tan continua como sea posible durante la estación fría. Con circulación continua de aire, se eliminan los problemas molestos de aire estancado, que normalmente se le llama *frío de 70°F (21°C)*, y se tiene un mejor nivel de confort en la zona ocupada.

Para obtener CCA, el aumento de temperatura del aire que pasa por la unidad de calefacción debería ser tan cercano a 80°F (44°C) como sea posible. El interruptor del ventilador debe encender entre 125 y 130°F (52 a 55°C) y apagar entre 95 y 100°F (35 a 37°C). Esto ayudará también a sacar tanto calor como sea posible del compartimiento del cambiador de calor en la unidad del calefactor antes de que el ventilador se apague. En tramos excepcionalmente largos del ducto de suministro, donde es molesto el aire frío del ducto al arranque del ventilador, es deseable algo de efecto de gravedad o pasivo antes que el ventilador encienda. El interruptor del ventilador se ajusta para encender a 150°F, y el apagado queda igual.

Cuando se tiene aire acondicionado además del sistema de calefacción, se permiten aumentos de temperatura que se describen en el capítulo A17.

Para obtener el aumento correcto de temperatura del aire que pasa por la unidad de calefacción, se anotan las temperaturas del aire de suministro y de retorno. La figura A14-14 muestra la inserción de termómetros tipo carátula en las cámaras plenas de suministro y retorno de la unidad de calefacción. Con un punzón de lámina se puede formar un agujero lo suficientemente grande como para que quepa el vástago de  $\frac{1}{8}$ " del termómetro de carátula, y los agujeros se pueden cerrar con tornillos de lámina después de haber terminado la prueba. El termómetro del aire de suministro también debe estar colocado lo bastante lejos de la superficie del cambiador de calor como para reducir el efecto del calor radiante sobre el termómetro. La distancia mínima en general es 30 cm o 12". Si se puede poner el termómetro en el ducto principal alejado de la presión del aire de suministro, se eliminará prácticamente el efecto radiante. Después que la unidad haya trabajado el tiempo suficiente como para que el termómetro de aire de suministro tenga una

indicación uniforme (que se haya estabilizado), se debe restar la temperatura del aire de retorno de la de aire de suministro, y anotar la diferencia. Si el aumento de temperatura es menor que 80°F, el soplador de la unidad de calefacción mueve demasiado aire, está quemando mucho combustible, y se debe reducir la velocidad. Si la temperatura es mayor que 80°F, se debe aumentar la velocidad del soplador.

El procedimiento para hacerlo depende del tipo de impulsor que tenga el soplador. Los sopladores con impulsión de bandas se ajustan cambiando el tamaño de la polea motora o impulsora, los sopladores con acoplamiento directo cambiando las conexiones eléctricas al motor. Los de impulsión por banda emplean una polea motora ajustable (la polea motriz, o de impulsión), polea del soplador (la polea impulsada o movida) y bandas de transmisión. La velocidad del soplador se ajusta cambiando el diámetro de la polea motriz. Al abrir la polea distanciando sus bridas se permite que la banda cabalgue más adentro de la polea y con ello se reduce el diámetro efectivo de esta. Esto, a su vez, reduce el diámetro de rotación de la polea entre las dos caras y reduce la velocidad del soplador.

Si se cierran los lados de la polea se aumenta el diámetro de la polea motriz, lo cual ocasiona un aumento de velocidad del soplador. En general, la polea motriz tiene dos prisioneros que permiten ajuste en incrementos de un cuarto de vuelta. *Use las caras planas con esos prisioneros; no introduzca los prisioneros en las roscas de ajuste de la polea.* Esta mala práctica echa a perder las posibilidades de ajuste en el futuro.

Después de haber ajustado la velocidad del soplador, se debe revisar la tensión y alineamiento de la banda (vease figura A14-15). Asegúrese que la tensión de la banda sea la correcta para evitar patinamientos, pero que no sea tan alta que provoque demasiado desgaste. Se debe dejar un juego entre  $\frac{1}{8}$ " y 1" por cada 12 pulgadas de distancia entre los ejes del motor y soplador. También, con una regla revise el alineamiento entre las poleas. Si hay desalineamiento y demasiada tensión de banda se provocará ruido, demasiada vibración y desgaste en la banda en las cajas del motor y del soplador.

En los sopladores con acoplamiento directo al motor, la selección de velocidades del soplador se limita al número

DE LA TENSION DE LA BANDA

COMPROBACION DEL ALINEAMIENTO DE LA POLEA

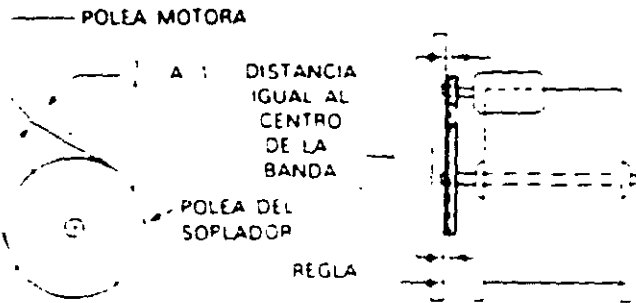


FIGURA A14-15 Alineamiento de poleas y tension de la banda. Cortesía de Borg Warner Central Environmental, Inc.

velocidades que trae el motor. En algunas unidades o de calefaccion, el soplador tiene solo una velocidad y hay posibilidad de regular el aumento de temperatura. Si agrega aire acondicionado a una unidad de esas, se necesita un cambio del motor del soplador, o del conjunto del soplador, para adaptarse a la perdida de presion a través del serpentín.

Si la unidad de calefaccion tiene un motor de soplador con varias velocidades, observe cuál terminal de velocidad está en la unidad: la de alta, media o baja. Para la puesta en marcha inicial se recomienda que se ponga en la de velocidad media, sujeta a verificación cuando se obtenga el aumento de temperatura.

En todos los casos, al aumentar la velocidad del soplador aumentarán los pies<sup>3</sup>/min de aire que pasan y bajará el aumento de temperatura. A la inversa, si se disminuye la velocidad del soplador disminuirán los pies<sup>3</sup>/min de aire por la unidad y será mayor el aumento de temperatura.

Cuando se aumente la velocidad del soplador, con lo cual se aumenta la carga en el motor, se aumentará también la corriente que pasa. Se debe emplear un amperímetro de gancho (como el que se ve en la figura R19-5) para medir el amperaje del motor en funcionamiento. Si los pies<sup>3</sup>/min necesarios hacen que el motor tome más amperaje que el de su placa, se debe sustituir por un motor o conjunto de soplador de mayor capacidad.

A14-16 Prueba de eficiencia

Teniendo ajustado el consumo de combustible de la unidad de calefaccion, los quemadores bien ajustados y la unidad trabajando tan cerca del aumento deseable de temperatura como sea posible, se puede medir la eficiencia de funcionamiento. Los instrumentos que se usan en esta prueba se describieron en el capítulo A13. Sin embargo, para ser continuados, los describiremos cuando sea necesario en cada paso.

Basicamente, la eficiencia de operación de una unidad de calefaccion, o de una hidrónica, es la diferencia entre el

calor posible de obtener en el proceso de combustion y la cantidad real de calor que se obtiene de la unidad. Una unidad de calefaccion cederá X% del calor que se produce en el quemado del gas, al aire que pasa por ella. Una unidad hidrónica cederá X% del calor asequible de la combustion de gas, al agua que pasa por la unidad.

El objeto de los ajustes para eficiencia máxima es obtener todo el calor posible de la cantidad potencial de calor producido en el proceso de combustion, en el recinto acondicionado, sin crear condiciones indeseables. Para hacerlo, intervienen varios factores. Esos factores se relacionan con la unidad, y cualquier cambio que afecte a uno afectará a los demás. Los factores son:

1. Cantidad de combustible que se quema
2. Operación del quemador
3. Operación del cambiador de calor

Hemos descrito la obtención de una alimentación correcta y el ajuste adecuado del quemador, así como de un aumento de temperatura a través de la unidad. En esta descripción veremos cómo los cambios en esos factores afectan la eficiencia general de la unidad.

**Objetivo.** El objetivo de la prueba de eficiencia es obtener una eficiencia tan alta de la unidad de calefaccion como sea posible, tomando en cuenta el costo de operación, la vida del equipo, y el confort obtenido en el recinto acondicionado. Los tres factores quedarán afectados por cualquier cambio o ajuste hecho a la unidad de calefaccion. Si el aire que pasa por el cambiador de calor es más que el adecuado para tener CCA, se sacará más calor de los productos de combustion y la eficiencia de operación de la unidad aumentará. Sin embargo, con más aire circulando por el espacio acondicionado, hay mayor probabilidad de tener corrientes molestas. También, si la temperatura de los productos de combustion disminuye hasta el punto que se condense agua de los gases, se formará agua en la chimenea o tubo de ventilación y hasta en el cambiador de calor mismo. Esta agua disuelve al CO<sub>2</sub> producido en la combustion y forma ácido carbónico, que es un ácido débil y que puede acortar la vida del equipo. Por otro lado, si se reduce el flujo de aire por la unidad se reducirá la extracción de calor en el cambiador de calor, se aumentará la temperatura de los gases de combustion y se reducirá la eficiencia de operación.

Por lo tanto, es necesario tener los ajustes que logren un equilibrio entre el costo de operación (eficiencia) y el confort. Para la prueba de eficiencia se adoptan ciertas normas. Hemos descrito la mayor parte de ellas antes, pero las mencionaremos de nuevo:

1. **Consumo de combustible.** A la unidad se le debe suministrar la cantidad correcta de combustible, entre el 90 y el 100% de su consumo nominal.
2. **Ajuste del aire primario al quemador.** Que la flama sea suave y azul, sin color amarillo o sin que se separe del quemador.

3. **Aumento de temperatura del aire** Tan cercano como sea posible a 80°F (44 °C) y lo permita el soplador
4. **Ajustes de control del ventilador** A 125 a 130°F para encender el ventilador y a 100 a 105°F para apagarlo. Cuando las unidades tengan tramos de ducto de más de 50 pies (15 metros), se aconseja un ventilador o el ajuste de la temperatura a 150°F, para contrarrestar las corrientes en el arranque.
5. **CO<sub>2</sub>** Como resultado de la combustión se produce agua (H<sub>2</sub>O) cuando el hidrógeno del gas se quema y se obtiene CO<sub>2</sub> cuando se quema el carbono del gas. La cantidad de agua no tiene importancia, y por lo tanto no se mide. Sin embargo, si la temperatura en la chimenea baja mucho, esta agua origina problemas de corrosión. La cantidad de CO<sub>2</sub> es importante. Si el contenido de CO<sub>2</sub> es muy bajo, quiere decir que hay mucho aire de combustión y demasiado volumen de gases de combustión, a mayor temperatura, que salen por la chimenea. Si la concentración de CO<sub>2</sub> es demasiado alta, quiere decir que el aire de combustión es insuficiente, la combustión es incompleta, y que es posible que se produzca monóxido de carbono (CO). La concentración deseable de CO<sub>2</sub> en los gases de chimenea es de 8% a 10%. Representa del 70 al 80% de la concentración de CO<sub>2</sub> que se obtendría con una combustión 100% completa sin aire adicional. La eficiencia de combustión debe ser de 70 a 80%, y la concentración de CO debe ser menor que 0.0005%.
6. **Temperatura en la chimenea** La temperatura de los gases de combustión que salen del cambiador de calor es una indicación directa de la eficiencia de operación de ese cambiador. Cuando el consumo de combustible es correcto, y la eficiencia de combustión es buena, el cambiador de calor debe tener la capacidad de extraer el calor de los productos de combustión a una rapidez tal como para que la temperatura de los gases en la chimenea sea de 475 a 500°F (265 a 278°C) mayor que la del aire de combustión que entra al compartimiento del quemador. Si la temperatura en la chimenea es demasiado alta, puede deberse a que se ha reducido la eficiencia del cambiador de calor, debido por ejemplo a que sus superficies estén sucias, que estén deterioradas las mamparas de control, que el cambiador de calor tenga torcimientos, etc., o que haya demasiado aire de combustión. Si la unidad es un modelo de fábrica, el control del aire de combustión mediante mamparas se hace en la fábrica. Por lo tanto, los ajustes de consumo de combustible, de aire primario y de aumento de temperatura del aire que pasa por la unidad son correctos, y el aumento de temperatura en los gases de chimenea no debe ser mayor que 480°F sobre la temperatura del aire que entra a la cámara de combustión.

Cuando se instalan quemadores modificados en unidades diseñadas para quemar otros combustibles, o en unidades formadas de componentes seleccionados en campo, el método de control de la cantidad de aire total de combustión

se debe instalar en el campo. Esto se hace normalmente mediante un ajuste fijo con restrictor de tiro de chimenea, entre la salida de la chimenea junto al cambiador de calor y el divisor o desviador de tiro, o con mamparas desviadoras colocadas en pasajes secundarios de tiro de los cambiadores de calor. En todo caso, el contenido de CO<sub>2</sub> de los gases debe ser entre 7 y 9%, y el aumento de temperatura en la chimenea no debe ser mayor que 580 °F.

#### A14-20 Punto neutro

Para mantener la combustión correcta en las puntas de las flamas del quemador, a la vez que recuperación máxima de calor de los productos de combustión, el cambiador de calor debe ser capaz de manejar el gas expandido que se produce por combustión, sin manejar demasiado aire. Cuando el equilibrio entre el aire primario y el aire total de combustión, y el tiro en el cambiador de calor son correctos, la presión positiva que produce la expansión de los productos calientes de combustión, y la presión negativa que produce el tiro en la salida del cambiador de calor para succionar aire a la cámara de combustión, se equilibran en lo que se llama *punto de presión neutra*. Cuando se ha obtenido la presión adecuada de equilibrio, el punto de presión neutra (presión cero) debe quedar en las puntas de las flamas del quemador.

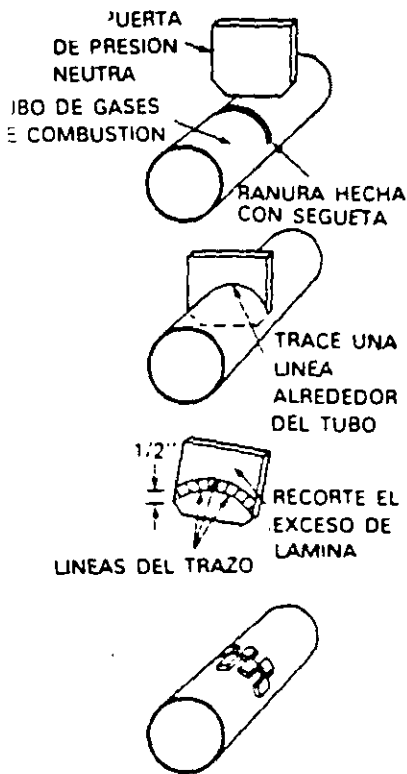
Las unidades diseñadas en fábrica se ajustan, en general con mamparas de restricción a la salida del cambiador de calor. No se deben cambiar ni quitar. En las unidades instaladas en el campo, como cuando se hace una conversión de un combustible sólido a gas, la puerta del hogar o quemador se usa como punto de prueba.

El reglamento (código) de la American Gas Association especifica que la instalación de quemadores de gas en conversión de unidades se debe apegar a la Norma de Instalación de Quemadores de Gas Doméstico, en el Código del Instituto Nacional de Normas, Sección ANSI Z21.8 (en EUA). Esta norma pide que el punto de presión neutra se ajuste para que esté entre 1 pulgada más abajo del punto medio, y 1 pulgada más abajo de la parte superior de la puerta del quemador. Si los puntos de presión neutra estuvieran más abajo que estos límites se perturbaría la combustión muy seriamente y se podría producir demasiado CO. Los puntos de presión neutra por encima de estos límites reducirán la eficiencia y elevarán el costo de operación.

Se debe instalar un medio para ajustar el punto neutro en las unidades convertidas en el campo. Esto se hace con facilidad colocando una compuerta corrediza en la chimenea entre la salida de gases del cambiador de calor y el desviador de tiro. La figura A14-16 muestra el procedimiento paso a paso para hacerlo.

El paso 1 es cortar una ranura en la parte superior del tubo de chimenea, lo suficientemente ancha como para que quepa una compuerta deslizante, que se fabrica normalmente con lámina de calibre 20. Se introduce la compuerta en la ranura y se ajusta la restricción al paso de los gases de





FORMA SUGERIDA DE AJUSTADOR DE PUNTO DE PRESION NEUTRA INTRODUZCA EN LA RANURA RECORTADA DEL TUBO DE GASES.

CUANDO EL AJUSTE SEA EL ADECUADO TRACE UNA LINEA EN LA COMPUERTA PARA QUE SE PUEDA VOLVER A LOCALIZAR

QUITE LA COMPUERTA, RECORTE EL EXCESO DE LAMINA RECORTE LAS LENGUETAS Y DOBLE LOS SEGMENTOS EN DIRECCIONES ALTERNATIVAS

VUELVA A COLOCAR EN EL TUBO, Y COMPRUEBE DE NUEVO LOS AJUSTES PARA ASEGURAR QUE NO HAN CAMBIADO LAS CONDICIONES, Y SUJETE EL AJUSTADOR EN SU LUGAR CON PUNZAS PARA METAL

FIGURA A14-16 Compuerta de control del punto de presión neutra (Cortesía de Bacharach Instrument Company)

combustion hasta obtener el punto adecuado de presión neutra.

Estando abierta la puerta tan sólo lo suficiente como para que quepa la toma de presión del medidor de presión neutra, a 1 pulgada sobre el centro de la puerta, se mueve la compuerta deslizante para restringir el tiro, cuando la presión es negativa (tiro), o para admitir más gases si la presión es positiva. Cuando se ha encontrado la posición correcta, trace una línea en la compuerta alrededor de la superficie del tubo de chimenea. Es el paso 2.

En el paso 3, se puede recortar la compuerta, y doblar para fijarla al tubo de chimenea, con un mínimo de aberturas de ranura entre las lengüetas, recortando todo el exceso de material y dejando  $\frac{1}{2}$  pulgada sobre la línea trazada.

En el paso 4, se fija en su lugar al restrictor, o compuerta, con tornillos de lámina, con lo que se tiene un ajuste permanente.

===== A14-27  
===== Procedimiento

La prueba de eficiencia necesita de mediciones "antes" "después" para determinar si se ha obtenido la mayor eficiencia, así como la diferencia de rendimientos de la unidad. Esta información es valiosa para las relaciones con un cliente. El mostrarle un aumento de eficiencia, o demostrar que la unidad está trabajando a su eficiencia máxima,

es valioso como parte de la capacidad de ventas del técnico de servicio.

Es necesario un método para anotar esa información, para que sea parte permanente de la historia de operación y servicio de la unidad. La hoja de comprobación de eficiencia debe tener la siguiente información:

**Alimentación**

1. Tipo de gas Nat \_\_\_\_ Mezclado \_\_\_\_ Fabrica \_\_\_\_ Prop \_\_\_\_ But \_\_\_\_
2. Poder calorífico, Btu/pe' \_\_\_\_\_
3. Gravedad específica del gas \_\_\_\_\_
4. Tamaño del orificio del quemador principal Encontrado \_\_\_\_ Dejado \_\_\_\_
5. Presión del cabezal (pulg. CA) Encontrada \_\_\_\_ Dejada \_\_\_\_
6. Aguja de prueba del medidor \_\_\_\_\_ pies/res
7. Segundos que tarda una revolución de la aguja de prueba. Encontrado \_\_\_\_ Dejado \_\_\_\_

**Ajuste del aire primario**

1. Flama antes del ajuste Azul agudo \_\_\_\_ Azul suave \_\_\_\_ Puntas amarillas \_\_\_\_
2. Flama después del ajuste Azul suave \_\_\_\_

**Ajuste del punto neutro**

1. Diseño de fábrica, no ajustable \_\_\_\_\_
  2. Quemador convertido \_\_\_\_\_
- Encontrado Abajo de los límites de ajuste \_\_\_\_\_  
Arriba de los límites de ajuste \_\_\_\_\_  
Dentro de los límites de ajuste \_\_\_\_\_
- Dejado. Dentro de los límites de ajuste \_\_\_\_\_

**Aumento de temperatura del aire**

Primera prueba Segunda prueba Dejado  
Temperatura del aire de suministro \_\_\_\_\_  
Temperatura del aire de retorno \_\_\_\_\_  
Aumento de temperatura del aire \_\_\_\_\_

CO<sub>2</sub>  
Primera prueba \_\_\_\_\_ %  
Segunda prueba \_\_\_\_\_ %  
Dejado \_\_\_\_\_ %

**Aumento de temperatura en chimenea**

Primera prueba Segunda prueba Dejado  
Temp en chimenea \_\_\_\_\_  
Temp. del aire de combustion \_\_\_\_\_  
Aumento de temp en chimenea \_\_\_\_\_

## ciencia de combustión

Primera prueba Segunda prueba Dejado  
eficiencia

primer paso en cualquier prueba de eficiencia es establecer que existe un consumo correcto en la unidad, y en hacer ajustes pertinentes

Anote el poder calorífico en  $\text{Btu}/\text{pie}^3$  y la gravedad específica del gas, preguntando al proveedor o compañía suministradora

Anote el tamaño del orificio y la presión de trabajo en el múltiple o cabezal de la unidad. Esta información se necesita en caso que no sea correcto el consumo

Mida y anote el tiempo de operación del medidor. Con los  $\text{Btu}/\text{pie}^3$  y la gravedad específica del gas, al igual que el consumo del medidor, se puede calcular el consumo de gas natural u otros gases mezclados. Se puede hacer cualquier ajuste después de terminar la primera medición. El procedimiento se describe en la sección A14-21. Sin embargo, para comparar la eficiencia total de la unidad, complete la primera prueba antes de hacer cualquier ajuste. Si el combustible suministrado es propano o butano no se usará medidor, los únicos factores determinantes son la presión en el cabezal y el tamaño del orificio

4. Revise las condiciones de la flama del quemador y anótelas
5. Para un quemador de conversión a gas, o una unidad armada en el campo, determine el lugar del punto neutro (véase figura A14-17)
6. Con termómetros en las cámaras plenas de suministro y retorno, anote las temperaturas del aire y calcule el aumento de temperatura. La figura A14-14 muestra las posiciones que se sugieren de los termómetros para tener efecto mínimo de calor radiante del cambiador de calor y la mejor exactitud de lectura.
7. Mida y anote el contenido de  $\text{CO}_2$  en los productos de combustión. Cada marca de analizador de  $\text{CO}_2$  tiene su propio procedimiento de prueba. Por lo tanto se deben seguir exactamente las instrucciones del fabricante. El analizador de la figura A14-17 especifica la introducción de la toma de muestra en el cambiador de calor lo suficientemente lejos para eliminar cualquier introducción de aire exterior por el desviador o divisor de tiro, que pudiera diluir la muestra. En algunas unidades esto podría necesitar del empleo de un tramo de tubo de cobre de  $\frac{1}{2}'' \times 45$  cm para asegurar que al tomar la muestra no se meterá en el cambiador de calor. Las instrucciones también especifican un mínimo de 20 bombeadas con la pera de muestreo para asegurar la pureza de la muestra, y un mínimo de tres inversiones del analizador para asegurar la absorción completa del  $\text{CO}_2$  en el líquido del analizador. Siga las instrucciones del instrumento para contribuir a su exactitud.

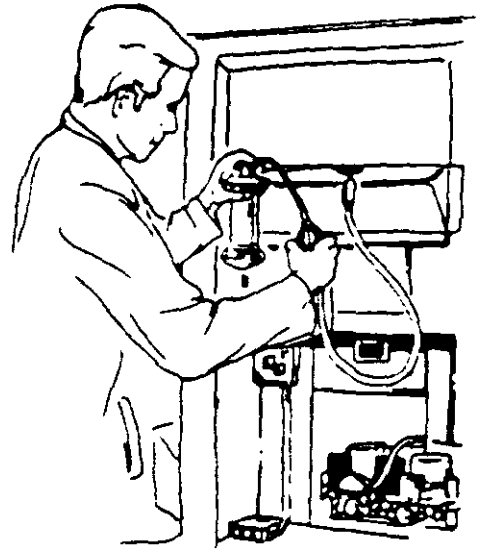


FIGURA A14-17 Empleo del analizador de  $\text{CO}_2$  (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

8. Con el termómetro de caratula en la chimenea, y un termómetro en el compartimiento de control, mida y anote el aumento de temperatura en la chimenea. La figura A14-18 muestra la ubicación del termómetro en el tubo de chimenea.
9. Después de medir el  $\text{CO}_2$  y determinar el aumento de temperatura en la chimenea (no la temperatura de la misma), con la regla de cálculo de eficiencia de combustión y pérdidas en la chimenea, que proporciona el fabricante del analizador de  $\text{CO}_2$ , determine la eficiencia de la unidad y anótelas. La figura A14-19 muestra el empleo de esa regla de cálculo, en este caso sumi-

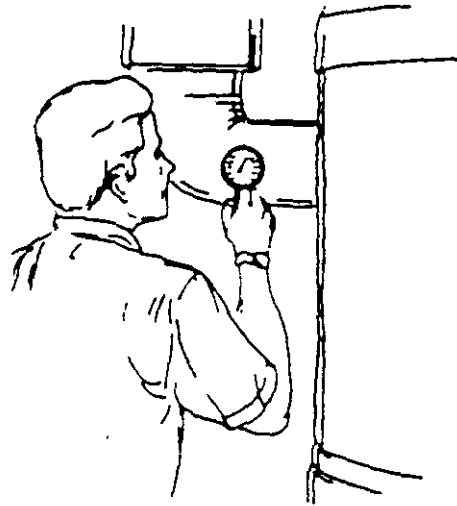
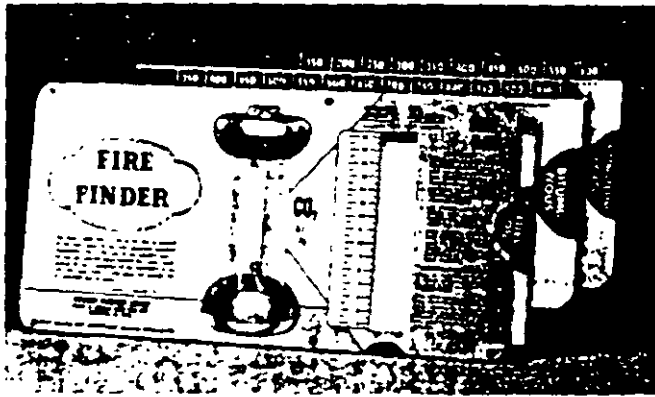


FIGURA A14-18 Regla de cálculo para eficiencia de combustión y pérdidas por la chimenea (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)



**FIGURA A14-19** Analizador de eficiencia de la combustión y pérdida de la chimenea. Cortesía de Bacharach Instrument Company.

nistrada con el analizador Bacharach de CO<sub>2</sub>. Deslice la reglilla de la temperatura neta de la chimenea para ubicarla en la ventanilla correspondiente. Las temperaturas vienen en incrementos de 50°F y se debe emplear la cifra más próxima. La reglilla vertical para indicación de CO<sub>2</sub> revelará la eficiencia de la unidad, al igual que la pérdida porcentual en la chimenea cuando la flecha se pone en el resultado obtenido con el analizador de CO<sub>2</sub>.

El equipo de gas de diseño normal siempre debe alcanzar una eficiencia de 75 a 80%. A menos que la unidad sea de alta eficiencia (en cuyo caso se deben seguir las instrucciones y ajustes del fabricante), una eficiencia superior al 80% afectará adversamente el tiro de la unidad, y causará condensación de la humedad en la chimenea y en las superficies del cambiador de calor. Si sus resultados de eficiencia son menores que estos límites, se debe repetir la prueba, comprobando y ajustando el consumo de gas de la unidad. Varíe la operación del quemador y el aumento de la unidad hasta obtener buena eficiencia.

Se pueden tener mayores detalles en el Boletín 4006 publicado por Bacharach Instrument Company. Sugérenos el empleo de ese boletín como fuente adicional de estudio.

===== A14-3

### ===== **QUEMADORES DE PETRÓLEO**

Para comprobar, medir y ajustar una unidad con quemador de petróleo y ver si tiene la eficiencia máxima y segura de operación, se debe tener el consumo adecuado de petróleo de acuerdo con el tamaño de la unidad, la cantidad correcta de aire para la combustión, la ventilación adecuada, y el aumento deseado de temperatura para el confort de la zona acondicionada. El aumento de temperatura del aire para las unidades con quemador de petróleo es el mismo que para las unidades de gas, y por lo tanto no repetiremos ese tema. El funcionamiento del quemador, al igual que las necesidades de tiro, son distintas para el petróleo y el gas, y veremos este tema por separado.

===== A14-31  
===== **Consumo**

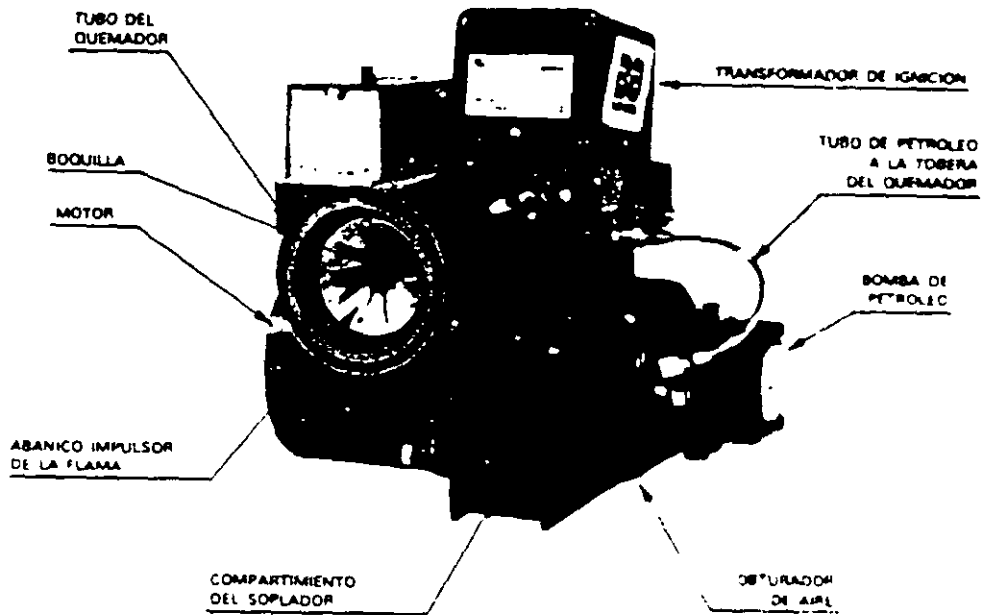
Los quemadores tanto de gas como de petróleo son quemadores de vapor. La diferencia es que el gas se suministra en estado de vapor, y el petróleo se debe vaporizar en el proceso de quemado. Para comprender el proceso de evaporación se hace necesaria una explicación de cómo se lleva a cabo. La información para esta sección sobre unidades con quemador de petróleo se ha tomado de la publicación *The Professional Serviceman's Guide to Oil Heat Savings* (Guía del técnico profesional de servicio para ahorrar calor con quemadores de petróleo), distribuida como servicio a la industria por la R. W. Beckett Corporation de Eynia, Ohio, y con información proporcionada por Wayne House Equipment Division de Fort Wayne, Indiana.

Los quemadores de gravedad o de taza se usaron en los primeros años en el campo de calefacción con petróleo. Eran unidades tipo de recinto individual. Con la llegada de los sistemas centrales de calefacción se fabricaron algunas unidades de gravedad, pero prácticamente todos los fabricantes ya cambiaron al quemador de petróleo tipo de presión.

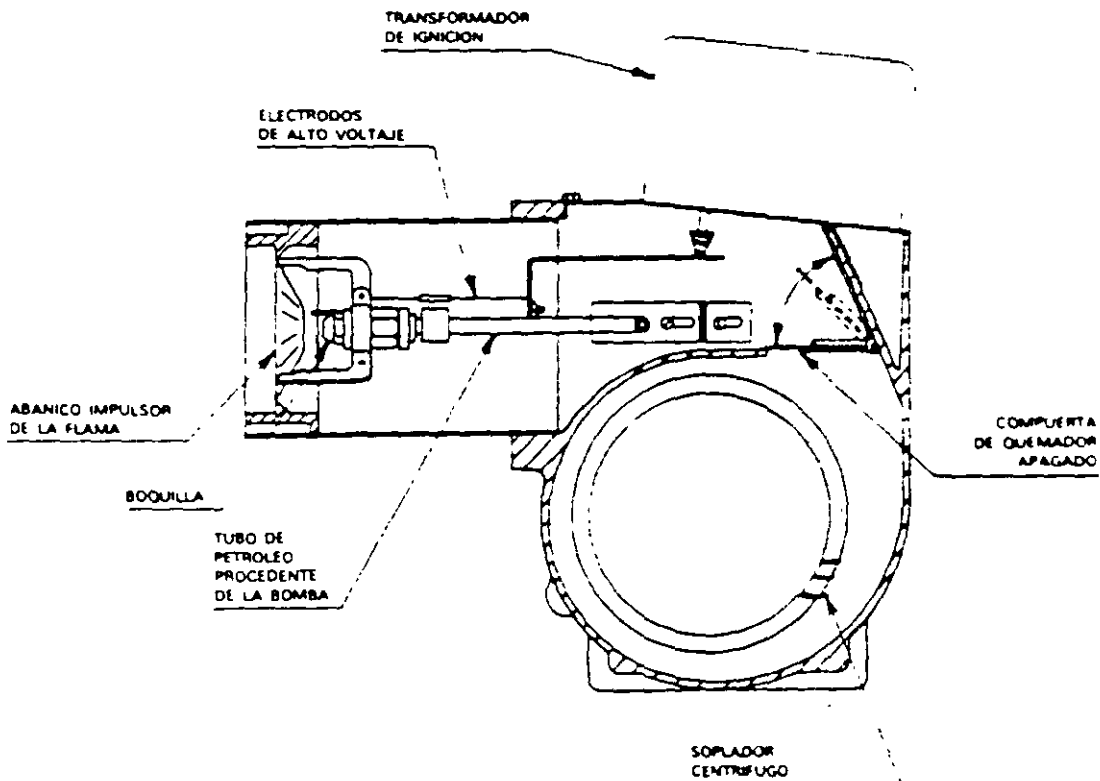
===== A14-32  
===== **Quemadores de poder**

La figura A14-20 muestra un quemador de atomización de petróleo a alta presión, identificando las partes que se ven por fuera. Vemos el motor que impulsa al soplador (interior) y la bomba de petróleo o de combustible, que a su vez suministra petróleo a la boquilla de aspersión. El aire y el petróleo esparcido se mezclan y se queman frente al anillo de retención de flama dentro de la cámara de combustión ubicada en la sección primaria del cambiador de calor. Sobre la unidad está el transformador de alto voltaje que suministra la chispa eléctrica que enciende e inicia el proceso de combustión del petróleo. A la izquierda del transformador de ignición se encuentra el control primario del quemador, que en esta unidad emplea una celda de cadmio para detección de flama.

En la figura A14-21 se presenta un corte del quemador. Se ven el soplador motorizado para suministro forzado de aire de combustión, el conjunto de quemado en el tubo del aire y el sistema de ignición. El conjunto de quemado consiste en el tubo de petróleo, que lo conduce de la bomba de combustible al conjunto de la tobera, el anillo o abanico de retención de flama y el disco estático, que asegura un flujo adecuado del aire de combustión, así como la distribución deseada del aire para la mezcla combustible-aire, y los electrodos de alto voltaje para la creación de la chispa de ignición. La corriente para esa chispa la suministra el transformador de ignición y pasa por las barras o conductores de cobre para la chispa. Este modelo en particular tiene también una compuerta de ciclo apagado para detener el flujo de aire a través del cambiador de calor cuando se apaga el quemador. Con ello se tiende a mantener



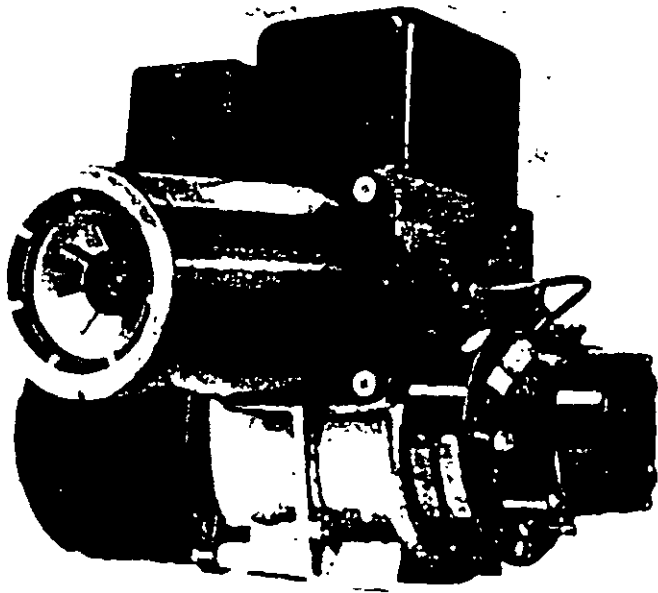
**FIGURA A14-20** Quemador de atomización de petróleo a alta presión. (Cortesía de Wayne Home Equipment Company.)



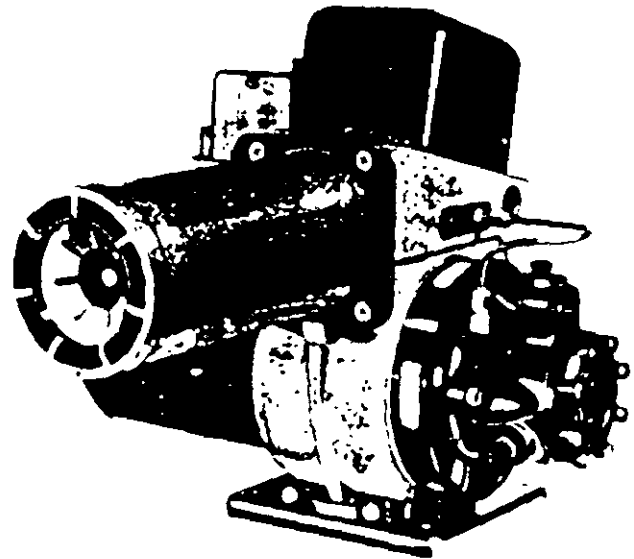
**FIGURA A14-21** Corte del quemador. (Cortesía de Wayne Home Equipment Company.)

los gases de combustión calientes más tiempo en el cambiador, para tener una transferencia de calor hacia el aire de más duración a través del cambiador. En general, los quemadores de petróleo se suministran en dos configuraciones de montaje. montados en brida, cuando el quemador se

monta directamente en el cambiador de calor de la unidad de calefacción (figura A14-22), o una unidad montada en base para empleo de conversión. Este quemador (figura A14-23) se coloca en el piso frente a la unidad de calefacción, o se monta en pedestal. En todo caso la unidad se monta con el



**FIGURA A14-22** Quemador de petróleo de montaje directo (Cortesía de R. W. Beckett Company)



**FIGURA A14-23** Quemador de petróleo montado en pedestal. (Cortesía de R. W. Beckett Company)

tubo de quemado prolongándose hasta  $\frac{1}{2}$ " dentro de la superficie interior o refractario de la cámara de combustión y en una posición ligeramente inclinada hacia abajo en dirección al flujo de aire. Esta pendiente se necesita para evitar que el exceso de petróleo de la boquilla, si lo hay, regrese y pase al compartimiento del soplador. La pendiente hacia adelante mantiene cualquier flujo de petróleo después de haber apagado el quemador, en el extremo de quemado del tubo de aire, donde se quemara sin dañar los controles.

==== A14-33  
 =====  
 =====  
 =====  
 =====  
 =====  
 =====  
**Componentes**

**Boquilla:** Para quemar el aceite, debe convertirse primero al estado de gotitas pequeñas o niebla, y vaporizarse para que se mezcle con la cantidad correcta de aire (oxígeno) y obtener tanto desprendimiento potencial de calor como sea posible. En este proceso, para llegar al 100% de combustión completa, 1 kg de petróleo (destilado N° 2 para calefacción) se mezcla con 14.36 kg de aire con 20.9% de oxígeno y 79.1% de nitrógeno, con lo que la mezcla total pesa 15.36 kg. El proceso de combustión producirá, junto con el calor de combustión que se desprende, 1.18 kg de agua, 11.02 kg de nitrógeno y 3.16 kg de dióxido de carbono. Todo lo anterior sigue sumando 15.36 kg de la mezcla de gases.

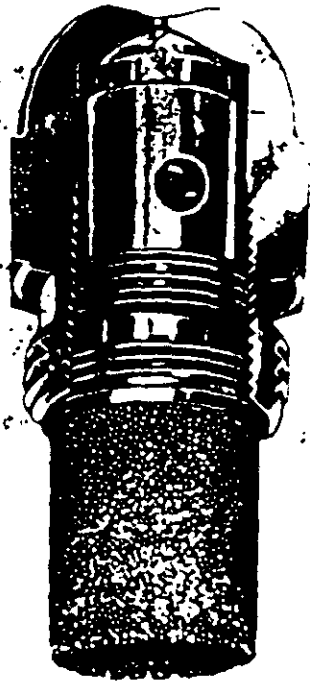
Sin embargo, igual que en el caso del quemador de gas, se necesita exceso de aire para asegurar una combustión completa. Por lo tanto, si se suministran 21.54 kg de aire a 1 kg de petróleo, obteniendo un total de 22.54 kg de gases,

se producen las mismas cantidades de agua, nitrógeno y dióxido de carbono en los productos de combustión. Además, habría 7.15 kg de aire en exceso. Este exceso de aire que entra a la cámara de combustión a la temperatura ambiente debe calentarse, aun cuando no tome parte en el

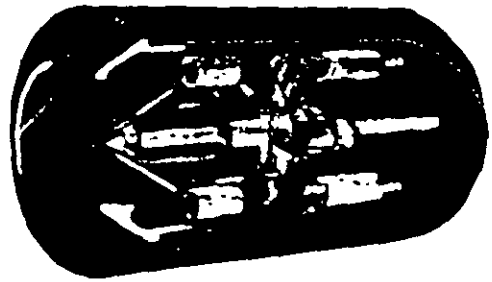
proceso de combustión. Por lo tanto, absorbe algo de calor de la flama, reduciendo la cantidad disponible para el cambiador de calor. Por consiguiente, necesitamos mantener al mínimo el exceso de aire, pero asegurando que haya el suficiente para tener combustión completa. Los límites deseables de operación para el exceso de aire son de 15 a 30%, con lo cual se obtienen límites para el CO<sub>2</sub> de 12 a 14%.

La boquilla de acero inoxidable se monta en el extremo del adaptador, que a su vez se coloca en el tubo del aire en el extremo del tubo de llegada de petróleo. Como se ve en la figura A14-24, el flujo de petróleo es al extremo del adaptador, por el filtro fino, que en general es de bronce poroso, por la ranura de alimentación, hacia afuera del tapon de medición, a través de las ranuras de remolino y sale por el agujero de la tobera. El petróleo gira en sentido contrario a las manecillas del reloj, visto desde el extremo de la tobera del conjunto, impulsado por la acción de las ranuras de remolino. En los quemadores residenciales de petróleo se usan tres figuras básicas de aspersión. La figura A14-25 muestra la figura de cono lleno (R), cono hueco (NS), y cono lleno especial (AR), que son las que se usan generalmente. En la figura de cono lleno, el mayor porcentaje de petróleo esparcido se encuentra en la zona central que hace el 50% de la superficie transversal. En la aspersión de cono hueco, la totalidad de ella se encuentra en el anillo exterior. En la aspersión de cono hueco especial, la cantidad esparcida es bastante uniforme a través del cono.

Después de romper el petróleo en gotas pequeñas, se debe mezclar con aire para la combustión. Para lograr el proceso de combustión con tan poco paso de petróleo por el cambiador de calor como sea posible, aire y petróleo se mezclan en forma directa frente al conjunto del tubo del aire. La figura A14-26 muestra el conjunto de combustión en el tubo del aire. Hay aletas alrededor del disco estático que sujetan en su lugar al conjunto del adaptador de la



**FIGURA A14-24** Conjunto de boquilla y adaptador. (Cortesía de Monarch Manufacturing Works, Inc.)



**FIGURA A14-26** Corte del conjunto del tubo del quemador. (Cortesía de Monarch Manufacturing Works, Inc.)

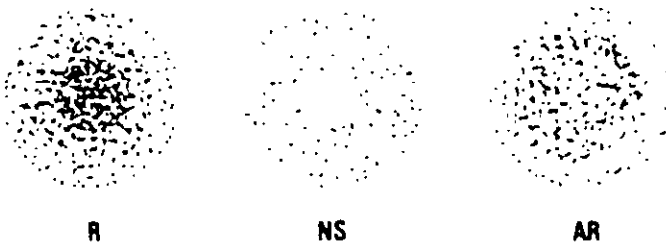
tobera sólo se tendrán problemas. No sustituya una boquilla de cono lleno por una de cono hueco, o viceversa.

Al encender la mezcla de petróleo y aire mediante una chispa entre los electrodos montados sobre la tobera (más adelante describiremos el sistema de ignición), la mezcla comienza a encender consumiendo primero los átomos de hidrógeno del petróleo. Son los que se mezclan con más facilidad con el oxígeno, y se queman. Estando en la zona de combustión de la primera sección del cambiador de calor, el proceso de quemado se lleva a cabo dentro de la zona del refractario. El refractario se fabrica con materiales de alto valor aislante, que no se queman, en general de una forma de cemento, fibra de asbesto, o con los materiales cerámicos modernos desarrollados para el programa espacial. El objeto del refractario es obtener una superficie interior al rojo blanco, tan rápido como sea posible. Esta superficie irradia calor de regreso hacia la misma flama y ayuda a quemar los átomos de carbono.

**Refractario, cámara de combustión, u hogar:** Para la combustión completa del carbón se necesita más calor. Este lo suministra la cámara de combustión, refractario u hogar (figura A14-27). El proceso de combustión se lleva a cabo en la zona de combustión de la sección primaria del cambiador de calor, dentro del hogar. El refractario se fabrica con materiales de alto valor aislante, no combustibles. En general son de determinado tipo de cemento, fibra de asbesto cemento, o cerámicas modernas para mayores temperatura desarrolladas en los programas espaciales. El objeto del refractario es tener una superficie al rojo blanco en su interior, tan rápidamente como sea posible. Esta superficie al rojo blanco irradia calor de regreso a la flama y con él se queman los átomos de carbono.

Cuando enciende el quemador por primera vez, el proceso de combustión es malo y pasa por el cambiador de calor carbón libre o mal quemado. La mayor parte pasa hacia afuera de la unidad, por el tubo de gases y la chimenea o ventilación. Sin embargo, algo se deposita en esas superficies y el agua que se condensa de los gases sobre estas superficies frías, lo mantiene pegado allí. Cuando las superficies se calientan y se secan, el carbón se queda y se pega a ellas. Así, durante los primeros 60 a 90 segundos de trabajo de un quemador de petróleo, hasta que llega el refractario a su temperatura, se deposita hollín en los conductos del cambiador de calor y la chimenea. Para mante-

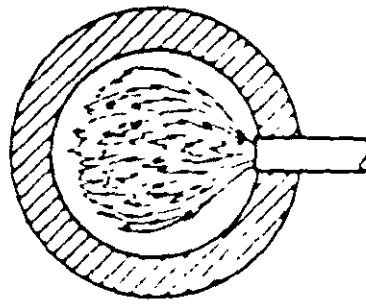
**PATRONES DE ASPERSION**



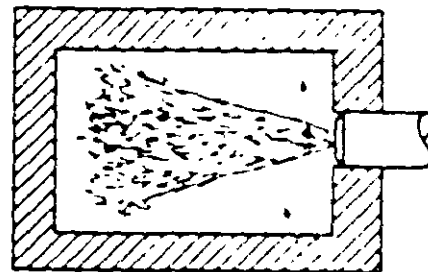
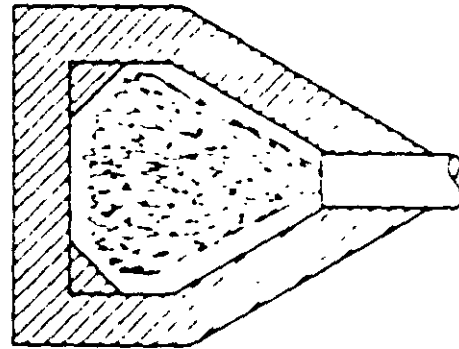
**FIGURA A14-25** Patrones de aspersión. (Cortesía de Monarch Manufacturing Works, Inc.)



**FIGURA A14-27** Cámaras de combustión de fibra suave refractaria (Cortesía de R. W. Beckett Corporation.)

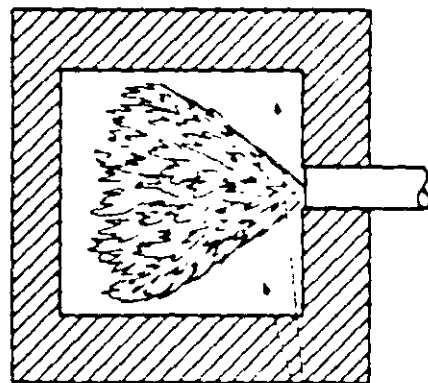


Buena combinación



Remansos de corrientes parásitas

Se deben llenar las esquinas



Remansos de corrientes parásitas

**FIGURA A14-28** Diseños de cámara de combustión (Cortesía de R. W. Beckett Corporation.)

nerlo al mínimo, se necesitan ciclos más largos de funcionamiento con quemador de petróleo que con quemador de gas. El tiempo mínimo recomendado es de 5 minutos. Esta también es la causa por la que una unidad de petróleo se llene de hollín más rápido en primavera y otoño, cuando los tiempos de funcionamiento son más cortos y más frecuentes que durante el invierno, cuando el quemador trabaja durante períodos más largos.

Es importante el tamaño de la cámara de combustión, u hogar. No debe ser tan grande que la superficie reflectora quede muy alejada del fuego, para dar la cantidad correcta de calor reflejado. Sin embargo, no debe ser tan pequeña como para que la aspersión de petróleo toque la superficie antes de quemarse. Si esto sucede, el carbón no se quemará y se acumulará en la superficie del refractario, formando lo que se llama *árboles de coque*. En general, el tamaño del refractario, medido en pulgadas cuadradas de superficie de piso, sería de 80 a 90 pulg<sup>2</sup> por galón quemado por hora. Con esta norma de dimensionamiento, es de extrema impor-

ta que coincidan la aspersión de la boquilla y la del aire. La forma más frecuente de hogar es la redonda, aunque también se usan otras formas, dependiendo del diseño de la unidad de calefacción o hidrónica de que se trate.

La figura A14-28 muestra formas de diseño de cámaras de combustión para tener tanto buena como mala eficiencia. En los hogares cuadrados y rectangulares, las esquinas ca del tubo del aire forman un espacio que no toma parte del proceso de combustión. El aire de este espacio diluye

la flama y reduce el proceso de combustión y la eficiencia general de la unidad.

La altura de la cámara de combustión u hogar debe ser tal que se tenga la superficie reflectora correcta para la combustión sin cubrir demasiada superficie del cambiador de calor. La mayor parte de las aplicaciones de refractario muestran que la altura general de la zona debe ser de 2 a 2½ veces la altura de la tobera sobre el piso del hogar. La figura A14-29 muestra datos de dimensionamiento de cá-

**FIGURA A14-29**  
Datos de dimensionamiento de cámaras de combustión

					ALTURA DE LA BOQUILLA AL PISO PULGADAS				
Consumo de petróleo, Gal/hr	Superficie de la cámara de combustión, pulg <sup>2</sup>	Dimensiones cámara combustión cuadrada, pulg	Diámetro cámara combustión redonda, pulg	Cámara rectangular de combustión, pulg	Quemador convencional, ancho x longitud	Quemador convencional de una boquilla	Quemador de jama de gasol, una boquilla	Quemador de jama de gasol, dos boquillas gemelas	
	75	60	8 x 8	9	—	5	x	5	x
	85	68	8.5 x 8.5	9	—	5	x	5	x
	1.00	80	9 x 9	10½	—	5	x	5	x
	1.25	100	10 x 10	11½	—	5	x	5	x
90 pulg <sup>2</sup> por galón	1.35	106	10½ x 10½	11½	—	5	x	5	x
	1.50	120	11 x 11	12½	10 x 12	5	x	6	x
	1.65	132	11½ x 11½	13	10 x 13	5	x	6	x
	2.00	160	12½ x 12½	14½	6	x	7	x	x
	2.50	200	14½ x 14½	16	12 x 16½	6.5	x	7.5	x
	3.00	240	15½ x 15½	17½	13 x 18½	7	5	8	6.5
	3.50	315	17½ x 17½	20	15 x 21	7.5	6	8.5	7
90 pulg <sup>2</sup> por galón	4.00	360	19 x 19	21½	16 x 22½	8	6	9	7
	4.50	405	20 x 20	—	17 x 23½	8.5	6.5	9.5	7.5
	5.00	450	21½ x 21½	—	18 x 25	9	6.5	10	8
	5.50	550	23½ x 23½	—	20 x 27½	9.5	7	10.5	8
	6.00	600	24½ x 24½	—	21 x 28½	10	7	11	8.5
	6.50	650	25½ x 25½	—	22 x 29½	10.5	7.5	11.5	9
	7.00	700	26½ x 26½	—	23 x 30½	11	7.5	12	9.5
	7.50	750	27½ x 27½	—	24 x 31	11.5	7.5	12.5	10
	8.00	800	28½ x 28½	—	25 x 32	12	8	13	10
	8.50	850	29½ x 29½	—	25 x 34	12.5	8.5	13.5	10.5
	9.00	900	30 x 30	—	25 x 36	13	8.5	14	11
100 pulg <sup>2</sup> por galón	9.50	950	31 x 31	—	26 x 36½	13.5	9	14.5	11.5
	10.00	1000	31½ x 31½	—	26 x 36½	14	9	15	12
	11.00	1100	33½ x 33½	—	28 x 29½	14.5	9.5	15.5	12.5
	12.00	1200	34½ x 34½	—	28 x 43	15	10	16	13
	13.00	1300	36 x 36	—	29 x 45	15.5	10.5	16.5	14
	14.00	1400	37½ x 37½	—	31 x 45	16	11	17	14.5
	15.00	1500	38½ x 38½	—	32 x 47	16.5	11.5	17.5	15
	16.00	1600	40 x 40	—	33 x 48½	17	12	18	15
	17.00	1700	41½ x 41½	—	34 x 50	17.5	12.5	18.5	15.5
	18.00	1800	42½ x 42½	—	35 x 51½	18	13	19	16

Fuente: R. W. Beckett Company



ma e combustión. Si, por ejemplo, la cámara de com-  
 ou se diseña con una base de 80 pulg<sup>2</sup>/gal, y el quemador debe alimentarse con 1.35 gal/h, se necesitará un hogar de 108 pulg<sup>2</sup>. Podría ser uno cuadrado de 11" × 11" o uno redondo de 12 $\frac{1}{2}$ " de diámetro. Si la boquilla está a 5 pulgadas sobre el piso del refractario, la altura de la cámara de combustión sería de 5 pulg multiplicadas por 2 o 2 $\frac{1}{2}$ , o sea de 10 a 12 $\frac{1}{2}$  pulgadas. A veces el tamaño del cambiador primario de calor es mayor que el hogar necesario para la capacidad de la unidad. Esto es normal cuando el fabricante tiene una unidad del mismo tamaño para varias capacidades.

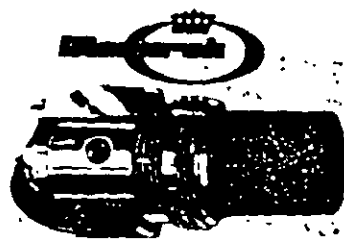
Si la unidad se alimenta con menos que su capacidad máxima y la cámara de combustión es más pequeña que el cambiador primario de calor, el espacio entre la cámara de combustión y el cambiador de calor *se debe llenar de aislamiento*. Normalmente se usan pastillas de mica o de otro material para alta temperatura. Si se pone un relleno de mala calidad en esta zona se acortará la vida del hogar, se reducirá la eficiencia de la unidad, y aumentará el ruido de combustión.

Regresemos a la descripción de la relación entre la figura de aspersión del petróleo y la trayectoria del aire. Cualquier discrepancia que haya se reflejará en las superficies de la cámara de combustión. Si en la cámara de combustión redonda de la figura A14-25 se coloca una boquilla de cono hueco, y la unidad está diseñada para cono lleno,

un cantidad de petróleo en el exterior de la mezcla no quemará lo suficiente, y se depositará carbón sin quemar en los lados del hogar. Si se usa una tobera de cono lleno en una unidad diseñada para cono hueco, el petróleo adicional que se encuentra en la zona central, donde llega poco aire, no se quemará por completo y se acumularán árboles de coque en la parte trasera de la cámara. Mientras tanto, en ambos casos, la eficiencia de la unidad será baja y se acelerará la acumulación de hollín en el cambiador de calor. *No cambie el modo de aspersión de una tobera; use el patrón de aspersión para el cual esté diseñado el quemador.*

La forma de la cámara de combustión también determina el ángulo al cual el petróleo y el aire se distribuyen. Las cámaras de combustión redondas usan ángulo de aspersión de 80 a 90° para emplear al máximo las superficies reflectoras de la cámara. Las cámaras largas y angostas tienen ángulos de aspersión entre 30 y 70° dependiendo de la longitud de la cámara rectangular, en proporción a su ancho. Mientras más larga sea, más angosto debe ser el ángulo de aspersión. Nuevamente, esto es para evitar que el petróleo esparcido toque los lados de la cámara antes que se termine el proceso de quemado. Antes de cambiar el ángulo de aspersión en la unidad, debe consultar con el fabricante de ésta. No es posible describir todas las aplicaciones de toberas de quemadores de petróleo en un texto de esta naturaleza. Se sugiere consultar las publicaciones de fabricantes de toberas, o fichas de quemador, como por ejemplo, el *Boletín-O*, publicado por Monarch Manufacturing Works Inc., Philadelphia, Pennsylvania, para tener más información.

En la boquilla se estampa la cantidad de petróleo que



## TOBERAS DE QUEMADOR DE PETROLEO

F-80 NOZZLE CAPACITIES		U.S. GALLONS PER HOUR NO. 2 FUEL OIL							
NOZZLE SIZE (INCHES)	ORIFICE (INCHES)	OPERATING PRESSURE (PSIG) FOR SPRAY NO.							
		75	100	125	150	175	200	225	250
1/8	0.015	0.05	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
3/16	0.020	0.07	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28
1/4	0.025	0.10	0.14	0.18	0.22	0.26	0.30	0.34	0.38
5/16	0.030	0.13	0.18	0.23	0.28	0.33	0.38	0.43	0.48
3/8	0.035	0.16	0.22	0.28	0.34	0.40	0.46	0.52	0.58
7/16	0.040	0.20	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	0.70
1/2	0.045	0.24	0.32	0.40	0.48	0.56	0.64	0.72	0.81
9/16	0.050	0.28	0.37	0.46	0.55	0.64	0.73	0.83	0.93
5/8	0.055	0.32	0.42	0.52	0.62	0.72	0.82	0.93	1.04
11/16	0.060	0.36	0.47	0.58	0.69	0.80	0.91	1.03	1.15
3/4	0.065	0.40	0.52	0.64	0.76	0.88	1.00	1.13	1.26
13/16	0.070	0.44	0.57	0.70	0.83	0.96	1.09	1.23	1.37
7/8	0.075	0.48	0.62	0.76	0.90	1.04	1.18	1.33	1.48
1 1/8	0.080	0.52	0.67	0.82	0.97	1.12	1.27	1.43	1.59
1 1/4	0.085	0.56	0.72	0.88	1.04	1.20	1.36	1.53	1.70
1 3/8	0.090	0.60	0.77	0.94	1.11	1.28	1.45	1.63	1.81
1 1/2	0.095	0.64	0.82	1.00	1.18	1.36	1.54	1.73	1.92
1 5/8	0.100	0.68	0.87	1.06	1.25	1.44	1.63	1.83	2.03
1 3/4	0.105	0.72	0.92	1.12	1.32	1.52	1.72	1.93	2.14
1 7/8	0.110	0.76	0.97	1.18	1.39	1.60	1.81	2.03	2.25
2	0.115	0.80	1.02	1.24	1.46	1.68	1.90	2.13	2.36
2 1/8	0.120	0.84	1.07	1.30	1.53	1.76	1.99	2.23	2.47
2 1/4	0.125	0.88	1.12	1.36	1.60	1.84	2.08	2.33	2.59
2 3/8	0.130	0.92	1.17	1.42	1.67	1.92	2.17	2.43	2.71
2 1/2	0.135	0.96	1.22	1.48	1.74	2.00	2.26	2.53	2.84
2 5/8	0.140	1.00	1.27	1.54	1.81	2.08	2.35	2.63	2.97
2 3/4	0.145	1.04	1.32	1.60	1.88	2.16	2.44	2.73	3.10
2 7/8	0.150	1.08	1.37	1.66	1.95	2.24	2.53	2.83	3.23
3	0.155	1.12	1.42	1.72	2.02	2.32	2.63	2.93	3.36
3 1/8	0.160	1.16	1.47	1.78	2.09	2.40	2.72	3.03	3.49
3 1/4	0.165	1.20	1.52	1.84	2.16	2.48	2.81	3.13	3.62
3 3/8	0.170	1.24	1.57	1.90	2.23	2.56	2.91	3.23	3.75
3 1/2	0.175	1.28	1.62	1.96	2.30	2.64	3.01	3.33	3.88
3 5/8	0.180	1.32	1.67	2.02	2.37	2.72	3.11	3.43	4.01
3 3/4	0.185	1.36	1.72	2.08	2.44	2.80	3.21	3.53	4.14
3 7/8	0.190	1.40	1.77	2.14	2.51	2.88	3.31	3.63	4.27
4	0.195	1.44	1.82	2.20	2.58	2.96	3.41	3.73	4.40
4 1/8	0.200	1.48	1.87	2.26	2.65	3.04	3.51	3.83	4.53
4 1/4	0.205	1.52	1.92	2.32	2.72	3.12	3.61	3.93	4.66
4 3/8	0.210	1.56	1.97	2.38	2.79	3.20	3.71	4.03	4.79
4 1/2	0.215	1.60	2.02	2.44	2.86	3.28	3.81	4.13	4.92
4 5/8	0.220	1.64	2.07	2.50	2.93	3.36	3.91	4.23	5.05
4 3/4	0.225	1.68	2.12	2.56	3.00	3.44	4.01	4.33	5.18
4 7/8	0.230	1.72	2.17	2.62	3.07	3.52	4.11	4.43	5.31
5	0.235	1.76	2.22	2.68	3.14	3.60	4.21	4.53	5.44



FIGURA A14-30 Capacidades de toberas (Cortesía de Monarch Manufacturing Works Inc.)

maneja en galones por hora. Esta capacidad es a una presión de trabajo en la tobera de 100 psig. La mayor parte de los fabricantes de unidades de calefacción emplean quemadores de petróleo que trabajan a 100 psig de presión. Si el quemador necesita otra presión de tobera que no sea 100 psig, la capacidad varía con la presión de trabajo. La figura A14-20 muestra las capacidades de algunas toberas a diversas presiones de trabajo.

El tamaño de la tobera, en galones por hora, queda determinado por la capacidad de la unidad de calefacción. Si se usa una cantidad normal de 140,000 Btu por galón de petróleo N° 2, sólo es necesario dividir el consumo requerido entre 140,000 para conocer el consumo de petróleo. Por ejemplo, si la unidad tiene una capacidad de 100,000 Btu/h, necesita una boquilla para 0.714 gal/h. Si no se dispone de la boquilla exacta, se debe reducir el tamaño al primer tamaño disponible. *No sobredimensione*, porque con ello se reduce la eficiencia y se acorta la vida de la unidad.

Según la figura A14-30, una tobera de 0.65 gal/h a 100 psig suministra 0.65 gal de petróleo por hora a la unidad, con lo que la entrada es de 91,000 Btu/h. Con ello se

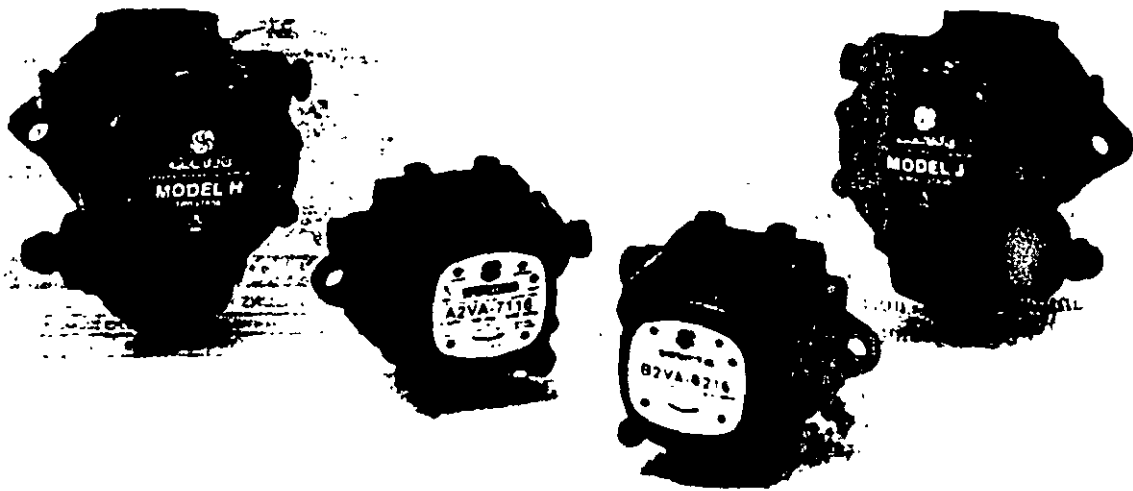


FIGURA A14-31 Bombas o "unidades" de combustible (Cortesía de Suntec Industries, Inc.)

quedaría dentro del límite de operación de -10% de la unidad. Si se eleva la presión de trabajo a 110 psig, el consumo se puede elevar a los 0.714 gal/h, y al mismo tiempo quedar dentro de las características de operación del quemador promedio. Aunque la siguiente fórmula no es 100% exacta, se aproxima lo suficiente cuando se usan quemadores pequeños. Por ejemplo, la cantidad de petróleo necesario es 0.714 gal/h. La tobera seleccionada no debe trabajar a menos de 100 psig, para unidades de menos de 1.00 gal/h para obtener la mejor operación. Por lo tanto, se debe seleccionar una tobera para menos de 0.714 gal/h. La tabla da una tobera de 0.65 gal/h a 100 psig y 0.73 gal/h a 125 psig. Entre esos límites quedaría la presión para tener la entrada correcta. Con la fórmula siguiente, se puede obtener la presión deseada:

$$\frac{0.65}{100} = \frac{0.714}{X} = \frac{100 \times 0.714}{0.65 X} = \frac{71.4}{0.65} = 109.85 \text{ psig}$$

en la cual

0.65 = capacidad de la boquilla a 100 psig, gal/h

100 = presión nominal de la boquilla, psig

0.714 = capacidad deseada de la boquilla, gal/h

X = presión de trabajo necesaria, psig

El presentar esta información no sanciona la práctica de cambiar las presiones de tobera en forma arbitraria. Use las presiones que diga el fabricante de la unidad. El hacer otra cosa podría afectar la operación y esperanza de vida de la unidad.

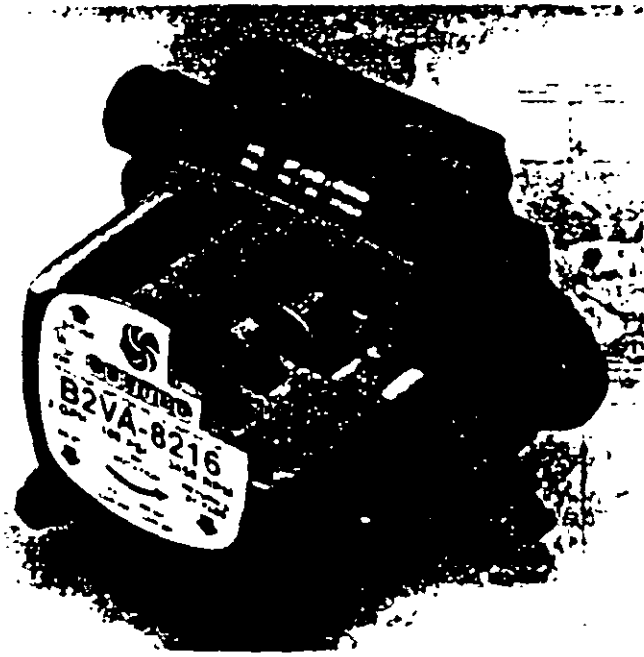
**Unidad de combustible:** El petróleo que se suministra a la tobera a la presión adecuada lo manda la bomba de petróleo, o *unidad de combustible*. La figura A14-31 muestra unidades de combustible típicas. Se muestran cuatro modelos. El A2VA-7016 es una unidad de una etapa como las que se encuentran en las unidades armadas en fábrica;

la A2VA-7116 es una unidad de una etapa para combustibles poco viscosos; la A2VA-7416 tiene interconstruida una válvula solenoide para tener control positivo de flujo de petróleo, y la B2VA-8216 es una unidad de dos etapas, que se usa cuando el petróleo se suministra desde el tanque, y también se suministra a la tobera

La figura A14-32 muestra una unidad de combustible de una etapa con un conjunto de engranajes de bombeo. Esta unidad se emplea cuando el tanque de combustible está más arriba que la entrada de la bomba, y esta tan sólo tiene que suministrar el petróleo a la tobera a la presión correcta (figura A14-33). En el corte se ve la conexión horizontal de la parte superior izquierda, que es la salida al tubo y tobera. La parte derecha superior es el tornillo de ajuste con ranura para destornillador para ajustar la presión de trabajo de la bomba. Esta presión se mide conectando un manómetro al



FIGURA A14-32 Unidad sencilla de combustible (Cortesía de Suntec Industries, Inc., Rockford, Ill.)



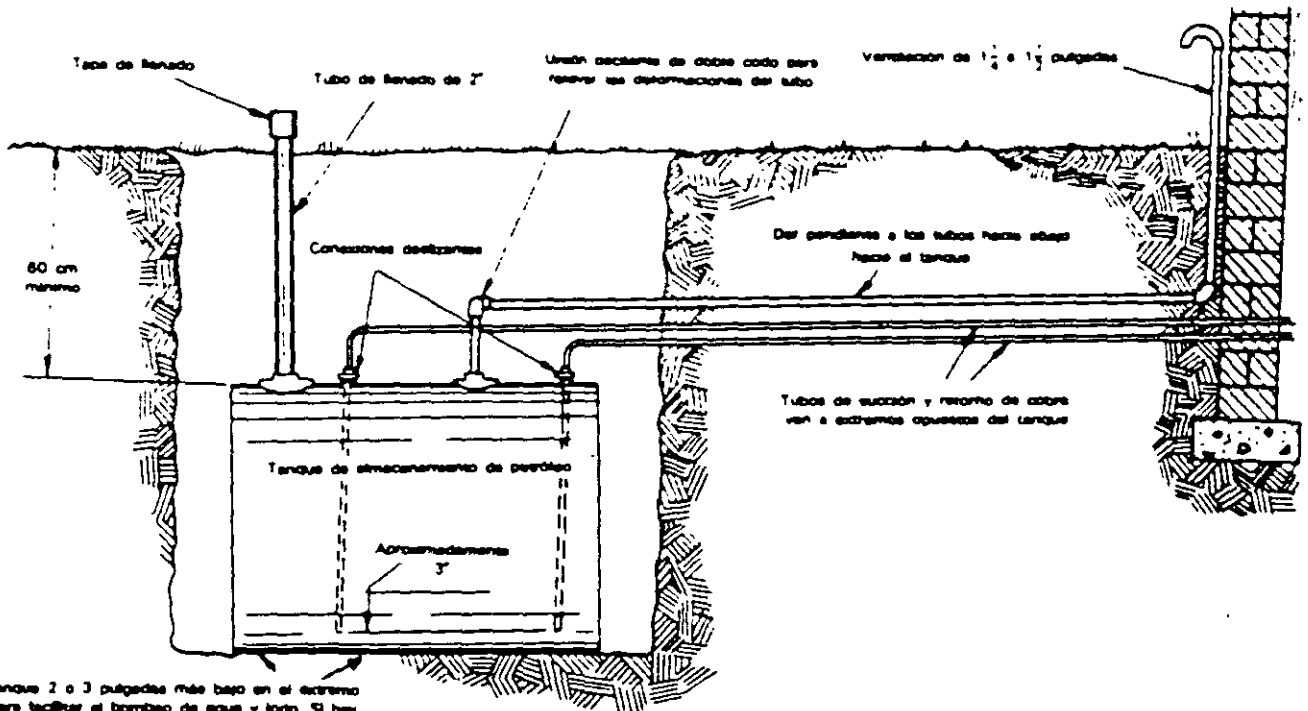
**FIGURA A14-34** Unidad de combustible de dos etapas  
(Cortesía de Suntec Industries, Inc.)

una presión de operación de 100 psig, la presión de abertura es de unas 80 psig. Además de la ventaja de no permitir que el petróleo salga de la tobera a presiones demasiado bajas para una atomización adecuada al arranque, este accesorio también corta el suministro de petróleo al parar la unidad.

Cuando para la bomba, la presión de petróleo cae de inmediato con rapidez, debido a que la derivación al orificio de purga permite que asiente el pistón con mucha rapidez. Esto hace que la presión hidráulica en la tobera decaiga rápidamente, con una cantidad mínima de flama cuando termina de funcionar el quemador. Por consiguiente, no sale petróleo cuando se corta el suministro de aire. Si este corte no ocurriera, se tendría un flujo de petróleo y se produciría una flama con mucho humo por falta de aire de combustión.

El "flujo posterior" de combustible se origina porque el pistón no asienta en forma correcta para cortar la presión de petróleo. Esto es causado a su vez porque el polvo se acumula en la cámara del pistón. *Nunca haga trabajar un quemador de petróleo sin el coador de la unidad de combustible en su lugar.* Como protección adicional contra este problema, se debe instalar siempre un filtro de combustible en la línea a la salida del tanque de combustible y *reponer el elemento filtrante al principio de cada estación.*

**Soplador:** En la figura A14-37 se indica un obturador de aire abajo del quemador, del lado derecho. Es del tipo bisagra. En la figura A14-38 el obturador de aire es una banda rotatoria que eleva el tamaño de la abertura a la caja del soplador. Ambos tipos controlan la cantidad de aire de combustión que puede forzar el soplador al tubo de fuego, y a la cámara de combustión. El ajuste de este obturador de aire se describe en la sección de pruebas. El motor del quemador y sus controles se describieron en capítulos anteriores.



Coloque el tanque 2 o 3 pulgadas más bajo en el extremo de llenado para facilitar el bombeo de agua y todo. Si hay registro de hombre, colóquelo a nivel.

**FIGURA A14-35** Instalación de un sistema de dos tubos. (Cortesía de Addison Products Company)

**VENTILACION Y CHIMENEA**

Las unidades que usan petróleo deben tener un gran suministro de aire para la combustión, y los métodos de introducir ese aire a un equipo de gas funcionan también en forma correcta para los quemadores de petróleo.

Las chimeneas de mampostería que se usan para unidades de calefacción con quemador de petróleo se deben construir como lo especifica el código nacional de construcción (*National Building Code*) de las aseguradoras contra incendio. Una chimenea de mampostería debe tener un mínimo de área de sección transversal equivalente ya sea a una redonda de 8 pulg o una cuadrada de 8 x 8 pulgadas; nunca debe ser menor que la salida del tubo del hogar. Las

chimeneas prefabricadas de metal ligero (figura A14-39) también se pueden conseguir para empleo con petróleo. Las del tipo de doble pared se rellenan con aislamiento. Esas chimeneas son de clase A. Las de clase B, hechas especialmente para equipo con quemador de gas, no son las adecuadas para emplear con combustibles sólidos o líquidos. Asegúrese que la definición de capacidad diga "todo combustible".

También se deben seguir las alturas de chimenea sobre el techo que se recomendaron antes para el gas.

Los calentadores con quemador de petróleo trabajan con presión positiva en el soplador del quemador, y es de lo más importante tener una chimenea que desarrolle un tiro mínimo de 0.01 a 0.02 pulgadas de columna de agua (CA), medida en la puerta de inspección de la flama del quemador.

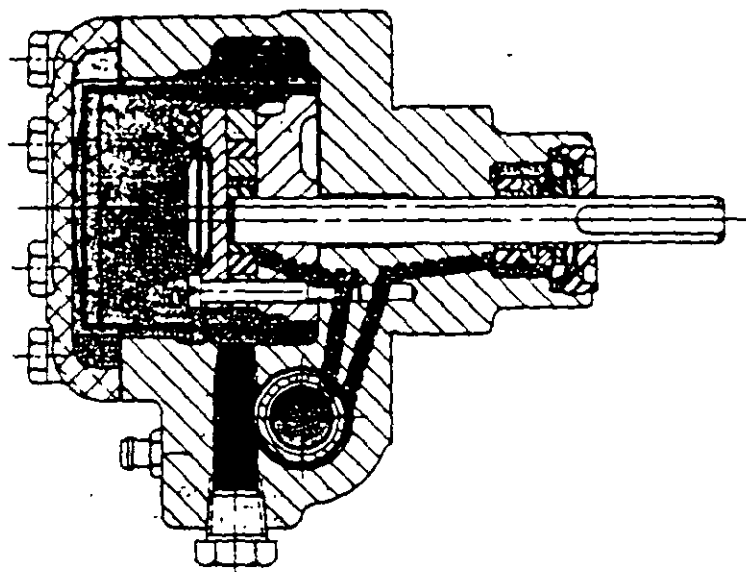
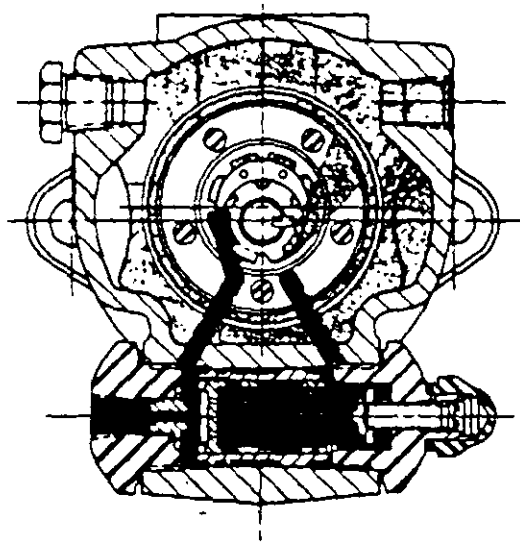
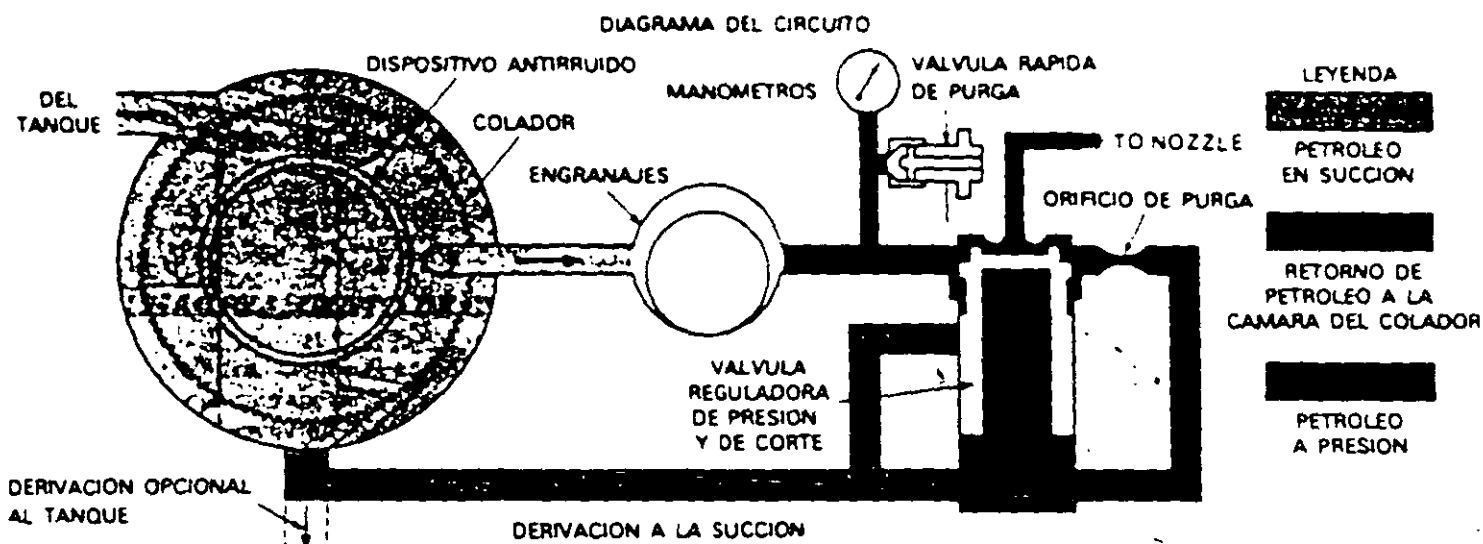


FIGURA A14-36 Diagrama del circuito de una bomba de combustible. (Cortesía de Suntec Industries, Inc., Rockford, Ill.)

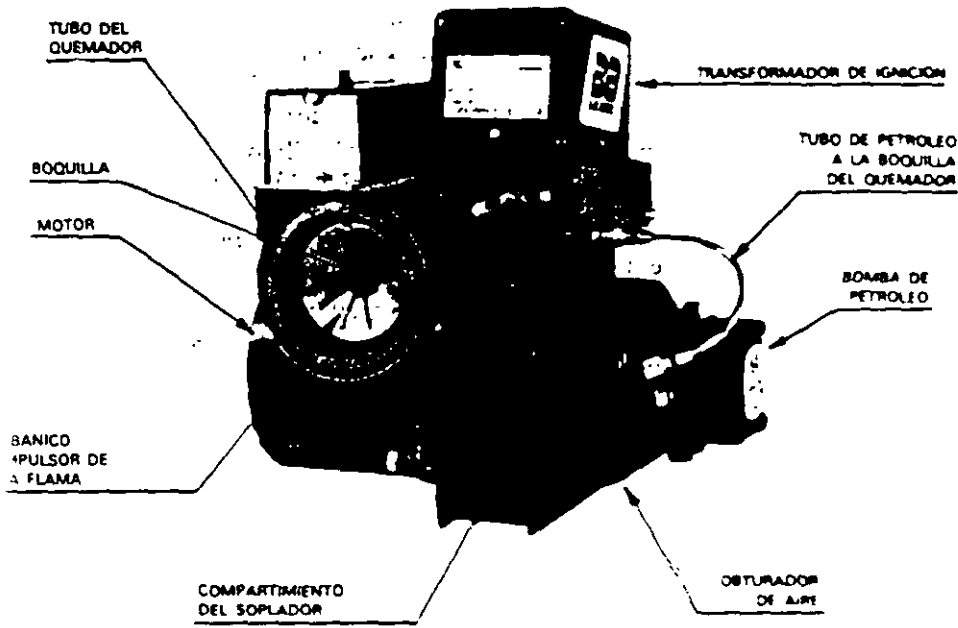


FIGURA A14-37 Quemador de petróleo con ajustador de aire tipo compuerta (Cortesía de Wayne Home Equipment Company)

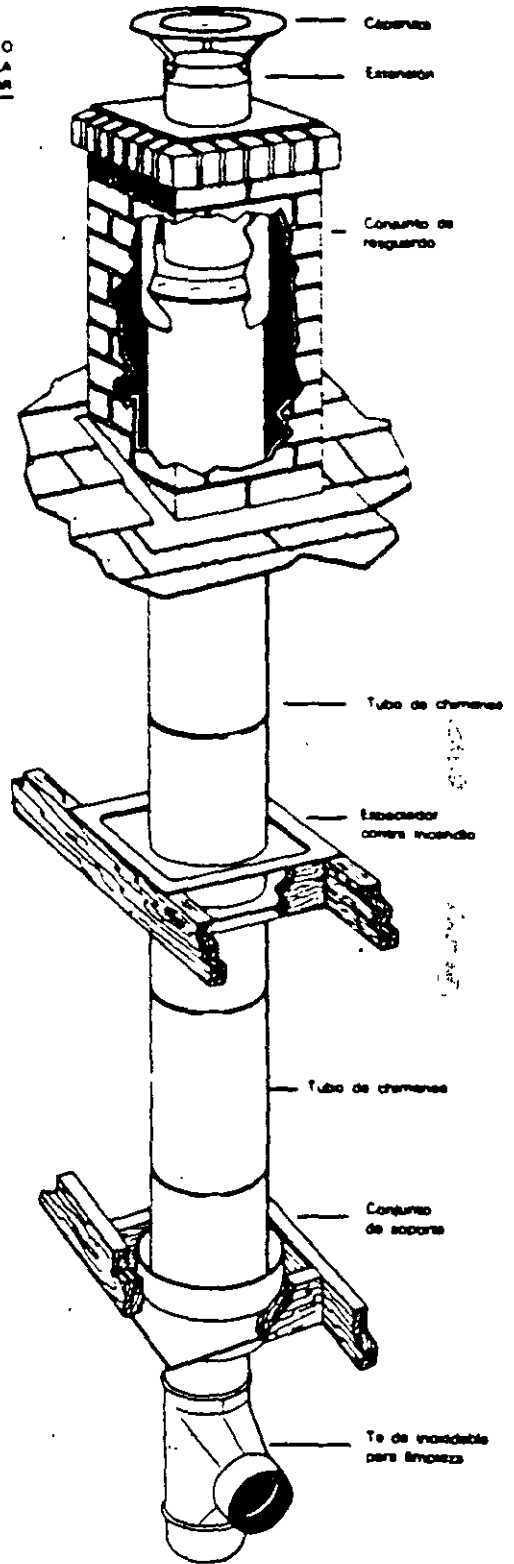


FIGURA A14-39 Chimenea construida en fábrica. (Cortesía de Metalbestos Systems, Wallace Murray Corporation.)

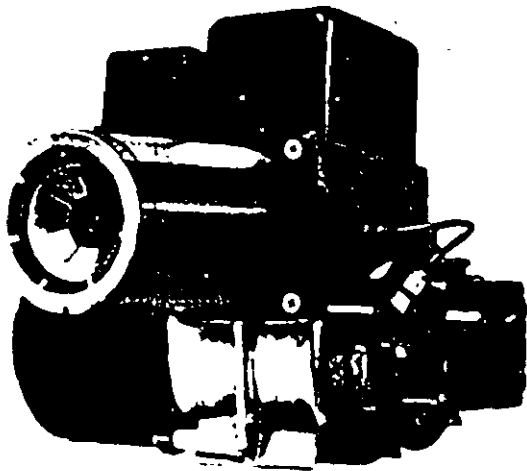


FIGURA A14-38 Quemador de petróleo con ajustador de aire tipo banda. (Cortesía de R. W. Beckett Company)

La consistencia o estabilidad del tiro también es más crítica, y se necesita una compuerta barométrica (figura A14-40). La compuerta se instala por lo general en el tubo horizontal de gases, entre el hogar y la chimenea. *Nota:* Algunos fabricantes lo ponen directamente en la salida de gases del calentador. La compuerta tiene un contrapeso movible para poder ajustarlo de modo que contrarreste la succión y mantenga una operación razonablemente constante. Se ajusta cuando el quemador trabaja y la chimenea está caliente. El tiro en el fogón debe ser igual al que pidan las instrucciones de instalación del equipo.

A14-5

### ESPACIOS LIBRES

Las temperaturas del calentador y de la chimenea son mayores en el equipo con quemador de petróleo, y los espacios libres se deben ajustar de modo correspondiente. Son normales los espacios de una pulgada en los lados y parte trasera del calentador, en lugar de cero holgura en muchas unidades de gas. Se necesitan espacios libres de 23 cm o más para la chimenea, mientras que en el caso del gas sólo se necesitan 15 cm.

El espacio libre al frente se determina en general por lo necesario para sacar el conjunto del quemador. Las bases en el piso para el caso del petróleo se aumentan en comparación con las de gas. Los calentadores de petróleo horizontales tienen especial importancia en las instalaciones en desván, y el instalador debe comprobar con cuidado las recomendaciones.

Los quemadores de petróleo tienen su capacidad de acuerdo con los *Underwriters Laboratories*, y los espacios libres son parte vital del procedimiento de revisión y autorización, junto con muchas otras consideraciones de seguridad.

A14-6

### ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

La instalación del tanque de combustible y las tuberías de interconexión deben apearse a las normas de la National Fire Protection Association (Norma 31) y/o a lo que establecen los reglamentos locales. Si lo permiten los reglamentos y el uso del suelo, el tanque de combustible puede estar bajo techo. Nótese el empleo correcto de las válvulas de cierre y de un filtro eficaz para atrapar las impurezas. Si el tanque de combustible se coloca a la intemperie sobre el

terreno, se le deben poner pilastras firmes. Los tanques a la intemperie y la tubería sobre el terreno están sujetos a más condensación de vapor de agua y a la posibilidad de congelación durante temperaturas extremadamente bajas.

Si se instala un tanque grande bajo el terreno, es importante mantenerlo lleno de combustible durante periodos de alto nivel freático, como por ejemplo durante las lluvias de primavera, si no es así, el agua freática lo puede hacer flotar. Se aconseja el empleo de concreto adicional sobre el tanque para agregarle peso. Se recomiendan tuberías de cobre flexible para ceder con los movimientos del terreno. Nótese el empleo de tubos de succión y retorno, como se mencionó antes, se acostumbra el empleo de bomba de combustible de dos etapas con sistema de dos tubos siempre que sea necesario elevar el petróleo de un tanque que esté bajo el nivel del quemador. La succión de la bomba del quemador se mide en pulgadas de mercurio de vacío. Una bomba de dos etapas nunca debe rebasar las 15 pulgadas de vacío. En general, hay 1 pulgada de vacío por cada pie de elevación vertical del combustible, y 1 pulgada de vacío por cada 10 pies de tramo horizontal de la tubería de suministro.

A14-7

### PUESTA EN MARCHA

Hasta ahora hemos descrito los principales componentes del sistema de quemado de petróleo sin describir la secuencia de trabajo. La figura A14-41 muestra una instalación típica de calefacción con petróleo con un termostato sólo de calefacción que gobierna un control primario de celda de cadmio con interruptor de puerta de soplador en el circuito de bajo voltaje como interruptor de seguridad de suministro de aire. A su vez, el control primario controla al motor del quemador de petróleo y al transformador de ignición a través del control limitador para evitar el sobrecalentamiento de la unidad.

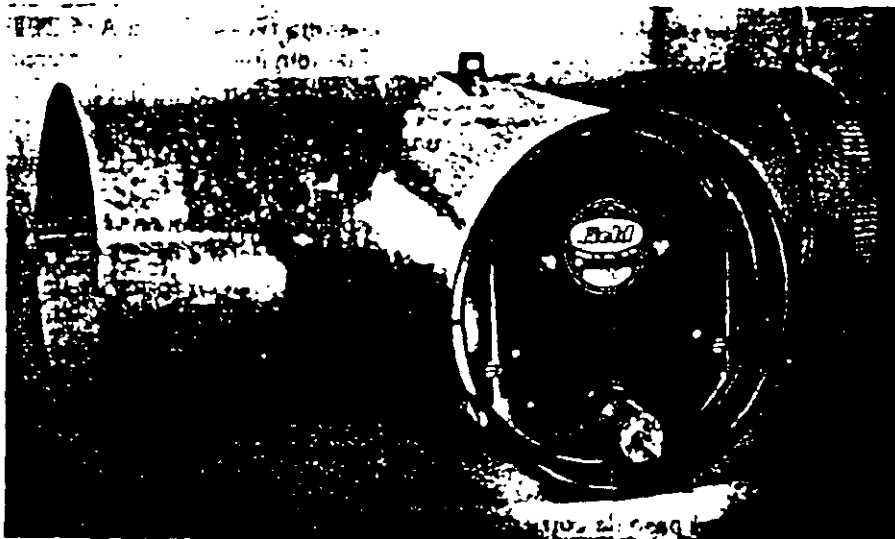


FIGURA A14-40 Compuerta barométrica. (Cortesía de Field Control, Division of Conoco, Inc.)



cia máxima. Para alcanzar esas condiciones, se debe permitir al quemador que trabaje cuando menos 5 minutos.

La puesta inicial en marcha del sistema necesita algo más que tan sólo encender el quemador. Lo primero que se necesita será purgar de aire la bomba de combustible. Este procedimiento es distinto para el sistema de un solo tubo, en el que el suministro de combustible está arriba del nivel del quemador, con respecto al sistema de dos tubos con tanque de combustible abajo del quemador.

**Sistema de un solo tubo:** En el sistema de un tubo con alimentación por gravedad, cuando el tanque de combustible está arriba del quemador, tan sólo se necesita purgar el aire del filtro de petróleo, el tubo de combustible y la unidad de combustible. Consulte la figura A14-13. La válvula de purga está bajo la válvula de salida; la unidad está apagada. Sólo es necesario abrir la válvula de purga hasta que el aire del sistema comience a salir. En general, hay que abrir de media a una vuelta de válvula. Cuando el aire ha salido y comienza a salir petróleo, cierre la válvula para evitar que se desparrame.

**Sistema de dos tubos:** En un sistema de dos tubos, la bomba impulsará al aire a través del tubo de retorno de petróleo al tanque, y el sistema es autopurgante. Puede tardar más que el tiempo de ciclo del interruptor de seguridad, para que el sistema se purgue y el quemador puede apagarse antes que se haya establecido la flama. Entonces es necesario permitir que se enfríe el interruptor de seguridad, para restablecerlo y tratar de encender el quemador de nuevo. Esto se debe repetir hasta que los tubos de petróleo queden llenos y se haya encendido el quemador.

=====  
=====  
=====  
=====  
A14-7.2  
**Prueba de eficiencia**

Cuando se ha encendido el quemador y el refractario está al rojo blanco, se puede hacer una prueba de eficiencia para la unidad. Como en el caso de la unidad de gas, es necesaria alguna información. De nuevo, se aconseja tener una hoja de pruebas para anotar las condiciones a las que se ajustó el quemador, para que queden disponibles como referencia en el futuro. En la hoja de pruebas se debe poner la siguiente información:

1. Marca del quemador de petróleo \_\_\_\_\_
2. Modelo N° \_\_\_\_\_ Número de serie \_\_\_\_\_
3. Boquilla: tamaño (gal/h) \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_  
Angulo \_\_\_\_\_
4. Cámara de combustión: Forma \_\_\_\_\_

**Operación**

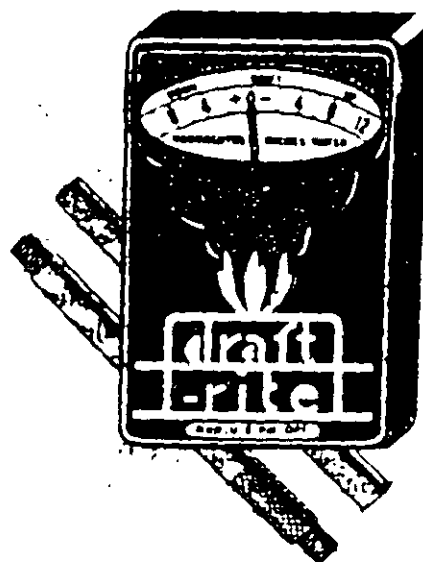
1. Tiro en el hogar \_\_\_\_\_
2. Tiro en la chimenea \_\_\_\_\_

3. Resistencia al flujo del cambiador de calor \_\_\_\_\_
4. % CO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_
5. Temperatura neta de la chimenea \_\_\_\_\_
6. Eficiencia \_\_\_\_\_
7. Número Ringelmann del humo \_\_\_\_\_
8. Temperatura del aire: cámara plena de suministro \_\_\_\_\_
9. Temperatura del aire: cámara plena del retorno \_\_\_\_\_
10. Aumento de temperatura del aire \_\_\_\_\_

Aunque no parece necesario, se aconseja anotar en la hoja la marca, número de modelo y número de serie del quemador. Esta información puede ser valiosa para el futuro, respecto al quemador. El anotar el tamaño de la boquilla, ángulo de aspersión y tipo, hace que se revise la unidad para ver si su consumo de combustible es correcto, al igual que su ángulo de aspersión, para la forma de la cámara. Los hogares redondos o cuadrados deben tener un ángulo de aspersión de 80° o 90°, una cámara rectangular, de 45 a 60°, dependiendo de su longitud. Estando trabajando la unidad, y con la cámara de combustión al rojo blanco, se pueden llevar a cabo pruebas de funcionamiento.


=====  
=====  
=====  
=====  
A14-7.3  
**Tiro en el fogón**

La primera prueba debe ser la del tiro en el fogón. Con un manómetro como los que se ven en las figuras A14-42 y A14-43, y un agujero de 1/2" en la puerta de alivio de presión sobre el quemador, a la que a veces se le llama puerta de observación, introduzca el tubo de toma del manómetro a



**FIGURA A14-42** Manómetro de tiro (Cortesía de Bacharach Instrument Company)




 A14-74  
 CO<sub>2</sub>

Como en el quemador de gas, se toma la muestra para CO<sub>2</sub> lo suficientemente lejos del control barométrico de tiro como para obtener una buena muestra del gas de combustión, sin mezcla de aire exterior. De nuevo, esto puede determinar el empleo de un tubo más largo de muestreo en el analizador. Se deben seguir las instrucciones del fabricante del analizador para tomar la muestra para CO<sub>2</sub>. Se deben obtener los siguientes resultados:

1. *Quemadores antiguos de cañón* Son quemadores sin partes de manejo de aire que no sean un cono extremo y un estabilizador. Se debe obtener un resultado de 7 a 9% de CO<sub>2</sub>, a menos que con ese resultado salga humo más oscuro que el N° 2. Si sucede así, se debe reducir el análisis de CO<sub>2</sub> hasta que la prueba del humo de como resultado el N° 2 de la escala, o menos.
2. *Quemadores modernos de cañón* Los quemadores con partes especiales para manejo de aire se deben ajustar entre los límites de 9 a 11% de CO<sub>2</sub>. Se debe tener humo menor que el N° 2, más parecido al N° 1.
3. *Quemadores de retención de flama* Estos quemadores se deben ajustar entre los límites de 10 a 12% de CO<sub>2</sub>, con los mismos resultados para la prueba del humo.
4. *Quemadores giratorios* Estos quemadores se deben ajustar igual que los de cañón antiguos.
5. *Quemadores de flama de pared rotatoria* Se pueden tener ajustes a mayores porcentajes, hasta al 13.5% en

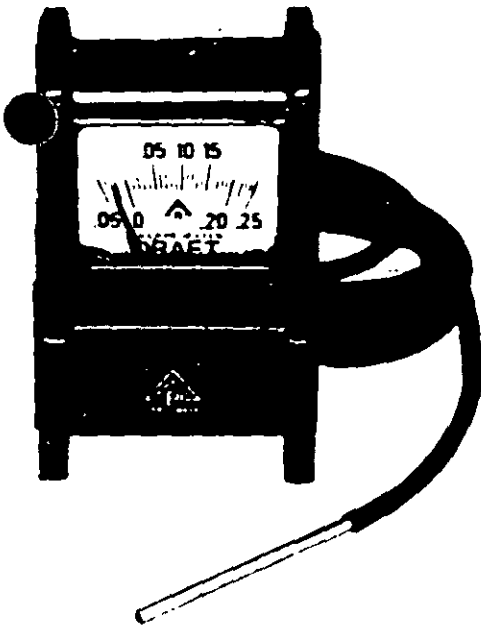


FIGURA A14-43 Manómetro de tiro. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

traves del agujero, hasta que su extremo esté más allá del borde interior de la cámara de combustión. Para llevar a cabo esto, a veces es necesario poner un tramo más largo de tubo de cobre de  $\frac{1}{2}$ " en lugar del tubo del instrumento. Esta prueba debe dar como resultado una presión mínima entre 0.02 y 0.04 pulgadas de CA para asegurar que se tiene el mejor tiro para una buena operación. Si el fabricante de la unidad no especifica el tiro sobre el fogón, lo mejor es comenzar a un ajuste de control para el tiro de  $-0.04$ " CA.

Algunos fabricantes especifican el tiro de chimenea como variable de ajuste. Esto quiere decir que la resistencia del cambiador de calor al flujo debe tenerse en cuenta en el funcionamiento del quemador. Si se mide el tiro en el fogón y el de la chimenea en la nueva unidad, se puede calcular la resistencia de diseño al tiro, de la nueva unidad. Para producir presión negativa de determinada magnitud sobre el fogón, el tiro de chimenea debe tener un valor negativo mayor. La diferencia entre el tiro en el fogón y el de la chimenea será la resistencia al flujo del cambiador de calor. Por ejemplo, si es necesario tener un tiro de chimenea de  $-0.06$  pulgada CA, para producir un tiro en fogón de  $-0.04$  pulgada CA, la resistencia del cambiador de calor al flujo sería 0.02 pulgada de CA. Al medir la eficiencia de la unidad después de cierto tiempo de trabajo, si se ha duplicado la resistencia del cambiador de calor al flujo, es necesario limpiar el hollín acumulado en el cambiador.

Se debe mantener una presión negativa en el cambiador de calor para evitar que los productos de combustión pasen al recinto del calentador, ya que no sólo arrastran hollín, sino también tienen alto contenido de CO. Esto sucede en especial en el arranque. Por lo tanto, se necesita un tiro mínimo de  $-0.02$  pulgada de CA para tener un funcionamiento correcto, y 0.04 pulgada de CA está del lado de la seguridad.



FIGURA A14-44 Analizador de CO<sub>2</sub>. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

esos quemadores, pero siempre necesitan que la prueba del humo dé como resultado el N° 2 como máximo.

===== A14-75  
Prueba del humo

Esta se lleva a cabo con un analizador de humo, como el que se ve en la figura A14-45. El instrumento consiste en una bomba de pistón para succionar los productos de combustión y pasarlos por un filtro intercalado en la cabeza de la bomba, entre el tubo de muestreo y el cuerpo del cilindro. Este instrumento particular necesita de 10 bombeadas lentas del pistón para succionar la cantidad necesaria de gases de combustión, y que pasen por el filtro. Después de los 10 golpes del pistón, el filtro se compara con los anillos numerados de una tarjeta. Los productos de combustión no deben contener más carbón libre (carbón no quemado) que el que se indica en el anillo marcado "2". Si es mayor el contenido de humo, el quemador recibe aire insuficiente y no quema en forma correcta al carbón. En esas condiciones se forman con rapidez depósitos de carbón y tapan los conductos del cambiador de calor. Si el contenido de humo es menor que el, se pasa demasiado aire al quemador. El contenido de CO<sub>2</sub> es bajo y el calor se arrastra fuera del cambiador. Con ello se obtiene una eficiencia bastante menor, y un costo de operación mayor.

===== A14-76  
Temperatura en la chimenea

Se mide esta temperatura con un termómetro de alta temperatura, como el que se ve en la figura A14-46, introducido en la misma abertura por la cual se obtuvo el tiro de la chimenea. La temperatura de los productos de combustión determina también la eficiencia de la unidad de calefacción. Mientras más limpio esté el cambiador de calor, mejor puede sacar calor de los productos de combustión que

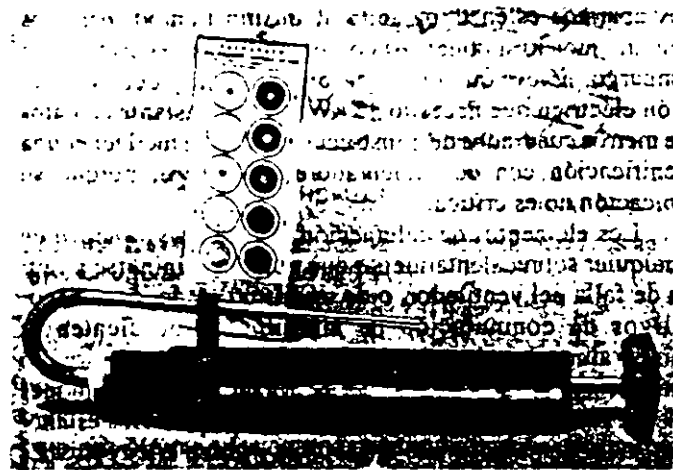


FIGURA A14-45 Probador de humo (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

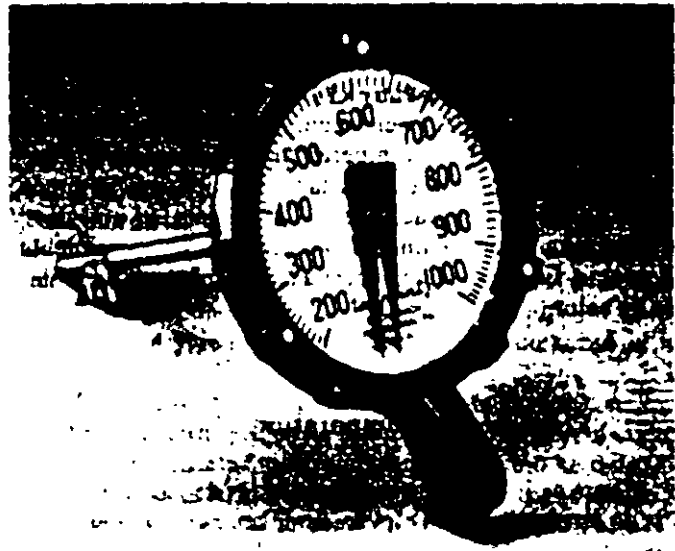


FIGURA A14-46 Termómetro de altas temperaturas para chimenea. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

van pasando. Si el contenido de CO<sub>2</sub> es correcto, pero la temperatura de la chimenea es demasiado alta, el síntoma es que hay demasiado depósito de carbón en las superficies del cambiador de calor. Para determinar la temperatura neta en la chimenea, reste de la temperatura de la chimenea la temperatura del aire que entra al quemador, y que en general es la misma que la del aire que rodea la unidad.

===== A14-77  
Cálculo de la eficiencia

Use una regla de cálculo de eficiencia como la que se ve en la figura A14-47. La reglilla horizontal se ajusta para que la temperatura neta más cercana (en intervalos de 50 °F) aparezca en la ventanilla. Se ajusta a continuación la reglilla vertical de tal modo que la punta de la flecha quede en el contenido de CO<sub>2</sub> determinado en el análisis. Con ello, la eficiencia de la unidad aparece en la flecha en la reglilla vertical.

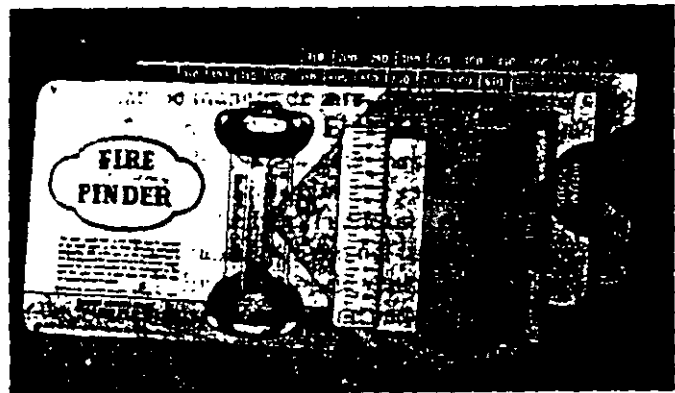


FIGURA A14-47 Calculador de eficiencia del quemador. (Cortesía de Bacharach Instrument Company.)

Como se dijo antes, los ajustes del quemador no deben ser como resultado humo más intenso que el N° 2. Algunos técnicos comienzan el procedimiento de ajuste de quemador para tener humo entre el N° 1 y el N° 2, con un tiro de 0.6 pulgadas de CA en el fogón, y a continuación aceptan los resultados para CO<sub>2</sub>, temperatura de chimenea y eficiencia. Esto se permite si el resultado de la eficiencia queda dentro de las especificaciones del fabricante. Si no es así, debe examinarse la unidad y encontrarse la causa de la deficiencia. En general, se necesita una limpieza del cambiador de calor.

≡≡≡ A14-7.8  
 ≡≡≡ **Elevación de temperatura**

Como se indicó antes para unidades de gas, y a principios de este capítulo, la elevación de temperatura del aire a través de la unidad debe ser de 80°F. La elevación correcta para CAC se usa para probar unidades y debe establecerse antes de aceptar los resultados finales.

≡≡≡ A14-8  
 ≡≡≡ **ESTUFAS ELECTRICAS**

La estufa o calentador eléctrico típico (figura A14-48) es de lo más flexible y compacta. Consta de una caja, un compartimiento del soplador, filtro y sección de resisten-

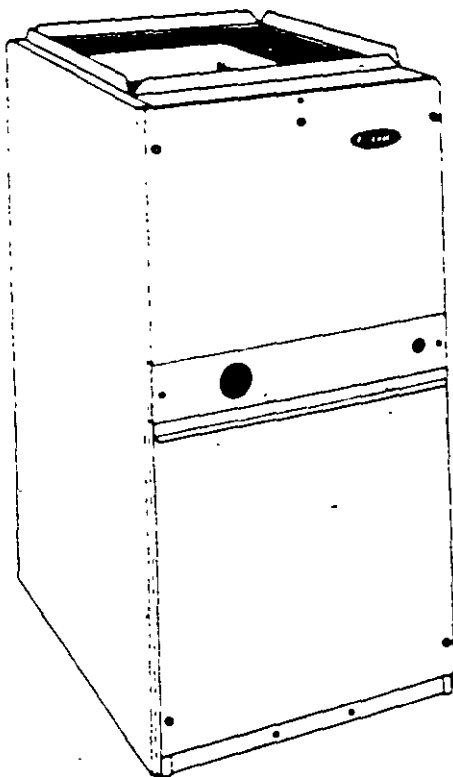


FIGURA A14-48 Calefactor eléctrico (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

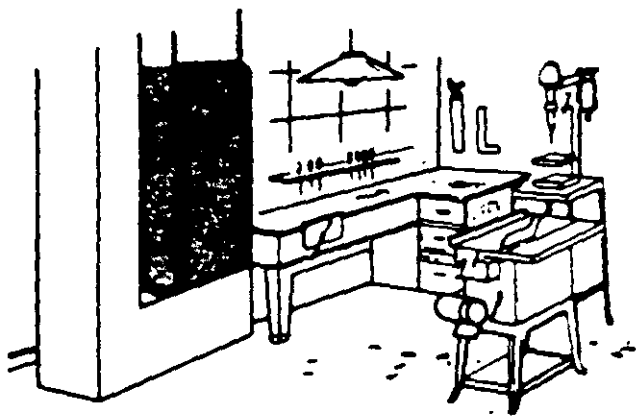
cias de calentamiento. El tamaño de la caja en general es más compacto que el equivalente de las unidades de gas o petróleo, y como la temperatura superficial es menor, la mayor parte de las unidades gozan de espacios libres "cerca" en los alrededores, libres de materiales combustibles. Por lo tanto, se pueden instalar dentro de closets muy pequeños. Además, como no interviene proceso de combustión alguna, no se necesitan tubos de ventilación, chimenea o aire de repuesto, y con ello se simplifica la instalación y se reducen los costos de construcción. Lo único que hay que tomar en cuenta es el acceso de servicio. También, la ausencia de combustión permite montar las unidades para tener flujo de aire hacia arriba, hacia abajo o en forma horizontal (figura A14-49). Algunos fabricantes ponen un espacio dentro del calentador para introducir un serpentín de enfriamiento.

Una vez quitado el tablero (figura A14-50) observe que el compartimiento del soplador aloja, normalmente, un ventilador centrífugo de varias velocidades con acoplamiento directo al motor, o uno con transmisión por bandas cuando se trata de unidades más grandes. El flujo de aire a través de calentadores eléctricos tiene menos resistencia y el desempeño del ventilador es más eficiente. Se dispone de filtros mecánicos, tanto del tipo desechable, como limpiable.

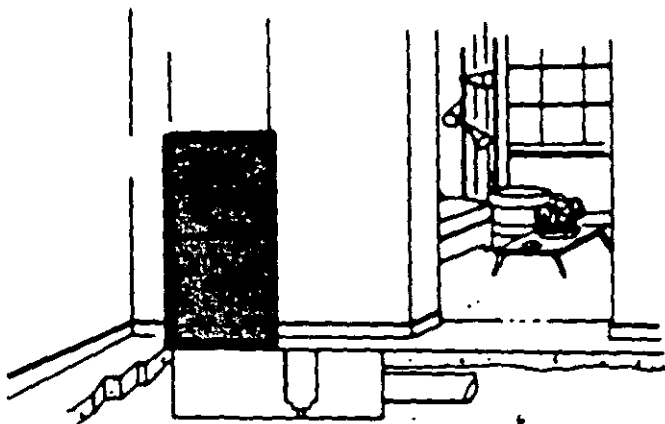
La sección de calentamiento consiste en bancos de resistencias de calefacción de alambre de nicromo, sujetos en su lugar mediante espaciadores de cerámica. El calentador está diseñado para trabajar con corriente de 208 a 240 V, y la potencia varía según el voltaje real que se use. La cantidad de calor por banco es una función del amperaje y/o de las etapas. Los reglamentos eléctricos nacionales y locales controlan la cantidad de corriente que puede cargarse a la línea en caso de un golpe de corriente, y por lo tanto es necesario que los fabricantes limiten este impacto de acuerdo con el tamaño (kW) de los calentadores en un banco y con la secuencia de operación. La potencia total del calentador varía desde 5 kW en los chicos (17,000 Btu/h) hasta 35 kW (119,400 Btu/h). Cuando son de unos 35 kW, la corriente a 240 V se acerca a 150 A y, teniendo en cuenta que 200 A es el servicio total a una residencia, con esto sólo quedan 50 A para otros usos eléctricos. Es raro que todos los aparatos estén trabajando al mismo tiempo, pero los reglamentos lo suponen así como medida de seguridad. Sin embargo, nótese que un hogar bien aislado y con calefacción eléctrica que necesite 35 kW, tendrá bastantes cientos de metros cuadrados de construcción. Es más fácil tener una zonificación con dos calentadores eléctricos, porque su ubicación no es crítica.

Los elementos de calefacción eléctrica se protegen de cualquier sobrecalentamiento que pudiera originarse a causa de falla del ventilador, o de un filtro tapado. Son dispositivos de conmutación de alto límite que sienten la temperatura del aire, y cuando es alta, abren el circuito eléctrico. Algunos calentadores emplean también eslabones fusibles conectados en serie con el calentador. Esos eslabones se funden a unos 300°F (150°C) y abren el circuito. Es un respaldo auxiliar para los interruptores de límite alto.

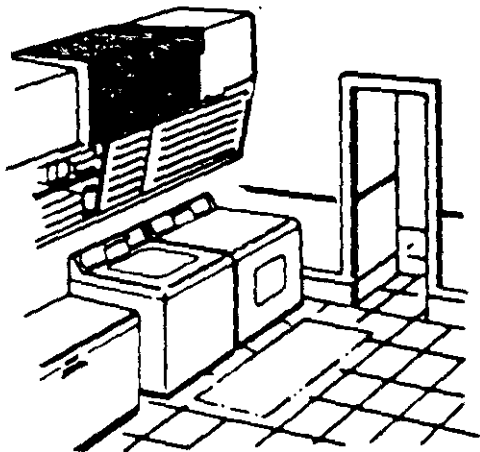
Algunos fabricantes instalan fusibles o interruptores termomagnéticos (disyuntores) y se dividen para cumplir



FLUJO ASCENDENTE



CONTRACORRIENTE



HORIZONTAL

FIGURA A14-49 Aplicaciones de calefactores eléctricos en diversos arreglos de flujo de aire

con el National Electric Code. Esto puede ser cómodo y significar además ahorros en la instalación, para el contratista. Se eliminan las cajas externas de fusibles y el trabajo de campo relacionado con ellas.

El enlace del sistema de control es un aspecto importante de los calefactores eléctricos. En un sistema de ter-

mostato de una etapa se tiene un control de secuencia eléctrica, que contiene una banda bimetalica. Cuando se necesita calor, el termostato cierra un circuito que aplica 24 V entre las terminales del calentador en el secuenciador. Al calentarse el elemento bimetalico, entran el soplador y el primer calentador. Las características de operación del secuenciador son tales que hay una demora antes de energizar cada una de las etapas adicionales de calentamiento. Cuando la temperatura satisface al termostato, se desenergiza el secuenciador y los elementos se apagan. La demora de tiempo, en segundos, es adecuada para graduar los golpes de corriente y reducir al mínimo el choque sobre la red eléctrica.

Cuando se instalan calefactores más grandes, se acostumbra usar termostatos de dos etapas junto con el control de secuencia. La primera etapa trabaja como se describió antes, y conecta cuando menos el 50% de la capacidad total. La segunda etapa del termostato sólo responde cuando se necesita plena capacidad de calentamiento. Con el control adicional, se evitan grandes variaciones de la temperatura dentro del recinto.

Antes se hizo resaltar el control eléctrico de secuencia, en contraste con el tipo de impulsión de motor, que puede emplearse en calefactores con cuatro a seis elementos. Cumple con la misma función y, mediante una serie de levas, programa la secuencia de entrada y salida de las resistencias.

Se debe tener mucho cuidado con el sistema de distribución de aire para un calefactor eléctrico, porque la temperatura normal del aire que sale del calentador es menor, en comparación con la del equipo con quemador de petróleo. Si las temperaturas son de 120°F (50°C) o menores, pueden originar corrientes si se introduce el aire en forma inadecuada al recinto. Se recomienda instalar más difusores de aire. También, pueden ser críticas las pérdidas en los ductos a través de zonas no acondicionadas, y por lo tanto, es necesario tener ductos bien aislados para mantener el confort y reducir el costo de operación.

===== A14-9  
 ===== UNIDADES DE MANEJO DE AIRE CON  
 ===== CALEFACTORES DE DUCTO

Una variedad del calefactor eléctrico es el empleo de una unidad de manejo de aire con calentadores eléctricos de ducto (figura A14-51). El manejo de aire consiste en un soplador alojado en una caja aislada, con aberturas para conectar a ductos de suministro y retorno. Estos calefactores se instalan ya sea en el cabezal principal de suministro, o en ductos de ramal que van del troncal a los recintos de la construcción. En términos de ventas, este sistema no es tan frecuente como el concepto de paquete completo, principalmente porque complica los requerimientos de instalación y agrega costos. Hay más flexibilidad de confort cuando hay control de zonas con calentadores instalados en ramales; los recintos se pueden conectar en forma individual.

Los calefactores de ducto (figura A14-52) se fabrican

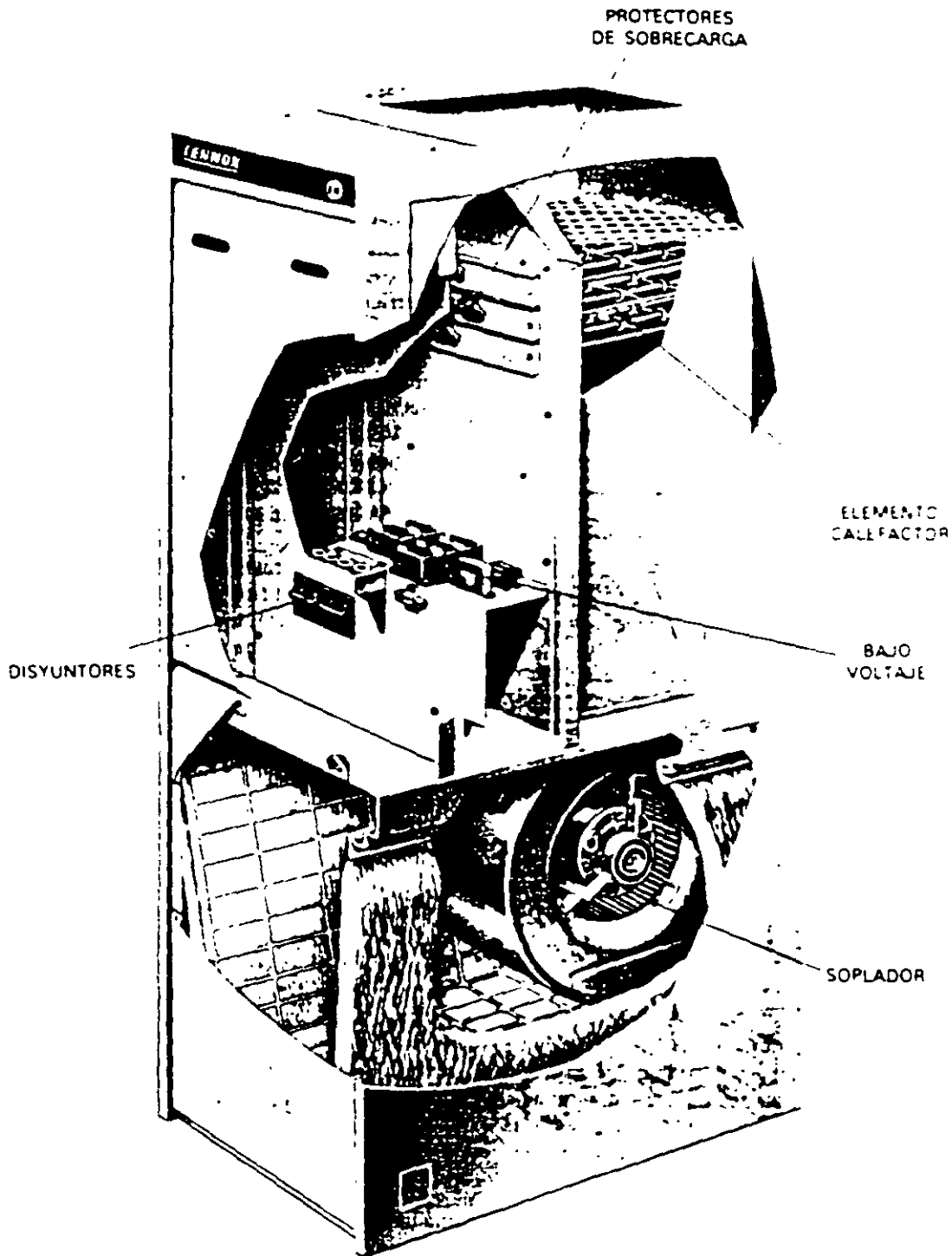
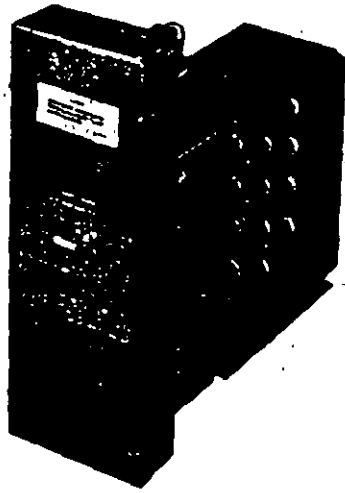


FIGURA A14-50 Calefactor eléctrico Lennox E-1: de flujo ascendente (Cortesía de Lennox Industries)

para ajustarse a tamaños normales y contienen protección de sobrecalentamiento. También se pueden emplear con otros tipos de sistemas de calefacción con ductos, para agregar calor en los extremos remotos o para completar el sistema si se ha ampliado la casa. Pueden conectarse en secuencia, para encender cuando lo haga el soplador del quemador, y se controlan con un termostato de recinto.

==== A14-10  
 =====  
**RESUMEN**

Los sistemas de calefacción de aire forzado, sean de gas, petróleo o eléctricos, tienen la ventaja del movimiento mecánico del aire, en el cual no sólo se calienta éste, sino que se limpia por filtración, se humidifica y se "refresca"



**FIGURA A14-51** Calefactor eléctrico de ducto  
(Cortesía de Lennox Industries)

con una toma de aire exterior que circula hacia los recintos habitados. Así, se pueden obtener cuatro de los cinco elementos de acondicionamiento de aire para confort total, y queda pendiente el quinto, el enfriamiento, como una opción fácil de incluir.

===== A14-11

===== **SISTEMAS HIDRÓNICOS**

Otra forma de calefacción, que ha existido durante muchos años, es el método hidrónico de transferir energía calorífica hasta su lugar de empleo mediante agua caliente o vapor. El primer sistema de vapor (figura A14-53) usaba una caldera parcialmente llena de agua. El calor del combustible convierte al agua en vapor. Este vapor va a las unidades terminales (radiadores) a través de tubería, y en esas unidades se condensa cediendo su calor. El condensado (agua líquida) regresa a la caldera a través del sistema de

tuberías y mantiene el nivel adecuado de agua en la caldera. El flujo de vapor y agua es por presión; no se necesita fuerza mecánica.

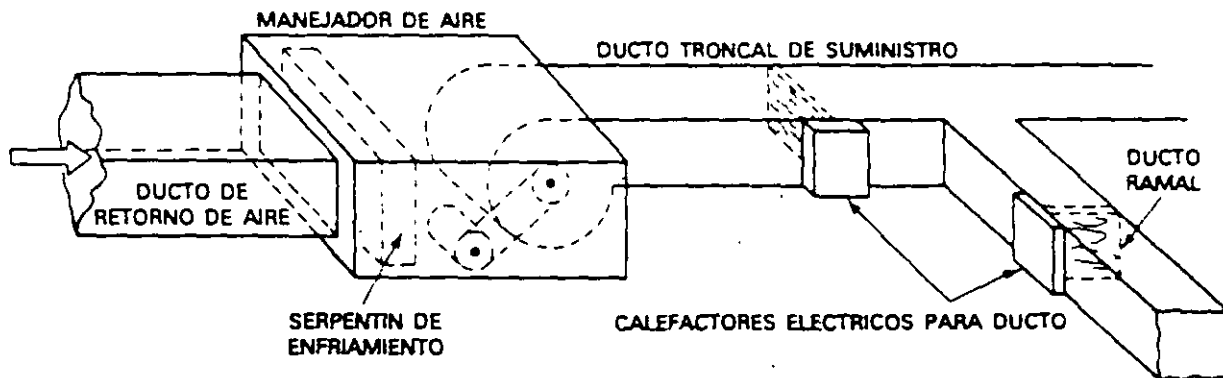
En contraste con la caldera parcialmente llena del sistema de calefacción con vapor, se tiene el sistema de caldera (calentador), tuberías y unidades terminales para calefacción, totalmente lleno de agua. El calor producido por el combustible, sea gas, petróleo o electricidad, pasa al agua en la caldera, calentador o cambiador de calor. El agua caliente circula por las tuberías y unidades terminales del sistema. El calor que cede el agua al pasar por las unidades terminales hace que se enfríe esta. El agua fría regresa al calentador y se vuelve a calentar y circular. *Nota:* Un proceso semejante, pero inverso, se puede emplear para enfriar, circulando agua helada; esta técnica se describirá después.

Por definición, la hidrónica comprende los tres sistemas de vapor, agua caliente y agua helada. Sin embargo, como en la actualidad no se instalan sistemas de calefacción con vapor en las residencias o construcciones comerciales pequeñas, la descripción se limitará a calefacción con agua caliente.

===== A14-11.1

===== **Calefacción con agua caliente**

En la figura A14-54 el flujo de agua depende de la convección o circulación por gravedad, que se debe a la diferencia de densidades del agua en los lados de suministro y retorno. Al igual que en calefacción con vapor, los sistemas de agua caliente con flujo por gravedad ya son obsoletos; hoy es mucho más frecuente el empleo del sistema de circulación forzada con una bomba que hace circular al agua desde el calentador hasta las unidades terminales, y de regreso. Los diámetros de tubo pueden ser menores, los tubos más largos y las unidades terminales pueden ser más pequeñas y estar colocadas, si es necesario, abajo del nivel del calentador. La circulación forzada asegura un mejor control de distribución.



**FIGURA A14-52** Calefactores de ducto.

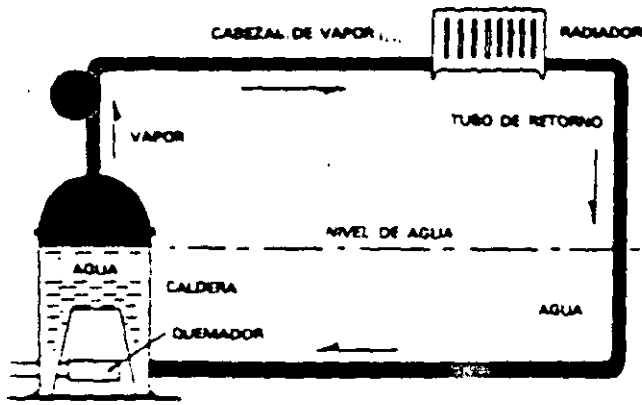


FIGURA A14-53 Sistema de calefaccion con vapor

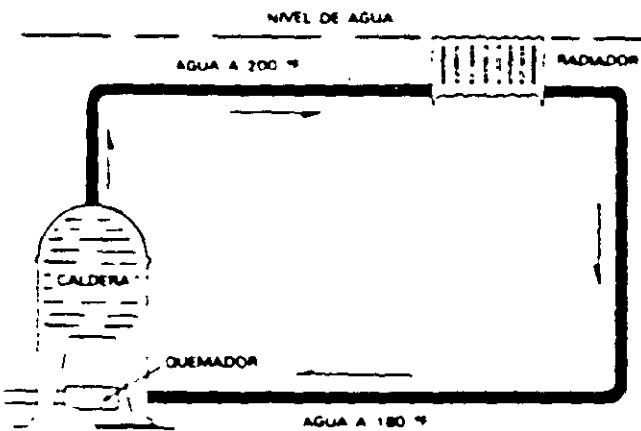


FIGURA A14-54 Sistema de calefaccion con agua caliente

Los sistemas de agua caliente se pueden clasificar según sus condiciones de presión y temperatura de operación

	Presión en caldera (psi)	Temperatura máxima del agua caliente °F (°C)
--	--------------------------	--

LTW, baja temperatura	30	250 (121)
MTW, temperatura media	150	350 (177)
HTW, alta temperatura	300	400-500 (200-260)

Los sistemas de temperatura media y alta se limitan a las instalaciones grandes, y no entran en los propósitos de este libro.

Los sistemas de calefacción de agua a baja temperatura se clasifican según la distribución de tuberías. Hay cuatro sistemas comunes que son:

1. Circuito en serie
2. un tubo

3. De dos tubos
4. De tablero de agua caliente

**Sistemas de tuberías:** El sistema de circuito en serie (figura A14-55) se usa con más frecuencia en edificios pequeños o en subcircuitos de sistemas grandes. Las unidades terminales, en general radiadores de zócalo o de tubo aletado, son parte del sistema de distribución. El agua pasa en sucesión a través de cada elemento de calefacción. La temperatura del agua, por consiguiente, se reduce en forma progresiva al avanzar en el circuito, lo cual puede necesitar que se seleccione la longitud de cada elemento calefactor y se ajuste para su temperatura real de funcionamiento. El sistema de circuito en serie tiene la ventaja de sus bajos costos de instalación. También, el tubo de interconexión puede estar sobre el piso, con lo que se elimina la necesidad de zanjas, aislamiento y recubrimiento para tubos. Su desventaja estriba en el hecho de que la temperatura del agua a cada unidad no puede regularse, y por lo tanto es conveniente tener una compuerta manual de aire en la terminal. También, la capacidad del circuito queda limitada por el tamaño de los tubos de los elementos terminales.

El sistema de un tubo (figura A14-56) es una variación del de circuito, pero las terminales se conectan al circuito del tubo mediante ramales. Las terminales individuales se pueden controlar, pero se necesitan tes especiales, y estas conexiones sólo las fabrican pocas empresas. Un sistema de un tubo cuesta, en general, más en instalación que uno equivalente de circuito en serie, a causa de los tubos ramales adicionales; así como las conexiones y las conexiones especiales mismas. El sistema de un tubo también presenta una caída progresiva de temperatura al avanzar en el circuito, con sus limitaciones consecuentes.

Los sistemas de dos tubos (figura A14-57) emplean un tubo (de suministro), para conducir agua caliente a la unidad terminal, y un segundo tubo para regresar el agua fría al calentador. Este sistema se llama *de dos tubos y retorno inverso* se conecta de tal forma que mientras que la terminal 1 está más cerca del calentador en el tubo de suministro de agua, es la más alejada en el cabezal de retorno. Lo inverso es cierto para la terminal 5; está más alejada en el tubo de

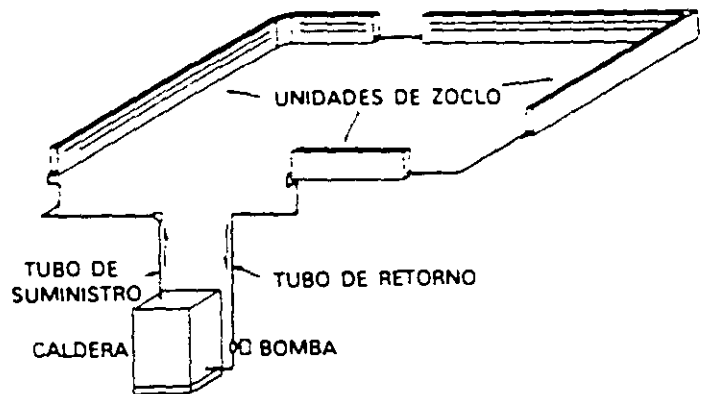


FIGURA A14-55 Sistema de calefacción con agua caliente de un tubo.

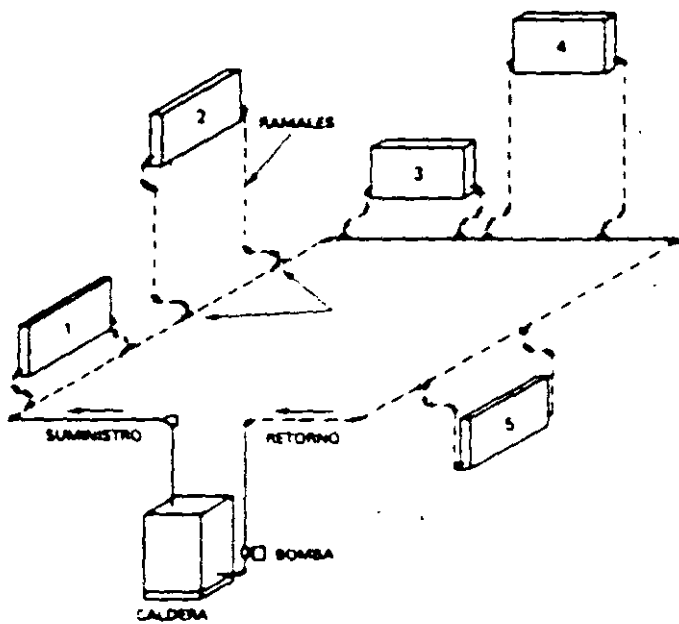


FIGURA A14-56 Sistema de calefacción con agua caliente inverso de dos tubos

suministro de agua caliente y más cercana en el cabezal de retorno. Esta igualación de la distancia que recorre el agua a través de cada unidad da una distribución uniforme de agua en el sistema, con el mejor control consecuente. Se pueden definir zonas o emplear varios circuitos con iguales ventajas. En general se prefiere el sistema de dos tubos cuando se usan unidades terminales de baja caída de presión, como las de zócalo o rodapié.

Los sistemas de tablero (figura A14-58) se instalan en pisos o techos y usan un cabezal de suministro o retorno en el que se conectan todos los serpentines. Se tiene un pozo en el piso o hueco en el techo, o un *closet* para poder llegar a válvulas y ventilaciones de balanceo para cada uno de los serpentines.

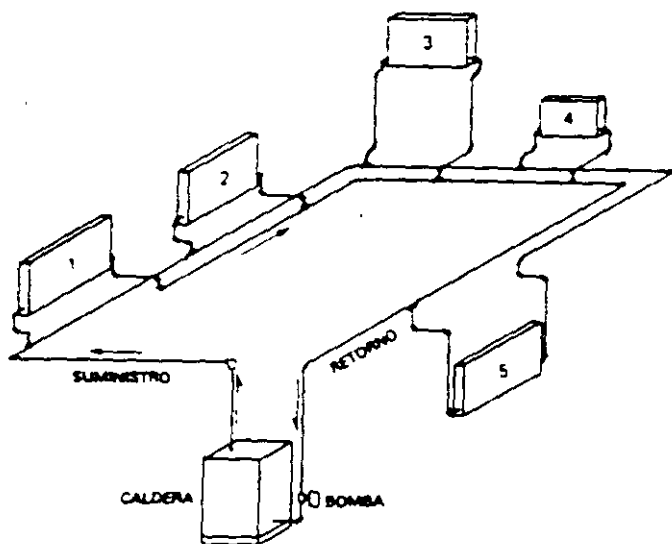


FIGURA A14-57 Sistema de calefacción con tableros de agua caliente y circulación forzada.

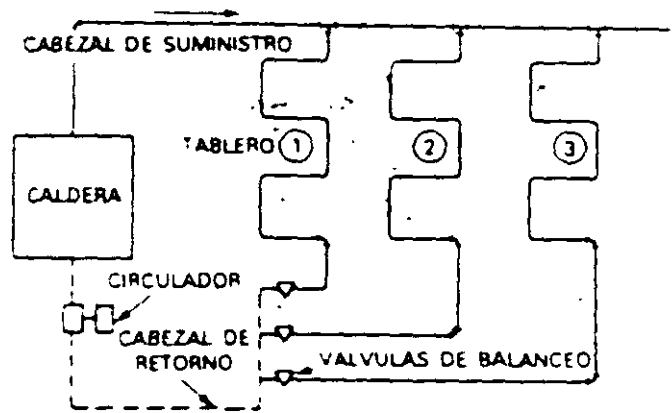


FIGURA A14-58 Sistema de tablero de agua caliente de circulación forzada

Las descripciones anteriores, así como las figuras, fueron de sistemas de un circuito, o circuito único. Cualquiera de esos sistemas hidrónicos también se puede instalar en forma de circuitos múltiples en los que uno o varios cabezales forman dos o más circuitos en paralelo entre la salida y el retorno al calentador.

Se emplean los circuitos múltiples por varias razones: para reducir la longitud total de los circuitos, para reducir el número de unidades terminales en un circuito, para reducir el diámetro de tubería o cantidad de agua que circula por el circuito, y para simplificar el diseño de la tubería en algunos tipos de construcción.

==== A14-112  
 ===== Calderas

Las calderas de vapor se usaban antes de la mitad del siglo XIX, y para 1870 los sistemas de agua caliente comenzaron a remplazar a los de vapor. El diseño moderno de los calentadores usa fierro colado, acero y cobre como materiales de construcción<sup>1</sup>.

Las calderas de fierro colado se arman en secciones de ese material (figura A14-59). Pueden quemar gas, petróleo o carbón. Las calderas de acero se diseñan con tubos dentro de una envolvente. Con frecuencia, el agua del sistema está dentro de los tubos y el fuego y los gases calientes rodean a éstos y con ello calientan el agua. A esto se llama *calentador de tubos de agua* (figura A14-60). Sin embargo, algunos calentadores trabajan exactamente al revés: el fuego y los gases calientes pasan por dentro de los tubos y calientan al agua en la envolvente. Se les llama *calentadores de tubos de humo*, o de tubos de fuego. Las calderas de acero tamaño residencial se venden como paquete con bomba, quemador y controles instalados y conectados eléctricamente.

Los calentadores instantáneos para quemado de gas o

<sup>1</sup> N del T.: En este libro restringiremos el término "caldera" a la unidad que produce vapor de agua. Para la unidad que produce agua caliente emplearemos el término "calentador".



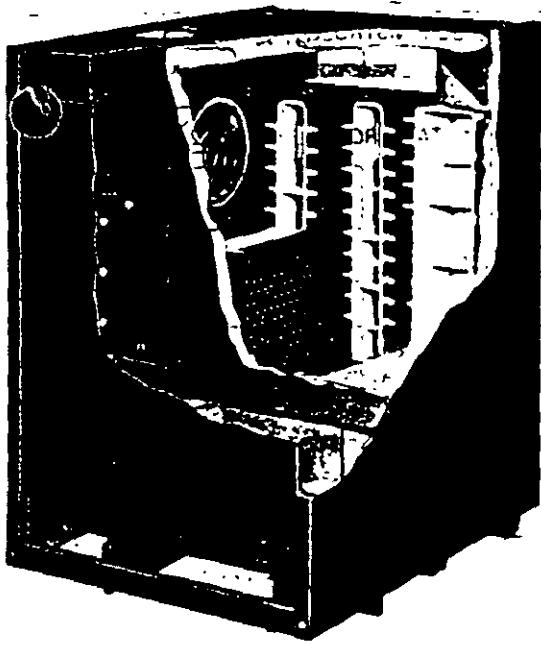


FIGURA A14-59 Calentador de gas (Cortesía de Weil-McLain, Division of Wylain, Inc.)

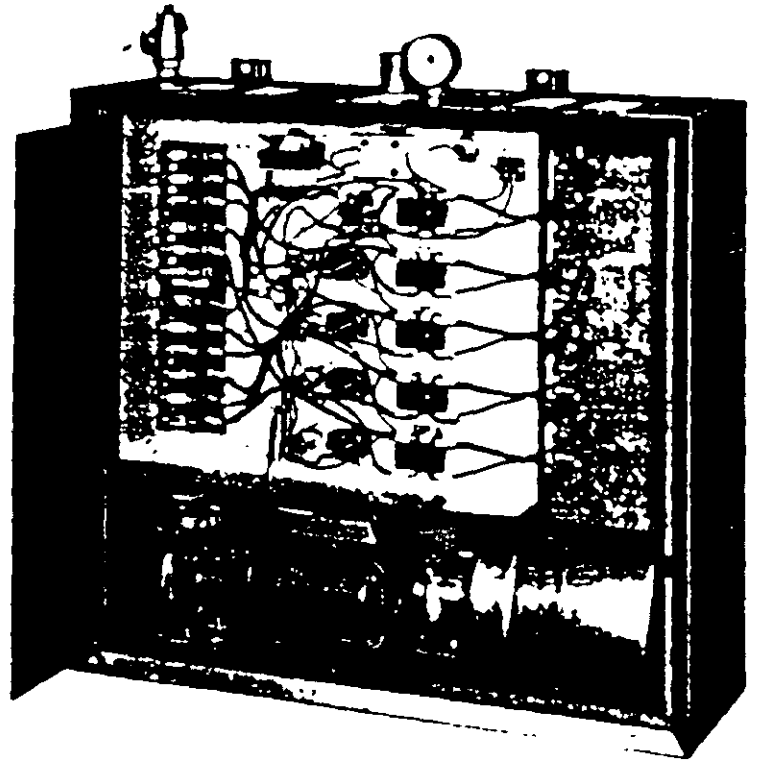


FIGURA A14-61 Calentador eléctrico de pared (Cortesía de Weil-McLain, Division of Wylain, Inc.)

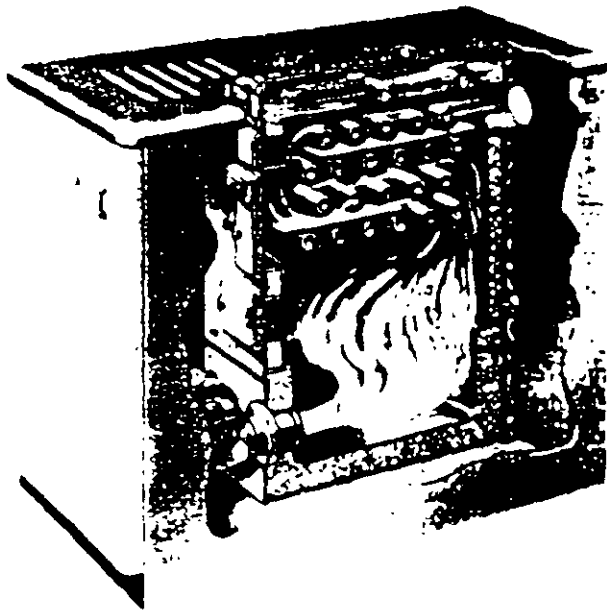



FIGURA A14-60 Calentador de tubos de agua

eléctricas ya sea directamente sumergidas en el agua, o pegadas al exterior del recipiente de agua. En la caja del calentador se colocan la bomba y el tanque de expansión.

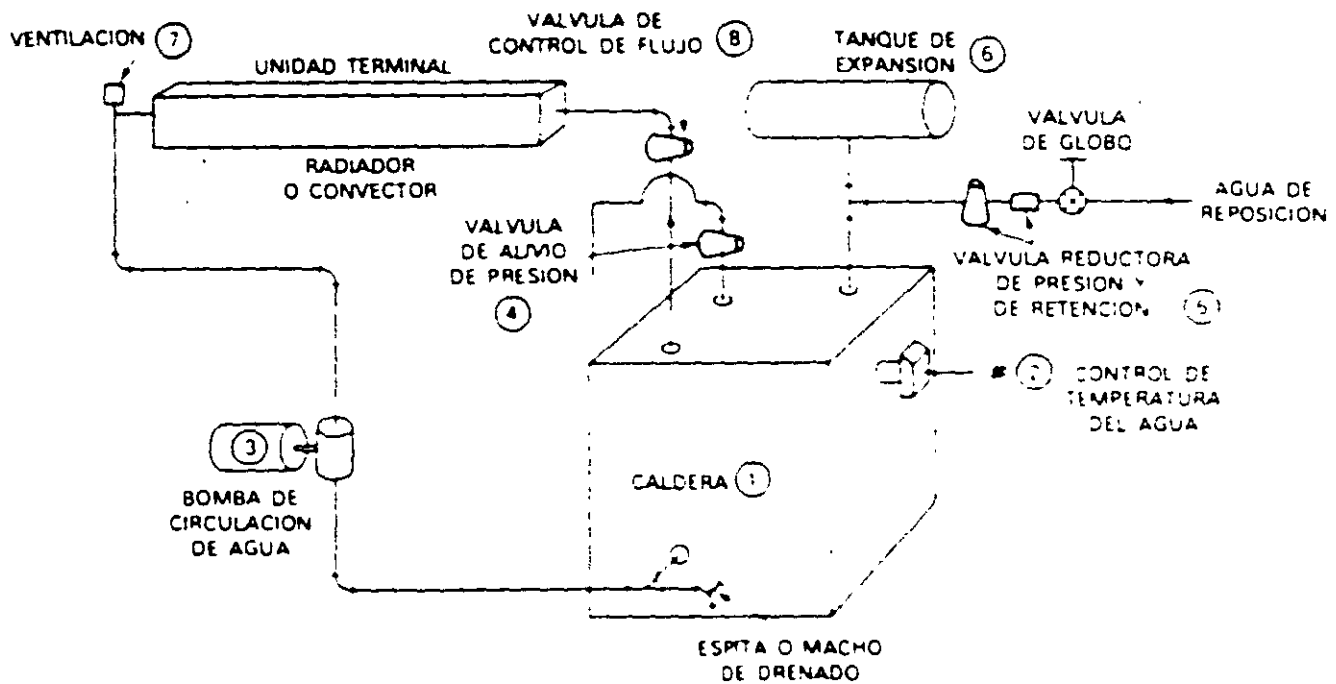

 A14-113  
 Un sistema típico

Una instalación típica de agua caliente a baja temperatura (figura A14-62) consta de

1. El calentador, sea de gas, petróleo o eléctrico, como se describió arriba, y que trabaja a 30 psi, con el agua caliente entre 180 y 220°F (82 a 104°C), lo normal en el suministro.
2. Un control de temperatura de agua del calentador, para encender y apagar el quemador o los elementos de calefacción y controlar la temperatura del agua caliente.
3. Una bomba de circulación de agua, lo suficientemente grande para permitir el flujo de agua que caliente los recintos. El control de la bomba se hace a través de un termostato de recinto o de zona.
4. Una válvula de alivio que abre si la presión del calentador es mayor que 30 psi.
5. Válvulas reductoras de presión, y de retención, así como una válvula automática para agua de repuesto.

petróleo consisten en serpentines de cobre que contienen al agua del sistema rodeada del fuego y los gases calientes. Son muy compactos y algunos modelos están diseñados para trabajar a la intemperie.


Un calentador eléctrico es en esencia un calentador convencional con gran volumen interno con resistencias de calentamiento eléctrico sumergidas directamente en el agua. También hay calentadores eléctricos del tipo instantáneo o suficientemente pequeños como para poder colgarse en la pared (figura A14-61), que tienen las resistencias



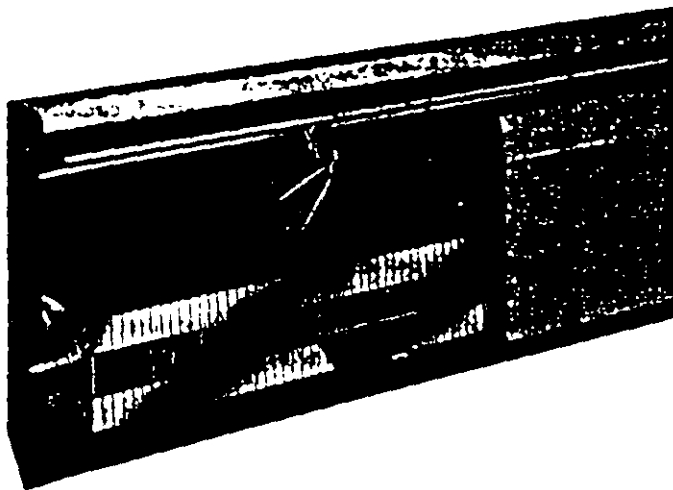
**FIGURA A14-62** Sistema residencial de calefacción con agua caliente

- que agrega agua al calentador en el llenado inicial, y también si la presión baja demasiado.
6. Un tanque amortiguador cerrado, con aire, el cual, en el llenado inicial, tiene una bolsa de aire atrapado. Cuando se calienta el agua se expande y comprime al aire aprisionado, que funciona como cojín y permite la entrada del volumen adicional originado en la expansión térmica sin crear demasiada presión.
  7. Ventilaciones de aire en las terminales o los puntos altos de la tubería del sistema, para purgar el aire atrapado, no deseado.
  8. Una válvula de control de flujo (válvula de retención)

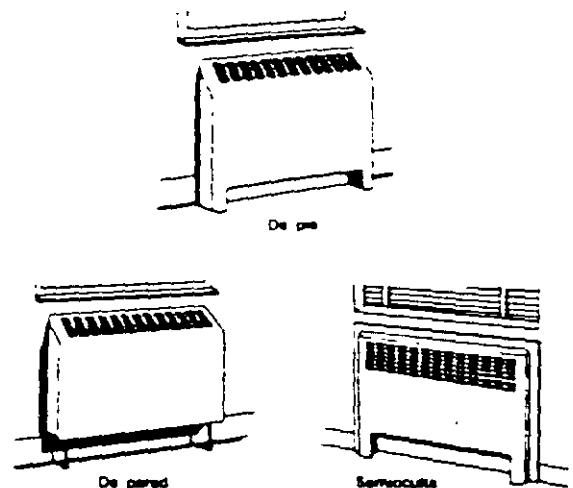
- para evitar circulación de agua por gravedad cuando la bomba no esté trabajando.
9. Las espitas, válvulas de purga y de drenado necesarios para balanceo, servicio y mantenimiento.

 A14-114  
**Terminales**

Las unidades terminales pueden ser radiadores de hierro colado (que casi ya no se usan) o radiadores residenciales de rodapié, de tubo aletado (figura A14-63), o convectores tipo caja (figura A14-64), o serpentines de agua.



**FIGURA A14-63** Radiador de zócalo de tubo aletado. (Cortesía de Weil-McLain, Division of Wylam, Inc.)



**FIGURA A14-64** Radiadores de convección

liente para montarse en unidades de manejo de aire o en ductos (figura A14-65). La selección del tipo de unidad depende de si se usa en construcciones residenciales, comerciales o institucionales.

La selección del tamaño de la terminal es fundamentalmente función de la temperatura del agua, del flujo de agua, del área de la superficie de radiación, y del tipo de circulación de recinto, natural o forzada. Los catálogos de los fabricantes presentan tablas de capacidades que prescriben la selección correcta.

El diseño general de los sistemas de calefacción hidrónica es en sí mismo un arte especial, y sugerimos que los que tengan que ver con este aspecto de la calefacción aprovechen las ventajas de la información disponible en el Hydronic Institute, 35 Russo Place, Berkeley Heights, New Jersey 07922, y en la North American Heating and Air-Conditioning Wholesalers Association, 1661 West Henderson Road, Columbus, Ohio 43220. Ambas asociaciones ofrecen

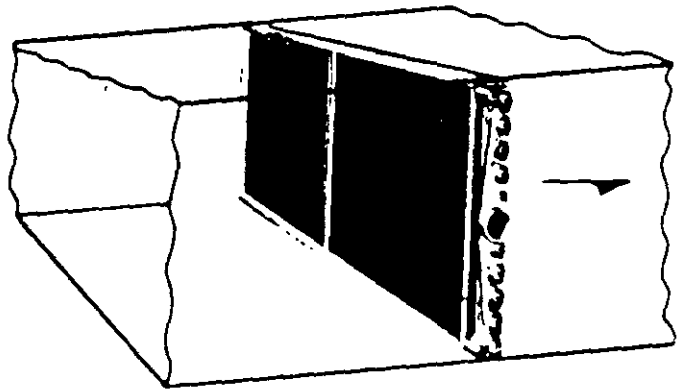


FIGURA A14-65 Serpentín de agua caliente en ducto

excelentes datos para capacitación acerca del diseño, instalación y servicio de sistemas hidrónicos.

## PROBLEMAS

- A14-1. Para revisar y probar una unidad de calefacción de gas, lo primero que se debe establecer es \_\_\_\_\_
- A14-2. La cantidad de gas que se quema en determinada unidad depende de \_\_\_\_\_ y de \_\_\_\_\_
- A14-3. El poder calorífico del gas natural puede variar de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ Btu/pie<sup>3</sup>
- A14-4. El poder calorífico del propano es \_\_\_\_\_ Btu/pie<sup>3</sup>
- A14-5. El poder calorífico del butano es \_\_\_\_\_ Btu/pie<sup>3</sup>
- A14-6. El poder calorífico del gas en la zona donde vive usted es \_\_\_\_\_ btu/pie<sup>3</sup>
- A14-7. La presión de cabezal recomendada para las unidades de calefacción con quemador de gas es \_\_\_\_\_ pulg CA con límites permisibles de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ pulgadas CA.
- A14-8. Si para tener un consumo correcto se necesita una presión en cabezal menor o mayor que los límites permisibles, ¿qué se debe hacer a la unidad?
- A14-9. Una unidad de calefacción con quemador de gas se va a instalar en Denver, Colorado, E. U. A. ¿En qué porcentaje se debe reducir la capacidad?
- A14-10. ¿Cuál es la fórmula para calcular el número de pies cúbicos de gas que se deben quemar por hora?
- A14-11. ¿Cuántos pies cúbicos de gas se quemarían en una unidad de 125,000 Btu/h de capacidad, con gas de 1050 Btu/pie<sup>3</sup>?
- A14-12. Cuando se revisa el consumo de gas de una unidad de 150,000 Btu/h, con gas de 950 Btu/pie<sup>3</sup> mediante la toma del tiempo al medidor con la aguja de 1 pie<sup>3</sup>, ¿cuántos segundos duraría la aguja en dar una vuelta?
- A14-13. La presión de operación en el cabezal de una unidad para gas LP que quema propano o butano es \_\_\_\_\_ pulgadas CA.
- A14-14. ¿Qué es un sistema de suministro de gas LP en una etapa?
- A14-15. ¿Cuál es la ventaja principal de un sistema de suministro en dos etapas?
- A14-16. ¿Cuáles son las temperaturas exteriores mínimas a las cuales se pueden emplear el propano y el butano como combustibles sin emplear accesorios adicionales?
- A14-17. En un quemador tipo atmosférico, el aire de combustión que se mezcla con el gas dentro del quemador se llama \_\_\_\_\_
- A14-18. El aire para la combustión que pasa alrededor del exterior del quemador se llama \_\_\_\_\_
- A14-19. El aire que pasa por el quemador, ¿qué porcentaje es del aire total para la combustión?
- A14-20. ¿Cuánto aire adicional, respecto a la cantidad necesaria para la combustión, debe manejar el cambiador de calor?
- A14-21. La flama óptima de un quemador tipo atmosférico en general es \_\_\_\_\_

- A14-22. El aumento correcto de temperatura a través de la unidad de calefacción, para obtener CCA es \_\_\_\_\_ °F
- A14-23. Para tener operación CCA, el interruptor del ventilador se debe ajustar para encender el ventilador a entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ °F, y para apagarlo a entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ °F.
- A14-24. Definir la "eficiencia de operación" de una unidad de calefacción con quemador de gas.
- A14-25. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de aumentar la cantidad de aire que pasa por el cambiador de calor?
- A14-26. Definir el "punto de presión neutra".
- A14-27. ¿Cuál es el lugar adecuado del punto de presión neutra?
- A14-28. El requisito de eficiencia mínima para una unidad de calefacción con quemador de gas es de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ %.
- A14-29. Los quemadores de petróleo se instalan con una pendiente hacia abajo y hacia adelante del tubo del quemador. ¿Por qué?
- A14-30. Dar el nombre de los patrones de aspersión de las boquillas que se usan en los quemadores residenciales de petróleo.
- A14-31. Los patrones de aspersión de las boquillas son intercambiables. ¿Cierto o falso?
- A14-32. El tiempo mínimo recomendado de funcionamiento de un quemador de petróleo es \_\_\_\_\_ minutos.
- A14-33. A los depósitos de carbón en la superficie del refractario se les llama a veces \_\_\_\_\_.
- A14-34. ¿Qué es lo que ocasiona depósitos de carbón en la superficie del refractario?
- A14-35. La presión normal de funcionamiento del suministro de petróleo al quemador es \_\_\_\_\_ psig
- A14-36. Las bombas o unidades de combustible se fabrican en dos estilos. ¿Cuáles son?
- A14-37. ¿Qué estilo de unidad de combustible se usa en una instalación de tanque enterrado de combustible? ¿Por qué?
- A14-38. ¿Qué es lo que provoca el flujo posterior de combustible cuando se apaga el quemador?
- A14-39. El tiempo mínimo de funcionamiento para llevar a cabo una prueba de eficiencia en una unidad de calefacción con quemador de petróleo es \_\_\_\_\_.
- A14-40. ¿Qué tipo de instalación permite el tendido de un sistema de un tubo?
- A14-41. ¿Cuál instalación necesita que se instale un sistema de dos tubos?
- A14-42. Si la resistencia de diseño de un cambiador de calor es 0.10 pulgadas de CA, ¿Cuál es la resistencia máxima que se permite para tener que limpiarlo?
- A14-43. ¿Cuál es la causa normal de alta temperatura en la chimenea, en una unidad de calefacción con quemador de petróleo que ha estado trabajando en forma correcta?
- A14-44. Los calentadores eléctricos de aire forzado emplean \_\_\_\_\_ para alternar los elementos de calefacción.
- A14-45. Los elementos de un calefactor eléctrico emplean dos dispositivos de protección cada uno. ¿Cuáles son?
- A14-46. Los sistemas de calefacción con agua caliente se han diseñado con dos sistemas distintos de circulación, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_, y el más frecuente es \_\_\_\_\_.
- A14-47. ¿Cuáles son los cuatro tipos más comunes de distribución de tuberías para sistemas de circulación en calefacción con agua caliente?



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



... Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

## **AIRE ACONDICIONADO A 15 SERVICIO A CALEFACCIÓN Y ANÁLISIS DE PROBLEMAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A15

## Servicio a calefacción y análisis de problemas

=====  
=====  
=====  
A15-1

### **GENERALIDADES**

Este capítulo pondrá en conocimiento del lector algunos de los problemas más comunes en servicio y mantenimiento que se presentan en sistemas de calefacción en residencias y pequeños comercios, tanto con petróleo como con gas. Una vez que se presenta un problema, en general el trabajo del técnico de servicio consistirá en manejar la visita, para primero diagnosticar la causa y a continuación tomar las medidas necesarias para resolver los problemas. En este capítulo se describen las unidades tanto de gas como de petróleo, separadas en categorías para mantener tanta claridad como sea posible.

También el capítulo está arreglado en forma progresiva desde los problemas de categoría general hasta los síntomas posibles y la causa probable de los síntomas, para pasar a una explicación de la causa. Por ejemplo, la causa de "no calienta" podría ser la unidad A-1, "no se pone en funcionamiento", debido a la unidad E-2, "el interruptor de estación está abierto", posiblemente porque el propietario no sabía o no se daba cuenta que el interruptor de estación se abrió en la primavera, al final de la estación en que se usa la calefacción.

La primera tabla es una lista de los síntomas comunes bajo las siguientes categorías:

- A. Funcionamiento del sistema completo
- B. Funcionamiento de la unidad
- C. Funcionamiento del quemador
- D. Funcionamiento del soplador
- E. Síntomas del cambiador de calor
- F. Costo de operación
- G. Ruido

Bajo cada categoría hay una lista de los problemas posibles. Al revisar los problemas encontrará duplicidad,

porque es posible tener el mismo problema presente en más de un síntoma. El número frente a cada problema es la sucesión en la que aparece en la lista de síntomas. No hay tabla numérica de problemas de cada categoría.

=====  
=====  
=====  
A15-2

### **PROBLEMAS CON GAS**

- A. Funcionamiento del sistema completo
  1. No se pone en funcionamiento
  2. Trabaja, pero no calienta lo suficiente; ciclos cortos
  3. Trabaja, pero la temperatura del recinto es demasiado alta
  4. Trabaja en forma continua
  5. El soplador se enciende y apaga después de haber llegado a la temperatura correcta del termostato
  6. Al inicio sopla aire frío
  7. Ruido al arranque y/o al enfriar
  8. Ruidoso o con vibraciones
  9. Olor
  10. Alto costo del combustible
  11. Alto costo de electricidad
- B. Funcionamiento de la unidad
  1. No se pone en funcionamiento
  12. No hay combustible
  13. La válvula no abre
  14. La válvula abre y cierra en ciclos cortos
  15. Ignición demorada
  16. Se apaga el piloto
- C. Funcionamiento del quemador
  15. Ignición demorada
  17. Flamea y se apaga
  18. Arde dentro del quemador
  19. Se eleva la flama
  20. Se enrolla la flama

- 21. Flama ruidosa
- 22. Flama amarilla
- 23. Depósitos de carbón
- 24. Se regresa la flama
- D. Funcionamiento del soplador
  - 25. Ciclos cortos
- E. Síntomas del cambiador de calor
  - 26. Ruido en el arranque y/o enfriamiento
  - 27. Cambiador quemado
- F. Costo de operación
  - 10. Alto costo de combustible
  - 11. Alto costo eléctrico
- G. Ruido
  - a. Ruido de combustión
    - 15. Ignición demorada
    - 21. Flama ruidosa
    - 28. Resonancia
    - 29. Piloto ruidoso
    - 24. Se regresa la flama
    - 20. Se enrolla la flama
  - b. Ruido mecánico
    - 8. Vibración
    - 7. Ruido en el sistema de ductos
    - 26. El cambiador de calor chasquea o resuena

==== A15-2 1  
 ==== Síntomas  
 =====

A continuación se incluye una lista de los síntomas de los problemas en las categorías anteriores. Bajo cada síntoma se presenta una lista de las causas probables. A su vez, cada causa probable aparece en orden numérico. Además, se usa una letra para clasificar la causa probable como residente en los sistemas eléctrico (E) o de gas (G), en las listas que siguen después.

1. No se pone en funcionamiento
  - E1. Está abierto el interruptor de estación
  - E2. El ajuste del termostato de recinto es demasiado alto
  - E3. Está abierto el interruptor de desconexión
  - E4. Hay un fusible quemado
  - E5. Está abierto el control limitador
  - E6. Está quemado el transformador de control
  - E7. Está abierto el circuito en el termostato y/o la subbase
  - E9. Está abierto el cable de control
  - E11. Está abierto el controlador en la válvula de gas
  - G5. Se apagó el piloto
  - G10. La válvula de gas está pegada, abierta o cerrada
  - G8. El piloto de seguridad está quemado
  - G1, G4. No hay combustible
2. Trabaja, pero no produce calor suficiente, ciclos cortos
  - E12. Ajuste inadecuado del anticipador de calor

- E13. Conexión y desconexión en el control limitador
- G3. Entrada muy baja
- 3. Trabaja, pero la temperatura del recinto es demasiado alta
  - E2. El termostato de recinto está ajustado muy alto
  - E12. Ajuste inadecuado del anticipador de calor
- 4. Trabaja en forma continua
  - E8. Hay un corto en el termostato y/o en la subbase
  - E10. Hay un corto en el cable del termostato
  - G10. La válvula de gas está atorada abierta
- 5. El soplador se enciende y apaga después de haber llegado a la temperatura correcta del termostato
  - G21. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min del soplador
  - G22. Ajuste del control del ventilador
- 6. Al iniciar sopla aire frío
  - G21. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min del soplador
  - G22. Ajuste del control del ventilador
- 7. Ruido al arranque y/o al enfriarse
  - G31. Ruido de expansión en las secciones del cambiador de calor
  - G32. Ruido de expansión en los restrictores del cambiador de calor
  - G33. Expansión de los ductos
- 8. Ruidoso o con vibraciones
  - G29. Está desbalanceado o desalineado el rotor del soplador
  - G30. Están desbalanceadas las poleas
  - G30. Está quemada la banda del soplador
  - G30. Están quemados los cojinetes
- 9. Olor
  - G25. Olor a polvo en el arranque de otoño
  - G26. La ventilación es inadecuada
  - G27. El cambiador de calor está roto
- 10. Alto costo de combustible
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G14. El ajuste del quemador es inadecuado
  - G35. El tamaño de la unidad es inadecuado
- 11. Alto costo de electricidad
  - E14. Carga inadecuada del motor del soplador
- 12. No hay combustible
  - G2. No hay presión en la tubería
  - G4. Está vacío el tanque de gas LP
  - G3. Está quemado el regulador
  - G1. Está cerrada la válvula de suministro
  - G4. Hay baja temperatura ambiente exterior
- 13. La válvula de gas no abre
  - E6. Está quemado el transformador de control
  - E7. Está abierto el circuito en el termostato y/o la subbase
  - E9. Está abierto el cable de control
  - E11. Está abierto el controlador en la válvula de gas
  - G10. La válvula de gas está pegada abierta o cerrada
  - G8. El piloto de seguridad se apaga

14. La válvula de gas se abre y cierra en ciclos cortos
  - E12. Es incorrecto el ajuste del anticipador de calor en el termostato
  - E13. Es incorrecto el ajuste del control limitador
  - G23. Están sucios los filtros de aire
  - G24. Hay obstrucciones en el sistema de suministro de aire
15. Ignición demorada
  - G14. Es inadecuado el ajuste del quemador
  - G16. Es inadecuado el alineamiento del orificio
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G14. Es inadecuado el ajuste del quemador
  - G11. La abertura de la válvula se demora
  - G3. La presión en la tubería es baja
16. Se apaga el piloto
  - G3. La presión en la tubería es baja
  - G7. Está quemado el orificio del piloto
  - G6. Está quemado el termopar
  - G8. Se apaga el piloto de seguridad
  15. Se demora la ignición
  17. Explosión que extingue la flama
  - G9. Corrientes de aire o gases
17. Explosión que extingue la flama
  - G14. El ajuste del aire primario es inadecuado
  - G15. El alineamiento del quemador es inadecuado
  - G16. El alineamiento del orificio es inadecuado
  - G12. Mal corte de flama
18. La flama arde dentro del quemador
  - G14. El ajuste del aire primario es incorrecto
  - G20. La entrada es inadecuada
  17. Explosión que apaga la flama
  - G13. Hay escapes en la válvula de gas
19. Se eleva la flama
  - G20. La llegada es inadecuada
  - G14. El ajuste de aire primario es inadecuado
20. Se enrolla la flama y se apaga
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G18. Hay una obstrucción en el cambiador de calor
  - G26. La ventilación es inadecuada
  - G19. El suministro de aire de combustión es inadecuado
21. Flama ruidosa
  - G14. El ajuste de aire primario es inadecuado
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G17. El tamaño de la ranura o conexión es inadecuado
22. Flama amarilla
  - G14. El ajuste del aire primario es inadecuado
  - G20. La entrada es inadecuada
23. Depósitos de carbón
  - G14. El ajuste del aire primario es inadecuado
  - G20. La entrada es inadecuada
24. La flama se regresa
  - G20. La llegada es inadecuada
  - G14. El ajuste de aire primario es inadecuado
  - G18. Hay una obstrucción en el cambiador de calor
  - G26. La ventilación es inadecuada
25. Funcionamiento intermitente del soplador
  - G21. El ajuste de los pies<sup>3</sup>/min es inadecuado
  - G22. Ajustes del control del ventilador
  - G20. La entrada es inadecuada
26. Ruido en el cambiador de calor al arranque y/o enfriamiento
  - G31. Ruidos de acomodamientos en el cambiador de calor
  - G32. Hay arrastre en el restrictor
27. El cambiador de calor está quemado
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G28. Composición química de los gases
28. Resonancia (efecto de tubo de órgano)
  - G20. La entrada es inadecuada
  - G14. El ajuste de aire primario es inadecuado
  - G36. Hay resonancia a causa del diseño

===== A15-2 2

===== **Causas eléctricas**

En la lista anterior, a las causas probables de cada síntoma se les asignó un número que iniciaba con una E si eran de categoría eléctrica, y una G si pertenecían a la categoría de gas. Las causas eléctricas son las siguientes:

- E1. Está abierto el interruptor de estación
- E2. El termostato de recinto tiene ajuste demasiado alto
- E3. El interruptor de desconexión está abierto
- E4. Hay un fusible quemado
- E5. Está abierto el control limitador
- E6. El transformador de control está quemado
- E7. Hay un circuito abierto en el termostato y/o la sub-base
- E8. Hay un cortocircuito en el termostato y/o en la sub-base
- E9. El cable de control está abierto
- E10. Hay un corto en el cable de control
- E11. El controlador está abierto en la válvula de gas
- E12. El ajuste del anticipador de calor es inadecuado
- E13. El control limitador abre y cierra
- E14. La carga del motor del soplador es inadecuada

**E1. Está abierto el interruptor de estación:** Una de las causas más comunes de "no hay calor" al principio de la estación en que se usa la calefacción, es el hecho de que el interruptor encendido-apagado de estación que está en la unidad se haya puesto en la posición de OFF (APAGADO). Nadie confiaba en que el termostato mantuviera apagada la unidad, o el propietario no quiso que se pusiera a trabajar si la noche enfriaba. Independientemente de las razones, el hecho es que ese interruptor está apagado y se olvida con facilidad en el período de verano. Cuando alguien llama y se queja de que no hay calor, es bueno preguntar si ya encendió el interruptor. Puede ahorrar un servicio innecesario y la confusión del cliente.



**E2. El termostato de recinto tiene ajuste demasiado alto:**

El termostato de recinto puede estar trabajando con un ajuste demasiado alto, aunque la aguja indique que el ajuste es el deseado. Esto es válido especialmente en los termostatos de contacto de bulbo de mercurio. Asegúrese que el termostato esté nivelado antes de tratar de recalibrarlo. Estos termostatos salen de calibración muy rara vez, aunque con frecuencia se les golpea y desnivela. Si la aguja y el termómetro interconstruido no indican lo mismo, compruebe la nivelación del termostato antes de hacer la recalibración o el ajuste.

**E3. El interruptor de desconexión está abierto:** Asegúrese que llegue el voltaje correcto a la unidad. Se sabe que los interruptores de desconexión en los tableros de distribución abren debido a perturbaciones eléctricas, tormentas eléctricas, etc. Si no hay voltaje a la unidad, restablezca los interruptores termomagnéticos para comprobar su capacidad de mantener la posición.

**E4. Hay un fusible quemado:** A veces se usan fusibles tipo de quemado instantáneo o de eslabón en los ramales. Como no permiten que pase corriente mayor que su capacidad, durante ningún lapso, se deben dimensionar para conducir la corriente máxima de arranque de la unidad. Siempre se deben usar fusibles de demora cuando haya un motor. Este tipo permite un dimensionamiento más exacto del fusible a la corriente de marcha del motor, para tener protección máxima.

La revisión de fusibles se lleva a cabo en forma adecuada con un óhmetro. Con el interruptor de desconexión abierto mida la resistencia de cada fusible. Una indicación de cero resistencia del óhmetro indica que el fusible está en buen estado. Si la resistencia es infinita, o no se mueve la aguja, quiere decir que el fusible está quemado y abierto. Este fusible se debe cambiar.

**E5. Está abierto el control limitador:** El control limitador puede estar en el circuito de alto voltaje al transformador de control, o puede estar en el lado de 24V, o de menor voltaje del circuito de control. En ambos casos, si el control está abierto la función de calefacción está apagada. Con un voltímetro mida si hay voltaje entre las terminales del control limitador. Si no hay voltaje, los contactos pueden estar cerrados, y alguna otra fuente de problema está desconectando el voltaje. Para confirmarlo, *desconecte el voltaje a la unidad*, quite los cables de las terminales del control. Con el óhmetro mida la resistencia del contacto del control limitador. Si la resistencia es infinita, o no hay movimiento de la aguja, quiere decir que hay un contacto abierto. Si la temperatura del control es la ambiente, cambie el control. Si la indicación es de cero resistencia, los contactos están cerrados y la interrupción del voltaje es en algún otro lugar.

**E6. Está quemado el transformador de control:** El transformador de control de la unidad normal de calefacción tendrá un primario de 120 o 240 V y un secundario de 24 V. Para comprobar el funcionamiento del transformador, con un voltímetro de ca mida el voltaje de salida. Si hay 24

V entre las terminales de salida, que en general tienen las identificaciones R y C, se puede suponer que el transformador está bien. Si no hay voltaje, debe medirse entre las terminales del primario. Si no llega voltaje, no saldrá. Con la escala mayor del voltímetro, mida el voltaje entre las terminales del primario. Si no lo hay, el suministro de corriente al transformador está muerto. Si hay voltaje en las terminales del primario y no en las del secundario, debe cambiarse el transformador. Asegúrese de emplear un transformador de la misma capacidad o mayor de voltamperes, y que los voltajes de entrada y salida sean los mismos, al igual que los hertz.

Se debe usar un óhmetro para determinar qué devanado del transformador fue el que falló. Si el primario está abierto, la causa probable es un alto voltaje. Si el que falló es el secundario, el transformador está sobrecargado. Se debe reducir la carga o se debe poner un transformador con mayor capacidad de VA.

**E7. Circuito abierto en el termostato y/o la subbase:**

Esto se comprueba con facilidad empleando un cable de puente entre las terminales R y W de la subbase del termostato. Si abre la válvula de gas, la abertura está en el termostato o en la subbase. En este caso no se puede reparar en el campo y habrá que cambiarlo.

**E8. Corto en el termostato y/o en la subbase:** Si la unidad trabaja en forma continua, esto es, la válvula de gas permanece abierta a pesar de que el termostato se lleve al ajuste mínimo, quite el termostato de la subbase. Si cierra la válvula, cambie el termostato. Si la válvula permanece abierta, quite el conductor rojo de la subbase. Si la válvula cierra, cambie la subbase. Si la válvula todavía permanece abierta, véase E10.

**E9. El cable de control está abierto:** Cuando el cable de puente en E7 no abre la válvula de gas, podría deberse a una terminal abierta del cable de control. En el extremo del cable de control que da al horno, coloque un cable de puente conectado a la terminal de corriente (R) del transformador y a la terminal del lado de suministro de la válvula de gas. En general es el conductor rojo del transformador y el blanco de la válvula de gas. Si la válvula abre, hay una abertura en el circuito. Esto comprende el cable de control, y puede incluir al control limitador. Si ese control está en el circuito de bajo voltaje, revise el control (véase E5). Si la válvula de gas abre cuando está instalado el puente, es posible que haya una abertura en el cable de control. Para comprobarlo son necesarios un óhmetro y un rollo de cable aislado. Este cable debe tener la suficiente longitud para ir desde la unidad de calefacción hasta el termostato.

Al conectar el cable adicional con cada uno de los conductores del control a la vez y usando el óhmetro para medir cada cable de control, se puede encontrar el circuito abierto. La indicación baja del óhmetro pertenece a un conductor en buen estado. El conductor abierto dará una lectura infinita, o la aguja no se moverá.

Todo lo anterior se basa en el hecho de que se usó la clave de colores correcta para conectar el cable de control,

usando para el circuito los conductores rojo y blanco. También se basa en el hecho de que el cable es de un tramo desde el termostato hasta la unidad de calefacción. Sin embargo, no siempre es así. Si se encuentra un circuito abierto, busque los empalmes abiertos posibles.

**E10. Corto en el cable de control:** Si la válvula de gas no cierra a menos que se le quiten los cables de control, puede haber un corto, debido posiblemente a que una grapa mordió al cable. Esto puede determinarse empleando el óhmetro para medir la resistencia entre los conductores del cable. Si hay indicación de baja resistencia entre cualesquiera de los conductores, instale un cable nuevo. Es casi imposible llegar a la grapa origen del problema en la parte de atrás de la pared.

**E11. Está abierto el controlador en la válvula de gas:** El voltímetro dice que hay 24 V entre las terminales del controlador de la válvula de gas y no acciona. Quite los conductores del controlador. Con el óhmetro mida la resistencia del circuito a través del controlador. Esta indicación estará entre los límites de 50 a 5000  $\Omega$ . Si no se mueve la aguja, el circuito está abierto. Si la indicación es normal, es posible que el controlador esté pegado en la posición cerrada. No trate de repararlo; cámbielo.

**E12. El ajuste del anticipador de calor es inadecuado:** Si el ajuste es demasiado alto, se generará demasiado calor y el termostato se dará por satisfecho antes que la temperatura de la zona suba a la de ajuste del termostato. Si el ajuste del anticipador de calor es demasiado bajo, no se genera el calor suficiente y la temperatura del recinto será mayor que la de ajuste del termostato antes que la unidad desconecte.

El anticipador debe ajustarse a la cantidad de corriente que pase por el circuito de control cuando la unidad esté funcionando. No trate de sumar todos los amperajes del circuito de calefacción; mida la corriente. Use un accesorio multiplicador de circuitos con su amperímetro de gancho para multiplicar la corriente menor que 1 A por 10 veces, para que quede dentro del rango del medidor. Esto también se puede lograr enrollando el conductor 10 veces alrededor de una de las quijadas del gancho. Los extremos del conductor se conectan con las terminales del termostato de la subbase, haciendo el papel del termostato. El medidor indicará 10 veces la corriente real que pasa por el circuito. La indicación del medidor, dividida entre 10, será el ajuste del anticipador de calor. Un instrumento muy útil para este objeto es el amperímetro con límites de 0 a 1.2 A que vende T. D. Instrument Company de Rochester, N. Y. 14607.

**E13. El control limitador se enciende y apaga:** A veces, un elemento del control limitador se debilita y baja el límite de operación del control. El límite normal es corte a 140 °F para una unidad de contracorriente y entre 160 y 220 °F para unidades verticales y horizontales. Si el control enciende y apaga a menores límites que éstos, cambie el control; no trate de recalibrarlo. Si el control prende y apaga porque hay altas

temperaturas en la cámara plena de suministro, véase la sección A15-2.4.

**E14. Carga inadecuada en el motor del soplador:** Los amperes al motor del soplador suben mucho más rápidamente que el aumento en la carga. Por lo tanto, un pequeño aumento en la carga del soplador puede causar un mayor aumento en el consumo de corriente. También puede hacer que las temperaturas del motor sean mayores que las normales, y que la vida de éste se acorte.

Mida el amperaje tomado por el motor bajo carga normal. No debe ser mayor que el amperaje nominal o de placa. Si lo es y no se puede reducir la carga, se debe reemplazar por un motor mayor. Aun cuando se instale un motor mayor para manejar la carga, la potencia consumida en general será menor que la del motor más pequeño cuando trabaja con sobrecarga.

#### ===== A15-2.3 ===== Causas debidas al gas =====

Las causas debidas al gas son las siguientes:

- G1. La válvula de suministro está cerrada
- G2. No hay presión en la tubería
- G3. La presión en la tubería es baja
- G4. El tanque de gas L. P. está vacío, o la temperatura ambiente es baja
- G5. Se apaga el piloto
- G6. El termopar está quemado
- G7. El orificio del piloto está quemado
- G8. El piloto de seguridad está quemado
- G9. Hay corrientes de aire en el piloto
- G10. La válvula de gas está atorada abierta o cerrada
- G11. La abertura de la válvula se demora
- G12. El cierre de la válvula es malo
- G13. Hay escapes en la válvula
- G14. El ajuste del quemador es inadecuado
- G15. El alineamiento del quemador es inadecuado
- G16. El alineamiento del orificio es inadecuado
- G17. El tamaño de ranura o conexión es inadecuado
- G18. Hay una obstrucción en el cambiador de calor
- G19. El suministro de aire de combustión es inadecuado
- G20. La entrada es inadecuada
- G21. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min
- G22. Ajustes del control del ventilador
- G23. Los filtros de aire están sucios
- G24. Hay obstrucciones en el suministro de aire
- G25. Olor a polvo en el arranque
- G26. Mala ventilación
- G27. El cambiador de calor está roto
- G28. Composición agresiva de los gases
- G29. El rotor del soplador está desbalanceado o desalineado
- G30. Transmisión del soplador
- G31. Ruido de expansión en las secciones del cambiador de calor

- G32. Ruido de expansión en los restrictores del cambiador de calor
- G33. Expansión de ductos
- G34. Efecto de la accitera
- G35. El tamaño de la unidad es incorrecto
- G36. Resonancia por diseño de la unidad

**G1. Está cerrada la válvula de suministro:** El primer lugar donde se debe buscar cuando no haya suministro de gas a la unidad es la válvula de suministro, en la unidad o en la tubería que va a la unidad. Quizá cerraron la válvula al final de la estación en que se usa la calefacción, y alguien olvidó abrirla. También puede ser que esté cerrado el suministro principal a la casa. *No trate de manejar esta válvula.* Es responsabilidad de la compañía de gas, que es la que debe establecer el suministro a la construcción.

En el caso de un sistema de gas LP, llame a la compañía de gas si la válvula principal en el tanque está cerrada. Debió haberse cerrado por alguna razón fuera de la responsabilidad del técnico de servicio.

**G2. No hay presión en la tubería:** Aun cuando esté abierta la válvula principal a la casa, puede haber casos en los que haya un bloqueo en el suministro de gas. En climas muy fríos, cuando las tuberías están a la intemperie, puede ser que una trampa llena de agua se congele y cierre el gas. Se sabe que los medidores de gas acumulan agua y polvo hasta el extremo que no pueden funcionar. Este problema se debe pasar a la compañía del gas.

**G3. Baja presión en la tubería:** Es un caso difícil de analizar, a menos que la revisión de la unidad se haya hecho cuando haya otras cargas. En una residencia, la estufa y el horno en la cocina, y el calentador de agua pueden estar encendidos. Cuando la queja es porque el piloto se apaga o hay problemas con el quemador cuando la unidad está bien, se debe llevar a cabo una prueba a plena carga.

Con un manómetro de columna de agua conectado al tubo de suministro antes de la válvula de la unidad de calefacción, se debe anotar la presión cuando la unidad y todas las demás cargas estén apagadas. Es la presión de la tubería sin carga. Cuando la unidad se enciende, se debe anotar la presión. Si indica una caída de presión de más de 0.3 pulgada de columna de agua, el tubo a la unidad es chico. Consulte la sección A14-2.1 para dimensionarlo en forma correcta.

Cuando se anota la presión de funcionamiento de la unidad, se deben encender todas las demás cargas conectadas al sistema de suministro. Este funcionamiento a plena carga no debe originar una caída de presión de más de 0.5 pulg de columna de agua en el suministro de gas a la unidad de calefacción. Si se encuentra una caída de presión mayor, se debe poner en conocimiento de la compañía de gas.

En los sistemas de gas LP, con facilidad se encuentran bajas presiones de trabajo debidas a los tubos de diámetros menores que se usan. Se debe emplear el mismo procedimiento para medir las presiones de tubería. Estando apagadas las cargas, la presión en la tubería debe estar entre 12 y 14 pulgadas de columna de agua, y ser estable. Si baja,

puede ser que haya una obstrucción en el tubo de suministro, o un regulador en mal estado en el tanque. Sin embargo, los problemas con el regulador son raros, y por lo tanto, el primer paso debe ser la búsqueda de una obstrucción en el tubo.

Puede haber un aplastamiento en el tubo de cobre, un tubo roto, o posiblemente una bajada del tubo donde se ha acumulado agua. Este problema es más frecuente con las unidades de paquete a la intemperie en las que el tubo de suministro está sobre el terreno y las temperaturas en invierno bajan más de 0 °F (-18 °C). Se condensa agua en el tubo principal que va del tanque a la construcción. Si sale un ramal de la parte inferior del tubo principal para llegar a la unidad a la intemperie, el agua entrará al ramal y provocará obstrucción y caída de presión. Siempre se debe sacar un ramal por encima del tubo principal, para que cualquier agua de ese tubo continúe hacia la construcción, donde se disipará gradualmente por el sistema de suministro.

**G4. El tanque de gas LP está vacío, o a una temperatura ambiente baja:** La figura A15-1 muestra presiones de tanque a diversas temperaturas ambientes exteriores, para mezclas de propano y butano, desde 100% de propano hasta 100% de butano. En la tabla puede ver que no es posible tener gas de un tanque de butano cuando su temperatura es 30°F (-1°C) o menor. El punto de ebullición del propano es mucho menor, de -41.8°F (-41°C), pero cuando la temperatura ambiente exterior es de -40°F (-40°C) o menor, la presión del tanque es menor que 1 1/2 pulgadas de columna de agua, lo necesario para el suministro de combustible al sistema. Hay disponibles métodos especiales para mantener la presión en los tanques de gas LP en climas extremadamente fríos. Se debe consultar a la compañía de gas LP local, si se necesitan esos métodos.

**G5. Se apaga el piloto:** Si se apaga el piloto se apagará la unidad y la queja será que no hay calefacción. El que se apague el piloto se debe a muchas causas. La que más predomina se debe a problemas dentro del conjunto del piloto. Puede ser que el fuego al termopar sea inadecuado (véase G7), a que haya corrientes de aire que hagan que la flama oscile y se aparte del termopar (véase G9), que la ignición se demore, o que haya una explosión que apague la flama.

La flama inadecuada al termopar se describe en G6, y la oscilación de la misma en G9. La ignición demorada y la extinción tienen varias causas comunes. Las que predominan son un ajuste inadecuado del quemador (G14), una alineación inadecuada del quemador (G15), o un alineamiento inadecuado del orificio; en raras ocasiones se encuentra, pero hay la posibilidad de que el tamaño de la ranura o conexión sea inadecuado (G17). Cada una de ellas se describe en el subtítulo y número de causa correspondientes. Se debe consultar todas las secciones mencionadas cuando se trate de rastrear el problema de que se apague el piloto. También téngase en mente que la baja presión en la tubería, que se describió en G3, puede dar como resultado una flama baja en el piloto en períodos de mucho consumo de gas, lo cual a su vez puede originar que el dispositivo de,

**FIGURA A15-1**

Presiones de tanque a varias temperaturas ambiente.

	PRESION DE VAPOR, PSIG														
	Temperatura ambiente exterior, grados Fahrenheit														
	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
100 % Propano	6.8	11.5	17.5	24.5	34	42	53	65	78	93	110	128	150	177	204
10% Propano 30% Butano	—	4.7	9	15	20.5	28	36.5	46	56	68	82	96	114	134	158
50% Propano 50% Butano	—	—	3.5	7.6	12.3	17.8	24.5	32.4	41	50	61	74	88	104	122
70% Butano 30% Propano	—	—	—	2.3	5.9	10.2	15.4	21.5	28.5	36.5	45	54	66	79	93
100% Butano	—	—	—	—	—	—	—	3.1	6.9	11.5	17	23	30	38	47

Fuente: Fisher Controls International, Inc

seguridad corte el piloto y cierre el suministro de gas a la unidad de calefacción.

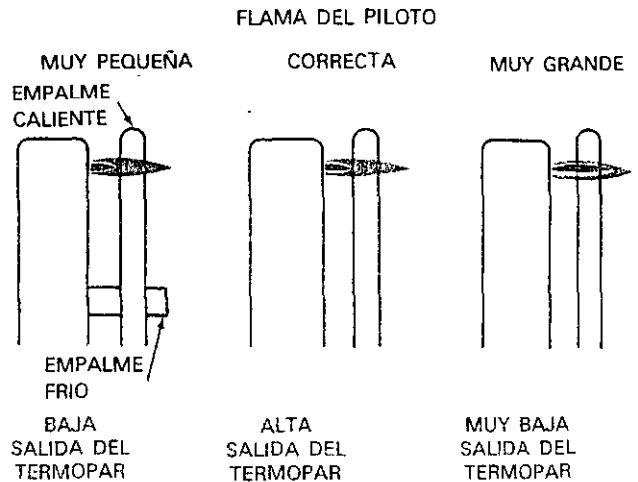
**G6. Termopar quemado:** El piloto es un quemador pequeño de gas que hace que una flama choque con un termopar, el cual está fabricado con dos metales distintos, en general hierro y constantan, unidos en la punta. La funda de hierro del par se suelda al collarín de montaje de latón. La punta del par es el empalme caliente y el collarín de montaje el empalme frío. Es la diferencia de temperaturas entre esos dos puntos lo que genera el voltaje de salida del termopar. El voltaje de salida pasa por el conductor y las terminales de conexión, y llega a una bobina magnética en el dispositivo de seguridad del piloto para la válvula de gas, relevador, u otro control de piloto que mantiene abierta la válvula, mantiene cerrados los contactos, o hace lo que esté diseñado para mantener el flujo de gas bajo el control del termostato. Mientras más calor se genere en la punta del par, en comparación con la temperatura del cuerpo, mayor será el voltaje de salida.

En la figura A15-2 se muestran tres tamaños de flama de piloto. En la parte izquierda la flama del piloto es demasiado pequeña para calentar lo suficiente al termopar. La figura del centro muestra el tamaño adecuado de flama, en el que la punta del cono de combustión toca al termopar. Esto da la mayor intensidad de calor y la máxima salida de voltaje. La figura de la derecha muestra un caso típico de flama grande. En realidad la punta del termopar está en el cono de gas frío sin quemar y el voltaje de salida del termopar es muy bajo. Este caso es el que predomina más, porque mucha gente cree que mientras mayor sea la flama, mayor será el voltaje.

Antes de ajustar cualquier cosa, compruebe el tamaño de la flama para estar seguro que la punta toque apenas al termopar. Con esa posición de la flama, mida el voltaje de

salida del mismo. Con un ajuste real del tamaño de flama para obtener el voltaje máximo de salida se asegurará el mejor funcionamiento. El termopar promedio debe producir hasta 35 mV. Si la salida máxima del termopar es menor que 20 mV, se debe desechar y sustituirlo por uno nuevo. Sin embargo, mida también la salida del nuevo, porque también podría estar averiado. Nunca confíe en una parte aunque sea nueva; *revísela*.

**G7. Está quemado el orificio del piloto:** En los casos en que la flama del piloto sea pequeña o errática, revise el orificio del piloto para ver si está tapado. Algunos orificios para piloto de gas natural tienen dos agujeros para obtener la repartición deseada de la inyección de gas de acuerdo con



**FIGURA A15-2** Tamaño de la flama del piloto.

el tipo de piloto que usan. Esto origina una flama amplia y suave que consigue un impacto máximo con el par, al igual que una ignición adecuada del quemador. A veces, uno de esos agujeros se tapa y por lo tanto se tiene media flama. En general se presentará una situación de apagamiento del piloto, pero a veces sólo de ignición demorada del quemador principal. En ambos casos, cambie el orificio por otro de igual diámetro de agujero. *Nunca trate de perforar un orificio; el diámetro del orificio es crítico y no vale la pena el tiempo que se invierta.* En los pilotos de un orificio el resultado de un taponamiento es el apagamiento total de la flama de gas. En esos casos se da uno cuenta con más facilidad *Cambie el orificio.*

**G8. Está quemado el piloto de seguridad:** Aun cuando el termopar sea capaz de dar los milivolts deseados, eso no quiere decir que el piloto de seguridad mantenga abierta la válvula de gas, al termostato del piloto, al relevador, o a lo que esté conectado. Para revisar el poder de detención de la bobina electromagnética de la unidad de poder, se usa la escala de miliamperes del multímetro. Con la batería del medidor como fuente de corriente, se pone el medidor a los miliamperes máximos por la unidad de poder. Se restablece el termostato del piloto y debe mantener la posición de operación. Los miliamperes que pasan por la unidad de poder se van reduciendo hasta que suelte la unidad. Este valor de desacoplamiento no debe ser menor que 150 mA para una unidad promedio. Algunas unidades especiales tienen distintas especificaciones y se deben seguir las instrucciones del fabricante. Recuerde que es un dispositivo eléctrico y que la conexión entre el termopar y la unidad de poder es eléctrica.

La figura A15-3 muestra dos unidades de poder, ambas con el extremo del termopar en la parte superior. Si esa conexión tiene corrosión o polvo en las superficies de contacto, los miliamperes que pasan a la unidad de poder podrían ser menores a los límites de funcionamiento, a causa de la resistencia eléctrica creada por los materiales extraños en las superficies. Antes de medir la salida de los

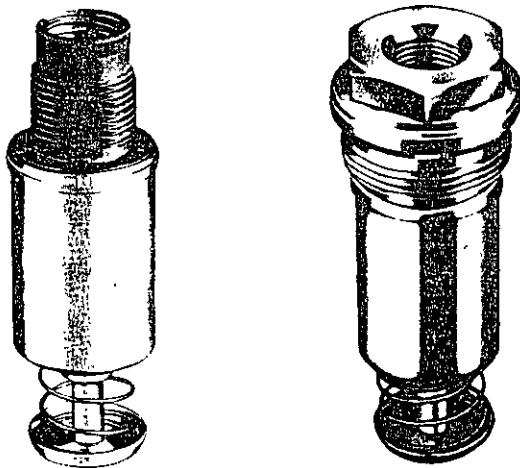


FIGURA A15-3 Unidades de poder (Cortesía de Honeywell, Inc.)

termopares, o el poder de sujeción de las unidades de poder, use una lija de agua para limpiar tanto la punta macho del termopar como el receptáculo hembra de la unidad de poder.

**G9. Corrientes en el piloto:** El conjunto del piloto se ubica en una posición tal que el flujo de aire normal para la combustión a través del intercambiador de calor no ocasiona oscilación ni desprendimiento de flama del termopar, que ocasione un paro. Sin embargo, alguna corriente inusualmente grande de aire podría tener esa acción.

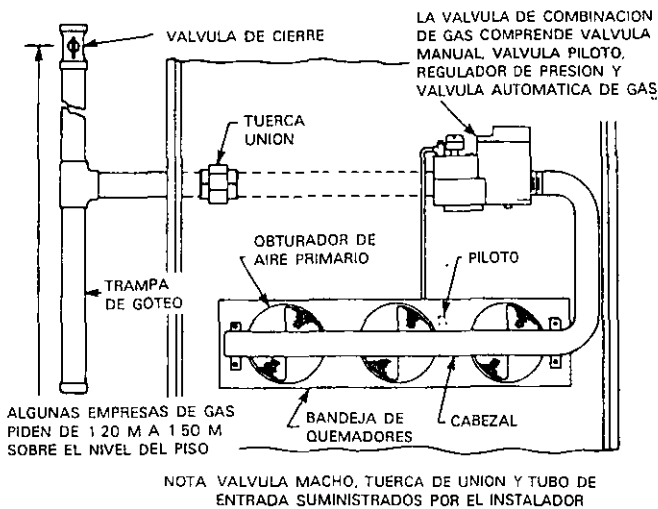
El viento es muy común en las unidades de paquete montadas en el techo, en las unidades de calefacción ubicadas en closets que dan hacia una puerta exterior, o en unidades conectadas a ventilaciones con succión muy grande. Cualquier cosa que ocasione un gran flujo de aire por el cambiador de calor puede provocar que se apague la flama.

Antes de rediseñar la unidad para tratar de cambiar el conjunto del piloto, elimine la fuente de gran movimiento de aire: alguna mampara frente a la unidad en el techo, una placa frente al piloto en la unidad que está en el vestíbulo trasero, un regulador de tiro en una ventilación muy intensa. Los casos son muchos y diversos. Cada uno necesita de una solución distinta para controlar el flujo de aire sobre el piloto.

**G10. La válvula del gas está atorada, abierta o cerrada:** Prácticamente todos los fabricantes de unidades con fuego de gas usan válvulas de control de gas hechas de varios componentes. Se pueden remplazar los dispositivos de seguridad de piloto, controladores, reguladores y válvula principales. Todos ellos son parte del conjunto al fijarlos al cuerpo del piloto. Ninguno de ellos es reparable; se diseñan para remplazarse.

Si el cuerpo principal de la válvula no trabaja porque se han tapado las venas de flujo, el dispositivo principal de cierre está roto o se atora, o por cualquier otro motivo, *cambie el conjunto por uno nuevo.* No trate de reparar en el campo. Es demasiado grande la posibilidad de responsabilidad en caso de daños a la unidad o a sus alrededores en consecuencia de una mala reparación, para que la asuma el técnico de servicio.

**G11. Se demora la abertura de la válvula:** Esto no era problema en las antiguas válvulas tipo solenoide que abrían y cerraban con acción instantánea. Las válvulas recientes usan presión diferencial a través de un diafragma, y abren con lentitud. Sin embargo, la acción de abertura es lo suficientemente rápida como para obtener buenas características de ignición. A veces puede entrar agua a una válvula que puede causar corrosión de los pasajes de control y venas de sangría, al igual que se puede depositar en el diafragma principal de la válvula. La ignición puede demorar hasta el punto de tener una pequeña explosión y alejamiento (enrollamiento) de la flama del quemador principal. Esto puede provocar que se apague el piloto, el encendido del combustible en el quemador principal, o fuego en el compartimiento de control. Se debe quitar la válvula y revisar las conexiones de tuberías para ver si hay agua. Si la hay, cambie la válvula. También sopletee todos los tubos de



**FIGURA A15-4** Arreglo de tubería. (Cortesía de Addison Products Company)

suministro. Para evitar más problemas, se debe instalar una trampa de escurrimiento en el tubo de suministro inmediatamente antes de la unidad.

La figura A15-4 muestra el arreglo de tuberías a una unidad con ignición de gas. Nótese la pierna o trampa de escurrimiento al lado izquierdo de la unidad. Esta pierna atrapa las partículas y el agua en el suministro de combustible antes que entren a la válvula de control.

**G12. Mal cierre de válvula:** Si la válvula no cierra por completo a causa de partículas en su asiento, es posible que se encienda la flama en el quemador principal, y también en el compartimiento de control de la unidad. Cuando la válvula cierra, la flama se apagará en los quemadores. Si existe una fuga de gas a través de la válvula, éste continuará pasando lentamente, saliendo del orificio y pasando al quemador. Se formará una acumulación de gas en el quemador, a la que puede llegar la flama del piloto. Se encenderá entonces el gas a la salida del orificio y continuará ardiendo. Cuando abra la válvula en el siguiente ciclo de demanda, el aumento de flujo de gas impulsará la flama hacia los quemadores principales, alejándola de las aberturas de aire primario.

Siempre que se encuentre esta situación anormal de flama, cierre la válvula de gas y, con un espejito, vea las salidas de los orificios del quemador principal. En general, se verán flamas pequeñas. Esto se debe a que la válvula de gas no cierra por completo porque hay partículas sólidas en el asiento de la válvula. En general, el remedio a este problema es desarmar la válvula y limpiar el asiento y el diafragma. Al mismo tiempo, vea si hay roturas o grietas en el asiento o en el diafragma. Si las encuentra, se necesita una válvula nueva.

**G13. Escapes en la válvula:** Esto se puede confundir con facilidad con G10 o G12. Las válvulas que escapan pueden tener el diafragma mal (diafragma de control roto) o fugas externas (empaquetaduras rotas). La causa más común de

roturas por deformación es la prueba de presión. En algunos lugares el tubo de suministro de gas se debe probar a presiones hasta de 50 psig y conservar la presión durante ciertos períodos. Durante estas pruebas se debe cerrar la válvula principal de cierre al controlador de gas.

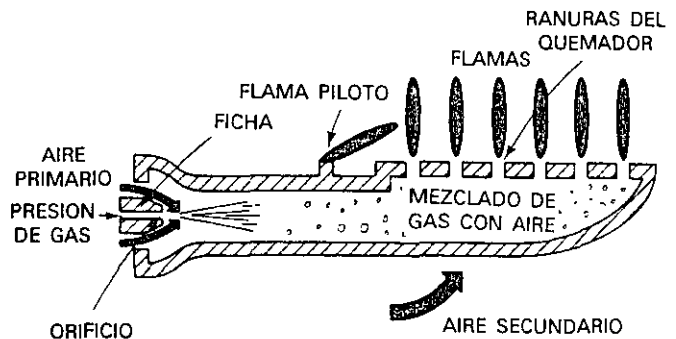
La válvula está diseñada para una presión máxima de entrada de 2 psig. Si se sujeta a altas presiones de prueba se puede agujerar el diafragma. No sólo no cerrará la válvula entonces, sino que la unidad trabajará a toda la presión de la tubería. Se pueden originar fuertes incendios.

Las fugas hacia el exterior se originan por la falta de cuidado por parte del instalador. Cuando se usa llave Stillson sujeta al cuerpo de la válvula al instalar la tubería de la entrada se puede torcer el cuerpo de la válvula, con lo cual se causan escapes o fugas en la empaquetadura. Los cuerpos de válvula tienen apoyos de llave en sus extremos. *Estos apoyos se deben usar.*

**G14. Ajuste inadecuado del quemador:** Un quemador con ajuste correcto tendrá un 40% del aire de combustión mezclándose con el 100% del aire en el quemador, y el 60% mezclándose con la flama sobre el quemador para completar el proceso de combustión. La figura A15-5 muestra un arreglo típico de quemador. Vemos aquí el gas que sale del orificio y a medida que se expande choca en el lugar correcto de la garganta del venturi del quemador. Con ello se produce un jalón máximo de aire primario al quemador. El ajuste correcto del quemador para tener la flama correcta quiere decir tener una abertura mínima en el control de aire primario.

La figura A15-6 muestra el tamaño de la abertura en un control ordinario tipo mariposa para aire. Cuando el quemador y el orificio están alineados en forma correcta y el quemador trabaja bien, una pequeña abertura en el control del aire primario producirá una flama azul suave, con puntas ligeramente amarillas que da la mayor eficiencia general de la unidad.

Una flama toda de azul intenso, es la que recibe demasiado aire primario. Esto quiere decir que hay menos calor radiante en la parte inferior del cambiador de calor. También, el exceso de aire impulsa los productos de combustión y los aleja del cambiador de calor antes que transcurra el tiempo suficiente para permitir una buena transferencia de calor de los gases de combustión al cambiador de calor.



**FIGURA A15-5** Mezclado de gas con aire.



**FIGURA A15-6** Tamaño de abertura del control de aire primario

Aumenta la temperatura de los gases de combustión y baja la eficiencia de la unidad. Si se reduce demasiado el aire primario, se producen puntas de un amarillo intenso debido a carbón mal quemado. En este caso las temperaturas son mucho menores y no se produce calor. Por lo tanto, baja la eficiencia de la unidad. El carbón se puede salir de la flama y acumular en el cambiador de calor, originando depósitos de hollín y taponamientos de los conductos de gases. El primer paso para aumentar la eficiencia de la unidad es ajustar en forma correcta la cantidad de aire primario.

El ajuste incorrecto del obturador o persiana de aire primario también puede contribuir a que se apague el piloto, porque se produce un regreso de flama, conocido como *apagamiento por explosión*. Para comprenderlo necesitamos describir la acción de la flama de un quemador.

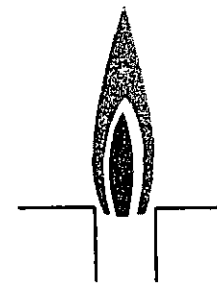
Cuando el quemador está trabajando, la mezcla de gas y aire pasa hacia arriba por la abertura del quemador a determinada velocidad. Esta velocidad del gas al quemador la determina el diseñador. Depende del tipo de gas que se quema. El gas natural se quema con más lentitud que el propano o el butano, y por lo tanto el quemador de gas natural tiene aberturas o ranuras de distinto tamaño a las de gases LP.

Cuando pasa la mezcla gas-aire por la ranura del quemador y se enciende, la ignición trata de pasar por la ranura. La velocidad de la mezcla gas-aire lo impide equilibrando las dos tendencias. Sin embargo, si la velocidad de quemado aumentara debido al cierre del suministro de gas, la flama puede acercarse al quemador. En este punto, el cuerpo del quemador puede absorber el calor de la flama, al bajar la temperatura de la mezcla gas-aire a un nivel menor que el punto de combustión y se extingue la flama. El truco consiste en bajar la flama al quemador para extinguirla tan rápido como sea posible, para que no haya fuego que tenga oportunidad de regresarse por la ranura del quemador y encender la mezcla en el interior de éste. Esta ignición es lo que produce la explosión o golpe de apagamiento.

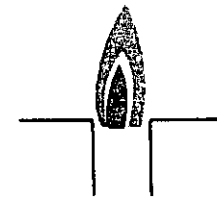
La figura A15-7 muestra lo que sucede a la flama de gas después que cierra la válvula. Al momento del cierre la mezcla de gas-aire dentro del quemador está a una presión negativa (inferior a la atmosférica). En pleno funcionamiento se tiene un cono completo y una cola completa en la flama. Inmediatamente después que cierra la válvula de gas, la presión del quemador se viene abajo. El esquema superior

muestra una flama completa con su cono y su cola completas. En el siguiente esquema se ve el colapso parcial, cuando la flama comienza a caer. El tercer esquema muestra el colapso total de la flama, que baja por el quemador. El cuarto esquema muestra el momento de la extinción. La flama trata de pasar por la ranura del quemador. El quemador absorbe calor de la misma y la extingue.

Si la velocidad de quemado del gas es demasiado alta debido a que hay demasiado aire primario, la flama no se extingue tan rápidamente como debería. No tenemos la suficiente presión negativa en el quemador para provocar el colapso rápido. La flama se introduce por la ranura del quemador, originando la explosión o golpe de extinción. Esta explosión puede originar una onda de presión sobre el



FLAMA COMPLETA



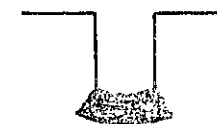
COLAPSO PARCIAL DE LA FLAMA



COLAPSO TOTAL DE LA FLAMA

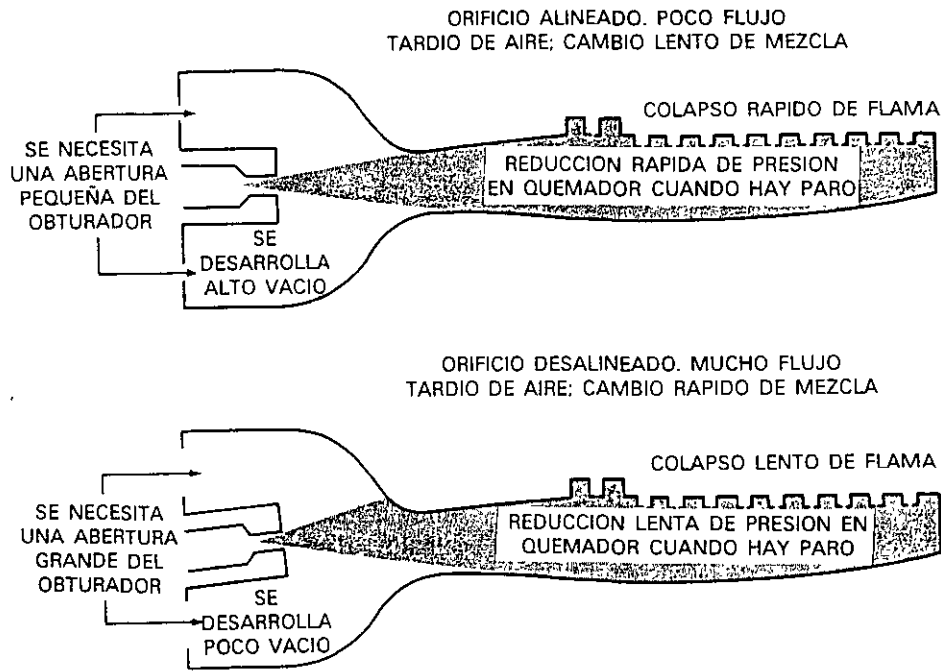


EXTINCION



PATEO O REGRESO DE LA FLAMA

**FIGURA A15-7** Acción de la flama



**FIGURA A15-8** Efecto del alineamiento del quemador.

piloto que lo apague. Un quemador con ajuste correcto aminora mucho las posibilidades de apagamiento del piloto.

**G15. Mal alineamiento del quemador:** A veces no es posible obtener buenas características de flama a menos que el obturador de aire se abra prácticamente por completo. Esto nos dice que la posición del orificio del quemador es tal que el venturi no está trabajando bien. La figura A15-8 muestra la diferencia de acciones entre un orificio con alineación correcta y uno mal alineado. El esquema superior muestra el orificio con alineación correcta con una forma redondeada en el impacto del gas con la garganta del venturi del quemador. Esta acción de succión intensa requiere un mínimo de abertura del obturador de aire, y un vacío correcto de operación dentro del quemador. El esquema inferior muestra un orificio que se ha girado fuera de alineamiento. El patrón de contacto es elíptico, y la mayor parte de él sale de la garganta del venturi. Debido a la poca succión, se puede tolerar muy poca resistencia al flujo de aire que entra al quemador, y se necesita abrir por completo el obturador. A resultas de ello se tiene una acción pobre de corte o apagado del quemador, y esta unidad tiene apagamientos frecuentes del piloto.

Una causa común de mal alineamiento es apretar un tramo de tubo en la válvula de gas sin contar con una llave de sujeción en el cuerpo de la misma. El conjunto del múltiple de control toma toda la deformación que pueda dar el soporte de montaje. Sólo se necesita un torcimiento de 10° para afectar el funcionamiento del quemador. Use dos llaves cuando instale la tubería de suministro.

**G16. Alineamiento inadecuado del orificio:** A veces sólo un quemador del conjunto presentará regresos de flama

o problemas de golpe de extinción. Cuando esto sucede, el problema consiste en general en que uno de los orificios está fuera de alineamiento. Esto se puede deber a que el orificio está perforado en ángulo, o que el múltiple se ha perforado y machuelado fuera de alineamiento con los demás orificios. Si se nota cualquier cambio en el comportamiento de la flama, se debe cambiar el orificio. Si no, hay que revisar el múltiple para ver si está alineado el orificio.

El modo más fácil de comprobar el alineamiento del orificio es quitar el cabezal o múltiple de la unidad, y así como todos los orificios. Introduzca niples de tubo, cuando menos de 6" de longitud, en los agujeros del orificio. Al estar los niples en su lugar, deben quedar alineados. Cualquier niple que esté desalineado indica que hay problema de perforación. *No trate de volver a barrenar; se tendrán fugas de gas* Consiga un cabezal nuevo con el fabricante.

Otra fuente de mal funcionamiento del orificio es tratar de reducir el consumo de la unidad de calefacción reduciendo el diámetro del orificio. Cuando se quiere reducir el consumo, se acostumbra en el campo aplastar el orificio golpeándolo con un martillo de bola, y volver a barrenarlo con el nuevo tamaño.

La figura A15-9 muestra el efecto de la reducción de la longitud del zanco (es la longitud del agujero real que determina el ángulo de aspersión del gas) cuando el orificio se aplasta y se vuelve a perforar. Cuando se reduce la entrada de una unidad, por ejemplo, para reducción de capacidad a gran altitud, use orificios barrenados en forma correcta, o comience con orificios piloto si los quiere perforar usted mismo. También, use un taladro de pedestal y no uno portátil o de mano. Nadie puede taladrar con una



## EFFECTO DE LA LONGITUD DE ZANCO

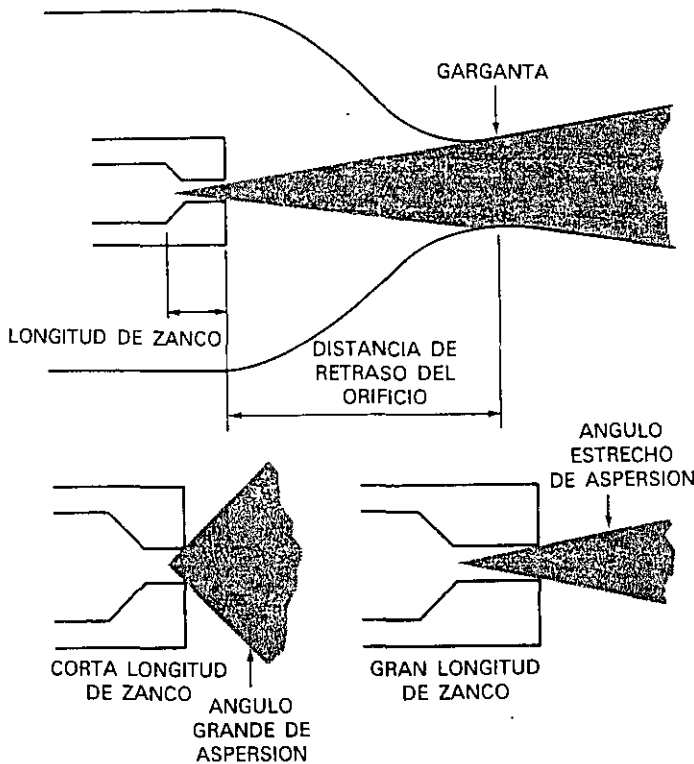


FIGURA A15-9 Efecto de barrenar orificios.

diferencia de ángulo menor que  $5^\circ$  que es la que se requiere para un funcionamiento correcto.

**G17. Tamaño inadecuado de ranuras o agujeros:** A veces se presentan problemas de desprendimiento o regreso de flama cuando las unidades se convierten para emplearlas con otro combustible. Prácticamente todas las unidades que usan quemadores de cinta y ranurados están diseñadas para un tamaño promedio de abertura para poder usar tanto gas natural como gases LP. Las unidades antiguas, así como las de alto consumo tienen quemadores de hierro colado o de acero con agujeros barrenados para un gas específico. Las unidades de gas natural se perforaban con una broca N° 30, y las de gas LP con una N° 32. Cuando una unidad de gas LP se convertía a gas natural, el diámetro menor de los agujeros tendía a dar una flama ruidosa y que se levantaba. Sin embargo, cuando una unidad con gas natural se convertía para gas LP, éste, que se quema con mayor rapidez, en combinación con la mayor abertura del quemador producía más casos de golpe de extinción y de apagamiento de piloto. Se debe consultar al fabricante de la unidad antes de hacer conversiones para estar seguro que el quemador está diseñado para manejar el combustible propuesto.

**G18. Obstrucción en el cambiador de calor:** El apagamiento del piloto, el enrollamiento de la flama, la ignición demorada y un olor en la zona que rodea la unidad, todo ello puede originarse por el hecho que el cambiador de calor no

pueda pasar los productos de la combustión con suficiente rapidez. Esto sería más notable en la ignición, cuando se tiene una gran cantidad de encendido. El punto neutro arriba del fuego es a la mitad de la puerta de combustible en las unidades de conversión, y de 3 a 5 pulgadas sobre la abertura de la bolsa del quemador en las unidades diseñadas para trabajo.

Si hay un flujo de productos de combustión hacia afuera desde la parte superior de la abertura de la bolsa del quemador, o enrollamiento y salida de flama, podría deberse a una obstrucción en el cambiador de calor. Es posible que haya depósitos de hollín en los pasajes de los gases de combustión, que los restrictores se hayan movido, o que las succiones del cambiador se hayan torcido y cerrado. Prácticamente todas esas causas son consecuencia de hacer trabajar demasiado la unidad durante largos períodos.

Cuando se haya encontrado y corregido la falla, se debe ajustar la unidad a una entrada adecuada. La tolerancia de entrada es el consumo de diseño más 10%. Cualquier sobrealimentación sólo tendrá como consecuencia la falla temprana de la unidad. Para ajustarla en forma correcta, consulte la sección A14-2.1.

**G19. Suministro inadecuado de aire de combustión:** Se necesita un exceso de aire para tener una combustión correcta aún cuando haya cambios de presión de gas, contenido calorífico de éste, o cambios en la presión barométrica. También cambia las condiciones de tiro con la presión barométrica y el viento.

Cuando una unidad tiene insuficiente aire de combustión, éste tiende a moverse con lentitud y de forma errática, y hasta puede remolinear en la orilla del quemador y salir por la abertura de la bolsa de éste. La flama busca aire. La figura A15-10 muestra el efecto de tener aire secundario insuficiente, que origina una flama flotante.

Para asegurarse que haya un buen suministro de aire de combustión a la unidad, se deben seguir los lineamientos del National Fuel Gas Code (ANSI-2223.1) que publica la

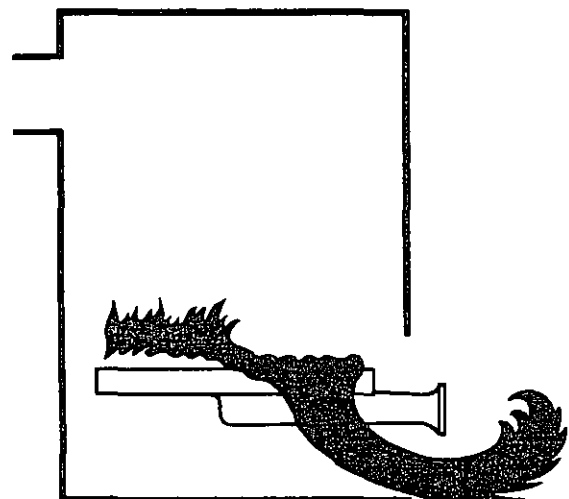


FIGURA A15-10 Flama flotante por aire secundario insuficiente. (Cortesía de American Gas Association.)

American Gas Association y la National Fire Protection Association. La sección A5-3 describe el método de suministro de aire de combustión bajo todas las condiciones de ubicación del equipo.

**G20. Entrada inadecuada:** Una unidad con combustión de gas está diseñada para quemar de modo eficiente determinada cantidad de combustible. La relación del tamaño del orificio, al igual que las relaciones de quemador, intercambiador de calor y restrictor, están diseñadas todas para manejar una determinada cantidad de combustible y aire con objeto de producir la cantidad correcta de productos de combustión para que los pueda manejar el cambiador de calor. Esto quiere decir que la entrada volumétrica de gas tiene que estar dentro de los límites de diseño. Estos límites son para la entrada nominal menos 10%. Todas las unidades están especificadas a lo máximo que puede manejar con eficiencia y con la vida esperada de la unidad. Además, los controles, el ventilador y el limitador, montados sobre la abertura de la bolsa del quemador, dependen del calor radiante proveniente del cambiador de calor para poder trabajar. La superficie del cambiador de calor debe elevar su temperatura lo bastante para hacer que cierre el control del ventilador sin calentarse tanto que accione el control limitador.

Si la unidad tiene poca alimentación de combustible el cambiador de calor no alcanza la suficiente temperatura para hacer cerrar el interruptor del ventilador, y se sobrecalentará mucho la cámara plena sobre la unidad. El resultado puede ser una operación muy errática, como por ejemplo con ciclos cortos de encender y apagar el ventilador.

Si la unidad se sobrealimenta de combustible, aunque esté encendido el ventilador, el control limitador puede accionar haciendo que la válvula de gas abra y cierre. Cuando se tiene acción errática del control, el primer paso es comprobar y asegurarse que la entrada de gas a la unidad sea la correcta. Para revisar y ajustar esta entrada, consulte la sección A14-2.1.

**G21. Ajuste de los pies<sup>3</sup> del soplador:** El ajuste correcto del aire que pasa por la unidad ocasionará un aumento de temperatura del aire entre el retorno y el suministro de 80°F. Para conocer el método correcto de ajustar los pies<sup>3</sup>/min a través de la unidad, consulte la sección A14-2

**G22. Ajustes del control del ventilador:** Casi todas las unidades que queman gas trabajan mejor con ajustes en el control del ventilador de 125 a 130°F con el ventilador encendido y 100 a 105°F con el ventilador apagado. En instalaciones con tramos muy largos de ducto, el ocupante puede encontrar movimiento de aire frío de ductos cuando se pone a trabajar el ventilador por primera vez. Si lo anterior es molesto, se puede contrarrestar en forma parcial aumentando la temperatura con ventilador trabajando entre 145 y 150°F. La temperatura con ventilador apagado debe permanecer igual, de 100 a 105 °F. Si con ello no se termina el problema, se debe instalar un mínimo de 1 pulgada de aislamiento en el ducto de suministro. Con ello

se ayudará a mantener más alta la temperatura del aire y reducir al mínimo el efecto del aire frío.

**G23. Filtros de aire sucios:** Los filtros sucios de aire pueden ocasionar operación más errática y desperdicio de combustible que cualquier otro factor. No espere hasta que el filtro esté tan recubierto que parezca alfombra. Si no puede ver a través de él, cámbielo. El filtro desechable es justamente eso; cuando esté sucio deséchelo y ponga uno nuevo. Los filtros de aire se deben cambiar al principio de la estación de operación: en el otoño en los sistemas de calefacción y en el otoño y primavera en los sistemas de calefacción y aire acondicionado que trabajen todo el año. Si en la casa hay perros y gatos, se debe revisar el filtro cuando menos una vez al mes, y cambiarlo cuando sea necesario.

Los filtros sucios reducen los pies<sup>3</sup>/min de aire que pasa por el cambiador de calor, elevando la temperatura de operación y reduciendo la eficiencia. Cuando los síntomas sean de encendido y apagado de la unidad y haya poco calor, o las cuentas de combustible sean altas y no haya mucho calor, lo primero que se debe revisar es el estado de los filtros de aire.

**G24. Obstrucciones en el suministro de aire:** Se pueden originar cuentas elevadas de combustible y un funcionamiento errático debido a grandes aumentos de temperatura (falta de aire en la unidad) aún cuando los filtros de aire estén limpios. La gente cree que si se cierra el aire de recirculación, o el de suministro a los recintos que no se usan, se puede ahorrar. La unidad debe tener flujo suficiente de aire para disipar el calor del cambiador a la rapidez de diseño. En estos casos es necesario que el usuario conozca los resultados negativos de cerrar las salidas de suministro y retorno.

**G25. Olor a polvo en la puesta en marcha en el otoño:** Una causa normal de quejas de olores al inicio de la estación en que se usa la calefacción es el quemado del polvo que se ha acumulado en el cambiador de calor durante los meses de verano. Si la unidad tiene un interruptor de ventilador para verano y se usa, se puede originar ese problema. El olor es temporal y en general dura uno o dos ciclos de la unidad.

Otro tipo de olor se percibe en la puesta en marcha de una unidad nueva. Todos los intercambiadores de calor de la unidad están tratados para evitar la corrosión durante el almacenamiento, mediante una capa de aceite o hasta de pintura. En el encendido inicial saldrá un humo ligero de las superficies de intercambio. La unidad se debe probar con fuego después de la instalación, teniendo bien ventilados los recintos. En general este olor a humo desaparece en dos o tres ciclos de la unidad.

**G26. Ventilación inadecuada:** Como se dijo en el capítulo A14, la combustión de gas en aire produce una mezcla de nitrógeno, agua y dióxido de carbono que sale del cambiador de calor. La combustión de 1 pie<sup>3</sup> de gas natural con 10 pies<sup>3</sup> de aire producen 11 pies<sup>3</sup> de gases de combustión, con 1 pie<sup>3</sup> de dióxido de carbono, 2 pies<sup>3</sup> de vapor de agua

y 7 pies<sup>3</sup> de nitrógeno. Este último no tuvo que ver con el proceso de combustión, excepto usar algo del calor producido en él para calentarse desde la temperatura ambiente hasta la final de los gases. Para asegurar una combustión completa también se agrega del 10 al 50% de exceso de aire al proceso. Todo esto se tiene que retirar del cambiador de calor. A este proceso de eliminación se le llama *ventilación* o *venteo*.

Hay dos tipos de ventilación: *de poder*, que ahora se llama *activa*, y atmosférica o *por gravedad*, que ahora se llama *pasiva*. La ventilación de poder emplea un dispositivo mecánico como por ejemplo sopladores motorizados ya sea para succionar los productos de combustión del cambiador de calor, o para impulsar al aire de combustión hacia el cambiador. El tipo más usado es el de succión, o inducido, en el que el ventilador se monta en la salida de los gases y crea la presión negativa en la salida del cambiador de calor para obtener la eficiencia de combustión deseada. Como la diferencia de presión la crea energía mecánica, el viento y/o las condiciones atmosféricas tienen poco efecto en la eficiencia de ventilación. En la ventilación por gravedad, atmosférica o pasiva, los gases calientes de combustión pasan del cambiador de calor a una chimenea. La fuerza de impulsión en este caso se obtiene porque los gases calientes tienden a subir a través del aire más frío. La intensidad de la fuerza dependerá de la temperatura de los gases calientes y de la altura de la chimenea. Mientras más calientes estén los gases y/o mientras más alta sea la chimenea, mayor será la fuerza de impulsión, o jalón que se desarrolle. Es natural que mientras mayor sea el jalón en la salida del cambiador de calor, más aire secundario se succionará a través del cambiador.

El flujo de aire hacia, y de los productos de combustión del cambiador de calor debe ser razonablemente cercano a las cantidades para las que se diseñó la unidad. Se debe succionar el aire suficiente para dar una combustión completa y ventilación de los productos. Sin embargo, si se succiona demasiado aire del cambiador de calor antes de haber tenido tiempo de extraer el calor, se tendrán mayores temperaturas en los gases y se reducirá la eficiencia de la unidad.

Si la chimenea se conectara directamente a la salida, la cantidad de aire succionada hacia el cambiador de calor variaría con el jalón de la chimenea, el efecto del viento sobre la chimenea, la temperatura ambiente exterior, etc. Sería imposible controlar la rapidez de ventilación del cambiador de calor. Además, bajo ciertas condiciones de la atmósfera exterior podría suceder que hubiera mayor presión a la salida de la chimenea que la que puede superar el proceso de combustión. Esto puede tener como consecuencia mala combustión y CO entre los productos de combustión, además del CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

Para compensar el efecto de las condiciones atmosféricas, todas las unidades usan una salida en el sistema de ventilación que se llama *diversor de tiro* o *caperuza de tiro*. La figura A15-11 muestra cuatro diversores típicos de diversores de tiro. Consisten en una salida de gases de la unidad de calefacción, una abertura de entrada a la chimenea y una abertura de alivio hacia la atmósfera.

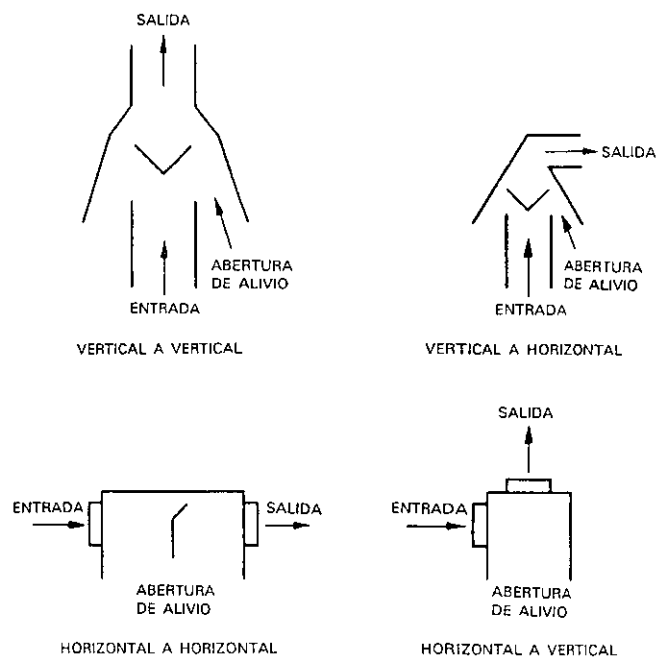


FIGURA A15-11 Algunas caperuzas para aparatos con gas (Cortesía de American Gas Association)

La figura A15-12 muestra el funcionamiento de una caperuza de tiro bajo condiciones de calma, de tiro ascendente y de tiro descendente. La cantidad de productos de combustión (1), el aire de dilución que entra en la abertura de alivio (2) y la cantidad de gases están representadas por la longitud de las flechas. Cuando la ventilación es normal se succiona algo de aire al diversor de tiro debido al jalón de ventilación por gravedad. La mezcla de productos de combustión y de aire ambiente, llamado *aire de dilución* que corre hacia arriba de la chimenea se llama *gas de ventilación*. La acción del diversor de tiro es romper el efecto de la ventilación introduciendo aire ambiente y neutralizando el jalón a la salida de los gases. Entonces el cambiador de calor trabaja a una presión más o menos igual

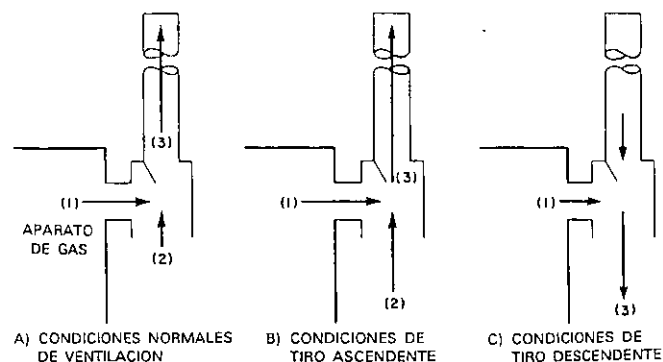


FIGURA A15-12 Funcionamiento de un diversor de tiro bajo varias condiciones de viento (Cortesía de American Gas Association)

desde la bolsa del quemador hasta la salida de gases. La cantidad de aire para combustión se controla entonces mediante los restrictores de tiro.

Si las condiciones que rodean la chimenea aumentan el jalón de ella sobre los gases, pasa más aire a la caperuza de tiro para compensar el mayor jalón. Hay poco efecto sobre la eficiencia del cambiador de calor.

Cuando las condiciones son tales que el jalón de la chimenea disminuye o hasta se invierte y crea un tiro descendente, todos los gases de combustión pasan a la zona vecina. Además, la mayor presión en la salida de los gases reduce el flujo a través del cambiador de calor. Esto puede originar combustión incompleta y producir olores que arrastran los gases y la humedad producidos en el proceso de combustión. Aun cuando no haya producción de olores, el gran contenido de humedad que se produce en el proceso de combustión se puede acumular en los recintos ocupados y crear condiciones adversas de bienestar, o posiblemente daños estructurales.

Para comprobar el funcionamiento adecuado del sistema de venteo, use una vela colocada bajo la orilla inferior de la abertura del diversor. Estando trabajando la unidad y a la temperatura de operación, la flama de la vela debe dirigirse hacia la abertura del diversor. Si la flama es neutra, el tiro es débil. Es posible que la chimenea no sea lo suficientemente alta o del diámetro suficiente. Si la flama de la vela se dirige hacia afuera, es seguro que existe un problema de tiro que hay que corregir. Si no se puede alargar la chimenea o aumentar su diámetro, se debe instalar una unidad de tiro forzado para resolver el problema.

**G27. Cambiador de calor roto:** Todas las unidades de calefacción se deben diseñar con el cambiador de calor en el lado de presión positiva del soplador de circulación. Es un requisito de seguridad para evitar succionar productos de combustión hacia el aire de circulación en caso de falla del cambiador de calor. En caso que se forme una abertura en un cambiador de calor, el primer síntoma es la perturbación del patrón de flama cuando se pone en marcha el soplador.

El aire será impulsado a pasar a través de la abertura del cambiador de calor y habrá mayor presión sobre el fuego, entre el quemador y los restrictores de tiro. Este aumento de presión originará una reducción del aire de combustión, y que varíen las condiciones de combustión. Los productos de combustión pueden ser carbón libre y un mayor porcentaje de CO en los gases. La perturbación puede ser lo suficientemente grande como para hacer que la flama flote y se regrese, o golpee hacia atrás. El remedio a este problema es remplazar el cambiador de calor.

La causa del problema puede ser mayor intensidad de quemado o una atmósfera corrosiva (G28). El incrementar el quemado hasta el punto que la flama toque la superficie del cambiador de calor originará altas temperaturas en los lugares de contacto. Estos lugares de alta temperatura se agrietan a causa del calentamiento y enfriamiento cíclico de la unidad. Si el calentamiento es más intenso, hará que el metal se distorsione y se abran grietas. Asegúrese que el consumo o entrada sean correctos (G20).

**G28. Atmósfera corrosiva:** La causa más común de falla del cambiador de calor es la oxidación debida al contenido de compuestos de cloro y flúor en los productos de combustión. Cuando la unidad se enciende, las superficies del cambiador de calor están frías. La humedad producida por el proceso de combustión se condensa en las superficies del cambiador de calor, desviador de tiro y chimenea. El agua se evapora tan pronto las superficies alcanzan o pasan de los 212 °F (100 °C). Las superficies primarias del cambiador se secan primero, y luego las secundarias después del cambiador, a continuación las del diversor de tiro y finalmente las de la chimenea.

Si hay algún compuesto químico en la atmósfera que introduzca cloro o flúor al proceso de combustión, la sustancia se combinará con el agua producida y formará ácido clorhídrico o fluorhídrico. Estos ácidos atacan los metales mientras haya humedad. Como la humedad permanece más tiempo en ella cada ciclo, la chimenea es la que se deteriora primero, a continuación el desviador de tiro, y por último las secciones de salida del cambiador de calor.

En aplicaciones industriales donde existen solventes, aceite u otros hidrocarburos clorados o fluorados en la atmósfera, los cambiadores de calor tienen una vida promedio de 3 años. En las residencias donde se usan aerosoles para el cabello, la vida es de 7 a 10 años. Si la unidad está en un cuarto de utilería con una lavadora automática, el cloro que procede del jabón o del blanqueador acorta la vida del cambiador a 5 o 7 años.

En general, es necesario sacar la unidad a una atmósfera más limpia, posiblemente fuera o en un cuarto cerrado, y llevarle el aire de combustión desde el exterior de la construcción. Asegúrese de cumplir con la sección 5.3.3 del Código Nacional de Gas Combustible (Estados Unidos)

**G29. Rotor del soplador desbalanceado o desalineado:** El rotor, impulsor o rodete del soplador se balancea y se alinea antes de instalarlo en la unidad original. Sin embargo, algunos daños durante el embarque, como pueden ser el dejar caer la unidad desde la plataforma de un camión, pueden hacer que el rotor golpee con la carcasa y se deforme. En ese caso no girará bien y ocasionará demasiada vibración. El único remedio es cambiarlo. El modo de evitar este daño es un manejo cuidadoso de la unidad.

Se puede desarrollar vibración en la unidad después de haber estado trabajando durante algún tiempo. La acción de las aspas del soplador hará que se acumulen polvo y tierra en la superficie de ataque del aspa. En las construcciones nuevas, el aserrín es el principal culpable. Si la cantidad se acumula hasta el punto en que se desprendan del rodete costras del material acumulado, se establece un desbalanceo y se presenta la vibración.

La causa más común de la vibración del rotor es un mal servicio o incompetente. Si se limpia el rotor con un cepillo sin desarmarlo siempre se presentará mucha vibración. Nunca toque un rodete a menos que vaya a desarmar el soplador y a limpiar con cuidado el rotor. Se necesita sumergirlo en detergente y agua, o emplear equipo de limpieza a chorro. A continuación, cuando esté armada la unidad, asegúrese que el impulsor gire en la dirección

correcta. Los impulsores con aspas inclinadas al revés sólo suministran un 25% de la cantidad necesaria de aire<sup>1</sup>.

**G30. Transmisión del soplador:** Los sopladores con transmisión de bandas tienen una mayor probabilidad de problemas de vibración que los de acoplamiento directo al motor, a causa del mayor número de partes que intervienen. El problema más común es el de la tensión de las bandas. La mayoría de la gente cree que mientras más tensa esté la banda, mayor será la eficiencia. En realidad éste no es el caso. Mientras más apretada esté la banda, más tiene que trabajar el motor para hacer que entre y salga la banda de las poleas. Por lo tanto, la banda debe estar tan floja como sea posible sin que resbale al arranque.

La figura A15-13 muestra la prueba para dar tensión correcta a la banda. Debe usted poder hacer que se desvíe la banda de  $\frac{3}{4}$ " a 1" a medio camino entre los ejes. Es importante el alineamiento de las poleas del motor y el soplador para mantener la vibración a un mínimo, así como para reducir el desgaste de los lados de la banda.

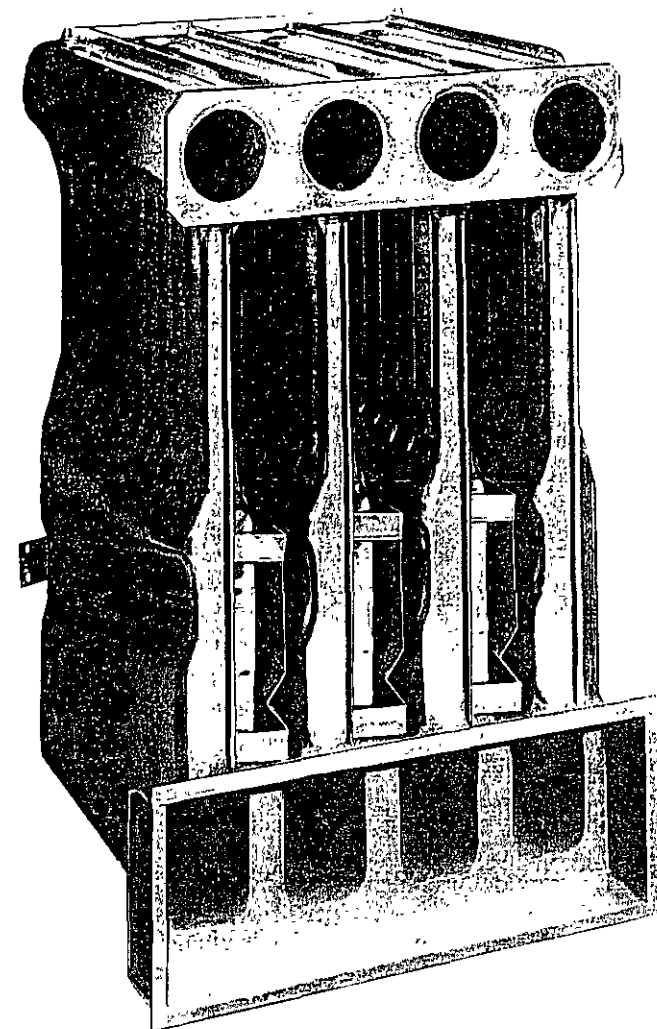
Por último, cada polea, tanto la del motor como la del soplador, deben revisarse para ver si tienen excentricidad. Cualquier torcimiento que origine oscilación en la polea se debe corregir cambiando ésta.

**G31. Ruido de expansión en las secciones del cambiador de calor:** La figura A15-14 muestra una unidad de tres secciones, y cada una tiene una "almeja" izquierda y una derecha de acero estampado con las orillas soldadas entre sí. Las secciones se sueldan a continuación en forma de pila sujetándolas a la placa delantera de montaje y a la banda trasera de retén. A veces, en el proceso de soldadura, se establecen esfuerzos en la zona soldada si los dos metales están a distintas temperaturas cuando se forma la liga. Esto

origina ruidos de expansión de carácter diverso, como tics o pops cuando el cambiador se calienta o se enfría. La mayor parte de las veces estos ruidos se amortiguan por la caja de unidad y el sistema de ductos, hasta un nivel que no son indeseables.

En casos extremos es posible reducir los ruidos haciendo trabajar la unidad con el soplador desconectado, permitiendo que el control limitador la encienda y apague. Esto debe hacerse durante varios ciclos del control. Al trabajar con el calor tan intenso que se desarrolla se hará que el metal se deforme más allá de los límites normales de funcionamiento y se eliminen los ruidos. Si con ello no se producen resultados satisfactorios, lo único que queda por hacer es reemplazar el cambiador de calor. Sin embargo, con ello no se garantizará que el nuevo cambiador no sea ruidoso.

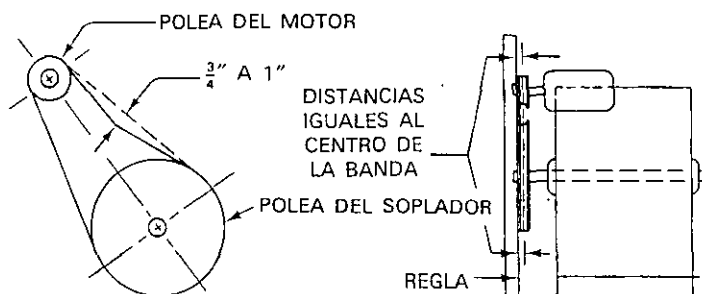
**G32. Ruido de expansión en los restrictores del cambiador de calor:** En los quemadores seccionales de gas, la



**FIGURA A15-14** Cambiador de calor (Cortesía de Addison Products Company)

COMPROBACION DE LA TENSION DE LA BANDA

COMPROBACION DEL ALINEAMIENTO DE LA POLEA



**FIGURA A15-13** Alineamiento de poleas y tensado de banda (Cortesía de Borg-Warner Environmental Systems, Inc.)

<sup>1</sup> N del T.. Cuando se trate del rotor de un soplador con transmisión de poleas y bandas, antes de desarmar el rotor haga una marca de la orientación que guarda con respecto al eje. Es decir, trace una línea que comience en la flecha y termine en el rotor. Cuando lo vuelva a armar, vea que las dos líneas coincidan. Es necesario esto porque lo que se balancea en fábrica es el conjunto de polea, eje y rotor. Una vez balanceados no deben perder su orientación relativa

mayor parte de las unidades tienen un restrictor horizontal ubicado en la parte superior de cada una de las secciones del cambiador. Esas restricciones controlan la cantidad de aire secundario para tener una combustión adecuada. La mayor parte tienen una forma tal que se pueden fijar al extremo de la salida de los gases, y queda el otro extremo libre de moverse con la expansión y contracción del metal cuando la temperatura de los gases cambia.

A veces, esos restrictores se desplazan o se tuercen y desalinean hasta el punto en el que el extremo del restrictor arrastra sobre la superficie del cambiador de calor. Esto produce un ruido de raspado o tallado al calentarse o enfriarse la caldera.

Asegúrese que los restrictores estén colocados al centro de la sección del cambiador de calor, y que cualquier soporte que esté troquelado en los restrictores tenga superficies de apoyo redondas, en lugar de puntos agudos.

**G33. Expansión de ductos:** Todo ducto metálico tiene determinada cantidad de expansión cuando aumenta la temperatura. El ducto de aluminio tiene bastante más expansión por grado de aumento de temperatura que el acero galvanizado, y por lo tanto tendrá mayor probabilidad de presentar ruidos de expansión.

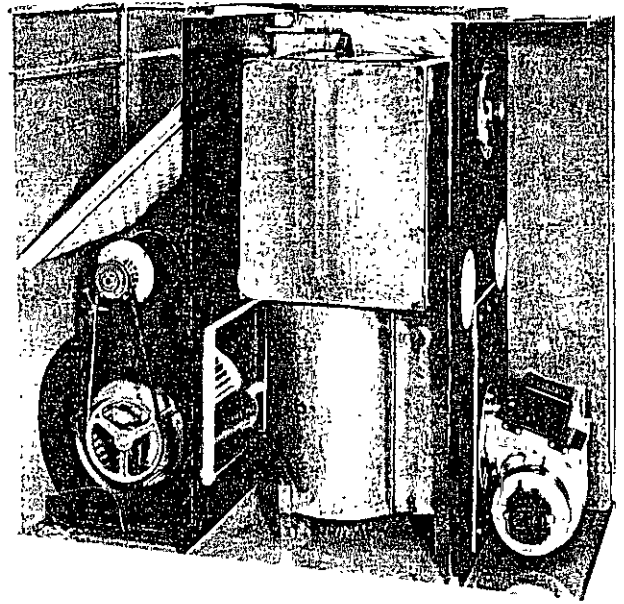
La causa principal del ruido de ductos es un montaje demasiado firme. La ductería que se fija directamente a alambres en el piso será muy ruidosa a causa de la expansión y contracción. También estará más propensa a incendios porque el ducto caliente está en contacto directo con la madera.

La ductería, cuando se instala en forma correcta, queda colgada a 1 pulgada abajo de las vigas. Se usan abrazaderas de metal y se prolongan bajo el ducto para dar sostén a la parte inferior de éste. La ductería se cuelga en forma de trapecio, con lo que se permite el libre movimiento sin deformaciones.

**G34. Efecto de la aceitera:** Este efecto es el movimiento súbito de una superficie metálica plana cuando se ha acumulado un esfuerzo en ella. Este esfuerzo hace que el metal adquiera una posición ligeramente cóncava o convexa, en lugar de plana.

El cambio de temperatura provoca un aumento en el esfuerzo del material hasta que el metal cambia rápidamente de posición pasando a la opuesta. Este cambio produce un golpe fuerte que se oye por toda la zona. La ductería es muy propensa a esta acción, y cuando presente grandes zonas planas, deben descomponerse en triángulos. Los cambiadores de calor como el que muestra la figura A15-15 tendrán en general una superficie plana grande. A menos que esa superficie se descomponga en triángulos, está muy propensa al efecto de la aceitera. Lo mejor es quitar el tablero y ponerle diagonales para relevar los esfuerzos por temperatura.

**G35. Tamaño inadecuado de la unidad:** Durante muchos años, si las necesidades de calefacción eran de 100,000 Btu/h, el propietario pedía una de 150,000 Btu/h creyendo que mientras mayor fuera la unidad, mejor. La unidad no



**FIGURA A15-15** Cambiador de calor tipo tambor y radiador

tendría que trabajar tanto para cumplir con su trabajo. Esto ocasionó un desperdicio de combustible y altos costos de operación. Se reconoce ahora que la unidad se debe dimensionar en forma correcta para tener eficiencia máxima y costo mínimo de operación.

La pérdida real de calor de la construcción se debe calcular empleando los últimos manuales que emite la Air-Conditioning Contractors of America (ACCA) en su Biblioteca de Sistemas Ambientales (*Environmental Systems Library*). Esos manuales se actualizan en forma constante y dan los resultados más exactos. La unidad se debe dimensionar entonces para unos límites de  $\pm 10\%$  de su capacidad nominal

**G36. Resonancia en la unidad:** A veces, una unidad con quemado de gas desarrolla un efecto de tubo sonoro de órgano que puede tener la suficiente intensidad como para hacer que vibren los cuadros en las paredes. Es el resultado de la frecuencia de la flama y la longitud de onda de presión en la bolsa del quemador, que están en sincronización exacta. El ruido comienza como un murmullo de baja intensidad y crece con rapidez hasta un sonido de gran volumen. Hay varias soluciones disponibles para atacar este problema:

1. Corregir la entrada.
2. Suavizar la flama.
3. Cambiar el tamaño de la bolsa del quemador.

Si la unidad está trabajando a exceso de capacidad, en especial con gas LP, es mayor la tendencia a la resonancia. Por lo tanto, si se corrige el consumo a lo nominal o 10% menos, en general desaparecerá el problema. Esto implica también ajustar el aire primario para reducir la flama desde

un cono agudo hasta un fuego flojo y azul, que es lo correcto.

Si estos cambios no corrigen el problema, cambie el tamaño de la bolsa del quemador. Esto se hace con facilidad introduciendo una hoja metálica vertical a lo largo del quemador o contra una pared lateral. La lámina metálica debe fijarse separada, de modo que haya una distancia de  $\frac{1}{2}$ " entre el inserto y la pared lateral de la bolsa del quemador. Con ello se cambia la frecuencia de pulsación de esa bolsa para que no sea la misma que la de la flama y se elimina el aumento del ruido. Este problema era común en las unidades fabricadas hace 15 o 20 años, pero hoy casi no se ha sabido de él.

===== A-15.3

===== **SISTEMAS CON QUEMADOR DE**  
===== **PETROLEO**

===== A15-3.1

===== **Problemas**

La tabulación de problemas para unidades con quemador de gas tiene el mismo arreglo que la que se usa para unidades con quemador de petróleo. La primera tabla es una lista de síntomas comunes con las siguientes categorías:

- A. Funcionamiento del sistema completo
- B. Funcionamiento de la unidad
- C. Funcionamiento del soplador
- D. Operación del soplador
- E. Síntomas en el cambiador de calor
- F. Costo de operación
- G. Ruido

Para cada categoría tenemos una lista de los problemas posibles. Al examinarlos encontrará duplicaciones porque es posible tener el mismo problema en más de un síntoma o queja. El número frente a cada problema indica el orden en que aparece en la lista de síntomas. No hay tabla numérica de problemas bajo cada categoría.

- A. Funcionamiento del sistema completo
  - 1. No arranca
  - 2. Arranca, pero no sigue trabajando
  - 3. Trabaja, pero no da suficiente calor; enciende y para en ciclos cortos
  - 4. Trabaja, pero a una temperatura de recinto demasiado alta
  - 5. Trabaja en forma continua
  - 6. El soplador enciende y apaga después de haber alcanzado los límites de temperatura del termostato
  - 7. Sale aire frío al arranque
  - 8. Ruidos al arranque y/o en el enfriamiento
  - 9. Es ruidoso o con vibraciones

- 10. Hay olor
- 11. Altos costos de combustible
- 12. Altos costos de electricidad
- B. Funcionamiento de la unidad
  - 1. No arranca
  - 13. El quemador enciende y apaga con frecuencia
  - 14. Hay humo y/o olores que salen de la puerta de observación
  - 15. La unidad pulsa
- C. Funcionamiento del quemador
  - 16. El quemador se apaga a causa del interruptor de seguridad
  - 17. Ignición demorada
  - 18. Hay combustión dentro del quemador después de apagado
  - 19. Depósitos de carbón en el refractario
  - 20. Flama ruidosa
  - 21. La bomba de combustible "canta"
- D. Operación del soplador
  - 22. Enciende y apaga con frecuencia
  - 24. Es ruidoso o tiene vibración
- E. Síntomas en el cambiador de calor
  - 1. Ruidos al arranque o enfriamiento
  - 22. Está quemado

===== A15-3.2

===== **Síntomas**

A continuación presentamos la lista de los síntomas para la lista anterior.

- 1. No arranca
  - E1. El termostato de recinto tiene ajuste inadecuado
  - E2. El interruptor de estación está abierto
  - E3. El interruptor de seguridad del sistema está abierto, o el relevador protector de ese interruptor está fuera
  - E4. El interruptor de desconexión está abierto
  - E5. Hay un fusible quemado
  - E6. El control limitador está quemado
  - E8. El transformador del relevador de protección está quemado
  - E10. Hay un circuito abierto en el termostato y/o en la subbase
  - E11. El cable de control está abierto
  - E9. El relevador de protección está quemado
- 2. Arranca, pero no sigue trabajando
  - A. No enciende
    - O1. No hay combustible
    - E13. No hay ignición
    - E9. El relevador de protección está quemado
    - O6. La boquilla está quemada
    - O7. La bomba de combustible está quemada
  - B. Hay fuego
    - O6. La boquilla está quemada
    - O7. La bomba de combustible está quemada
    - E6. El control limitador está quemado

- E9. El relevador de protección está quemado
- 3. Funciona, pero no hay suficiente calor; enciende y apaga con frecuencia
  - E12. El ajuste del anticipador de calor es inadecuado
  - E6. Enciende y apaga el control limitador; es muy baja la alimentación
- 4. Funciona, pero la temperatura del recinto es demasiado alta
  - E1. El ajuste del termostato es muy alto
  - E12. El ajuste del anticipador de calor es incorrecto
- 5. Trabaja en forma continua
  - E10. Hay un corto en el termostato y/o en la subbase
  - E11. Hay un corto en el cable del termostato
  - E9. Los contactos del relevador de protección están pegados (el relevador de protección está quemado)
- 6. El soplador enciende y apaga después de haber llegado a la temperatura de ajuste del termostato
  - O5. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min del soplador
  - E7. Ajuste del control del ventilador
  - O10. Hay mucho hollín acumulado en el cambiador de calor
- 7. Al arranque sopla aire frío
  - O5. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min del soplador
  - E7. Ajuste del control del ventilador
- 8. Ruidos al arranque y/o en el enfriamiento
  - O17. Ruidos de expansión en el cambiador de calor
  - O18. Expansión de ductos
- 9. Funcionamiento ruidoso o con vibración
  - O14. Pulsación
  - O15. El impulsor del soplador está desbalanceado o desalineado
  - O16. Problemas en la transmisión del soplador
- 10. Hay olores
  - O12. Olor a polvo en el arranque de otoño
  - O13. Olor a petróleo al poner en marcha la unidad
  - O14. Pulsaciones
  - O4. La ventilación es inadecuada
  - O11. El cambiador de calor está roto
- 11. Alto costo de combustible
  - O2. La entrada es inadecuada
  - O3. El ajuste del quemador es inadecuado
  - O20. El tamaño de la unidad es inadecuado
- 12. Alto costo de electricidad
  - O19. La carga del motor del soplador es inadecuada
- 13. El quemador enciende y apaga con frecuencia
  - E6. El control limitador está quemado
  - E12. El ajuste del anticipador de calor es inadecuado
- 14. Humo u olores de la puerta de observación
  - O4. El tiro es inadecuado, o el ajuste del control de tiro es inadecuado
  - O4. La ventilación es inadecuada
  - O2. La alimentación es inadecuada
  - 17. Ignición demorada
- 15. Pulsaciones de la unidad
  - O4. El tiro es inadecuado
  - O4. La ventilación es inadecuada
- 16. El quemador se apaga a causa del interruptor de seguridad

- A. No hay encendido
  - O1. No hay combustible
  - E13. No hay ignición
  - E9. El relevador de protección está quemado
  - O6. La boquilla está quemada
  - O7. La bomba de combustible está quemada
- B. Hay fuego
  - O6. La boquilla está quemada
  - O7. La bomba de combustible está quemada
  - E6. El control limitador está quemado
  - E9. El relevador de protección está quemado
- 17. Ignición demorada
  - O9. Depósitos de carbón en la boquilla
  - E14. El ajuste de los electrodos es inadecuado
  - E15. Los aisladores de los electrodos están rotos
  - E16. Los electrodos de ignición están quemados
  - E17. El transformador de ignición está quemado
- 18. La flama arde dentro del quemador después de apagar
  - O7. La unidad de combustible está quemada
- 19. Depósitos de carbón (árboles de coque) en el refractario
  - O6. La boquilla está quemada
- 20. Flama ruidosa
  - O3. El ajuste de aire es inadecuado
  - O6. El tamaño de la boquilla, su tipo y ángulo de aspersión son inadecuados
- 21. La bomba de combustible "canta"
  - O7. La unidad de combustible está quemada
- 22. El cambiador de calor está quemado
  - O2. El consumo de combustible es alto
  - O6. La boquilla está quemada
- 23. El soplador enciende y apaga con frecuencia
  - O2. El consumo de combustible es demasiado bajo
  - O5. Los pies<sup>3</sup>/min por el soplador son demasiados
  - E7. El control del ventilador está quemado

==== A15-3.3  
 =====  
 =====  
 =====  
**Causas eléctricas**

En la lista anterior, a las causas probables de cada síntoma se les asignó un número precedido de una E si son eléctricas y O si se deben al sistema de combustible. Las causas eléctricas son las siguientes:

- E1. El ajuste del termostato de recinto es inadecuado
- E2. El interruptor de estación está abierto
- E3. El interruptor de seguridad del sistema está abierto
- E4. El interruptor de desconexión está abierto
- E5. Hay un fusible quemado
- E6. El control limitador está quemado
- E7. El control del ventilador está quemado
- E8. El transformador de control del relevador de protección está quemado
- E9. El relevador de protección está quemado
- E10. El circuito en el termostato o en la subbase está abierto o tiene corto
- E11. El cable de control está abierto o tiene corto
- E12. El ajuste del anticipador de calor es inadecuado



- E13. No hay ignición
- E14. El ajuste de los electrodos es inadecuado
- E15. Los aisladores de los electrodos están rotos
- E16. Los electrodos de ignición están quemados
- E17. El transformador de ignición está quemado

**E1. El ajuste del termostato de recinto es inadecuado:**

Ese termostato puede estar trabajando con un ajuste demasiado alto o demasiado bajo, aún cuando el indicador de la escala esté en el lugar deseado. Esto sucede en especial en los termostatos de contactos de bulbo de mercurio. Antes de tratar de recalibrarlo, asegúrese que el termostato esté a nivel. Es muy raro que un termostato pierda la calibración, aunque con frecuencia se les golpea y desnivela. Si el indicador de la escala y el termómetro interconstruido no indican lo mismo, compruebe la nivelación del termostato antes de hacer cualquier calibración o ajuste.

**E2. El interruptor de estación está abierto:** Una de las causas más comunes de que no arranque la calefacción, en especial al inicio de la estación, es que el interruptor de estación se haya puesto en OFF (APAGADO). Nadie confió en que el termostato mantuviera apagada la unidad, o el propietario no deseaba que la unidad encendiera en una noche fresca. Independientemente de lo anterior, el hecho es que ese interruptor está en apagado, lo cual se olvida con facilidad durante el periodo de verano. Cuando se reciba una queja de que no arranca la unidad, es bueno preguntar a quien llama si se ha encendido el interruptor de estación. Puede ahorrarse un servicio y un cliente confundido.

**E3. Está abierto el interruptor de seguridad del sistema:**

Cuando la unidad está en un sótano, en un cuarto con sólo un acceso, en algunos lugares se pide que se coloque un interruptor rojo a la salida del recinto. Este interruptor tiene por objeto emplearse sólo en casos de emergencia. Algunas personas no cumplen con esta disposición y lo usan para apagar el sistema durante la estación de calor. A veces, alguien cree que es un interruptor de alumbrado y lo apaga. Nuevamente, cuando se reciba la llamada, pregunte la posición de ese interruptor. Asegúrese que esté en la posición ON (ENCENDIDO).

**E4. El interruptor de desconexión está abierto:**

Asegúrese que llegue voltaje correcto a la unidad. Los interruptores de desconexión de los tableros de distribución pueden abrir a causa de perturbaciones eléctricas, tormentas eléctricas, etc. Si no hay voltaje en el relevador de protección de la unidad, restablezca los interruptores termomagnéticos para comprobar su capacidad de detención.

**E5. Hay un fusible quemado:**

A veces se usan fusibles tipo de quemado instantáneo o de eslabón en los ramales. Como no permiten que pase corriente mayor que su capacidad, durante ningún lapso, se deben dimensionar para conducir la corriente máxima de arranque de la unidad. Siempre se deben usar fusibles de demora cuando haya un motor. Este tipo permite un dimensionamiento más exacto del

fusible a la corriente de marcha del motor, para tener protección máxima.

La revisión de fusibles se lleva a cabo en forma adecuada con un óhmetro. *Con el interruptor de desconexión abierto* mida la resistencia de cada fusible. Una indicación de cero resistencia del óhmetro indica que el fusible está en buen estado. Si la resistencia es infinita, o no se mueve la aguja, quiere decir que el fusible está quemado y abierto. Este fusible se debe cambiar.

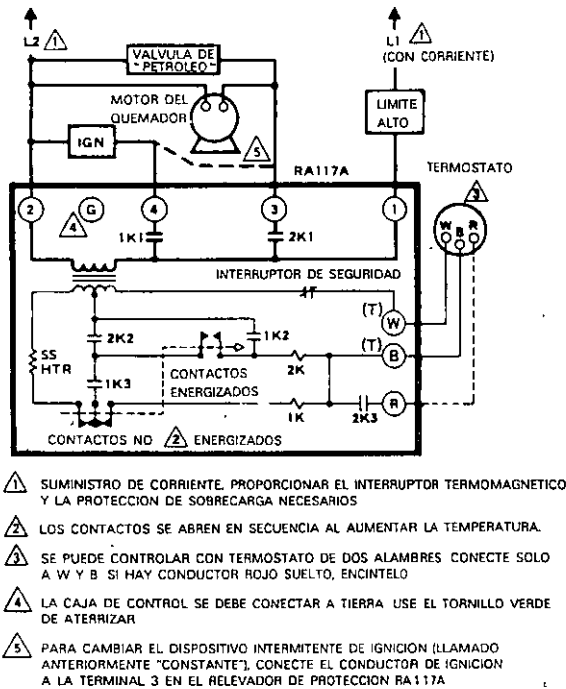
**E6. El control limitador está quemado:** El control limitador de una unidad de petróleo en general está en el suministro de alto voltaje al relevador de protección. Si está abierto el control limitador, no habrá llegada de corriente al relevador de protección. Con el voltímetro conectado entre las terminales viva y neutral del relevador, se debe tener indicación de pleno voltaje. Si no es así, revise el interruptor de estación (E2), el interruptor de seguridad de estación (E3), el interruptor de desconexión (E4) y todos los fusibles que haya (E5) antes de tratar de revisar al control limitador.

Con el voltímetro, mida el voltaje entre las terminales del control limitador. Si el control está bien cerrado, habrá voltaje. Un control abierto indicará pleno voltaje porque la interrupción es en el lado del primario del transformador de control en ese relevador.

*Estando quitada la corriente a la unidad*, quite los conductores de las terminales del control. Con el óhmetro mida la resistencia del contacto del control limitador. Si la resistencia es infinita o no hay movimiento de la aguja del óhmetro, quiere decir que el contacto está abierto. Si la temperatura del control es la ambiente, cambie el control. Si se encuentra que la resistencia es cero, el contacto está cerrado y la interrupción de corriente está en cualquier otra parte.

**E7. El control del ventilador está quemado:** Casi todas las unidades de quemador de petróleo trabajan mejor con ajustes de control del ventilador entre 125°F (51.6°C) y 130°F (54.4°C) cuando trabaja el ventilador y a 100°F (37.7°C) o 105°F (40.6°C) cuando el ventilador está parado. En las instalaciones con tramos muy largos de ductos, los ocupantes pueden sentir movimiento de aire frío que sale de los registros de suministro cuando inicia por primera vez el ventilador. Si es molesto, se puede compensar parcialmente aumentando la temperatura cuando está trabajando el ventilador a 145°F (62.8°C) a 150°F (65.5°C). La temperatura con ventilador apagado debe quedar igual. Si no se elimina el problema, el ducto de suministro debe aislarse con una capa de espesor mínimo de 1". Con ello se ayudará a mantener alta la temperatura del aire durante el ciclo de apagado y a reducir al mínimo el efecto de aire frío.

A veces, el elemento bimetálico del control se debilita y necesita de una mayor temperatura para hacer trabajar el control. Esto ocasionará tiempos muy cortos de encendido y apagado, con lo que el ventilador enciende y apaga mientras que el quemador está encendido. La mejor prueba es la sustitución del control por uno que se sepa está en buen estado y observar la acción de la unidad. La falla de contac-



**FIGURA A15-16** Esquema interno e interconexión (Cortesía de Honeywell, Inc.)

tos en el control evita que trabaje el soplador y la unidad encenderá y apagará debido al control limitador.

Con un voltímetro o un foco de prueba conectados con las terminales del control, el medidor debe indicar cero voltaje, o el foco de prueba debe estar apagado, cuando la temperatura de la cámara plena de suministro alcance la temperatura de ajuste del control. Si no es así, cambie el control.

**E8. El transformador del relevador de protección está quemado:** En general no es posible abrir el relevador de protección para llegar al transformador y probarlo. No es necesario, porque sus conexiones se hacen a través de los conductores T-T en la tablilla de terminales. La figura A15-16 muestra un diagrama eléctrico interior del relevador de protección típico. Estando desconectados los cables de control de las terminales T-T, el circuito va de la terminal T superior, pasa por el interruptor de seguridad (SS), el transformador, el contacto normalmente cerrado (2K1), el calentador del interruptor de seguridad y la bobina del relevador (1K) y debe entregar 24 V entre las terminales TT. Cuando hay 120 V entre las terminales blanco y negro al relevador, si no hay voltaje en T-T, cambie el relevador de protección. Si hay voltaje en T-T, y el termostato no hace trabajar al relevador, revise el termostato y la subbase (E10) o el cable de control (E11).

**E9. El relevador de protección está quemado:** Los relevadores de protección son de dos tipos: una montura para la chimenea con un elemento bimetalico en contacto con los gases de combustión que hace trabajar al relevador, y una

celda de cadmio para hacer trabajar al relevador con la luz de la flama. Ambos tipos de control se describieron en la sección A10-11

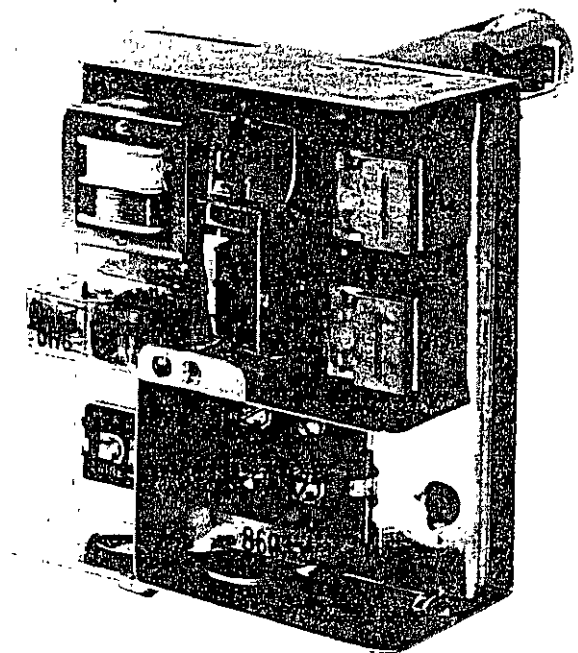
**Controles de elemento bimetalico.** Como se explicó en la sección A10-11, el control de tipo bimetalico está accionado con un embrague para mover los controles de calor y frío en su secuencia correcta. Si el control sufre un fuerte golpe puede soltar el embrague y sacar de secuencia al control. El embrague también se puede gastar y aflojar la sujeción de los dedos de contacto.

Si el control se niega a trabajar, jale la palanca del eje motriz (véase figura A15-17) hacia adelante hasta alcanzar el tope. Suelte lentamente la palanca hacia la posición de frío. Con ello se deben cerrar los contactos y la unidad debe trabajar. Si no es así, el elemento bimetalico podría estar atorado, o los contactos averiados. Para revisar el elemento bimetalico, quite el relevador de protección de la chimenea y revíselo. En general la acumulación de hollín en la hélice o espiral bimetalica será la causa del atoramiento de la palanca del eje motriz. Cuando limpie la hélice, tenga cuidado de no romperla ni doblarla.

Teniendo limpia la hélice, si los contactos caliente y frío todavía no se mantienen, quiere decir que el embrague y las láminas de contacto están gastados. Si es así se necesita cambiar todo el control.

**Celda de cadmio.** El relevador de protección con celda de cadmio usa un detector de flama de sulfuro de cadmio sensible a la luz montado en el cañón del quemador de petróleo (figura A15-18).

Cuando la celda recibe luz, su resistencia es muy baja,



**FIGURA A15-17** Relevador de protección RA117A con la cubierta quitada (Cortesía de Honeywell, Inc.)

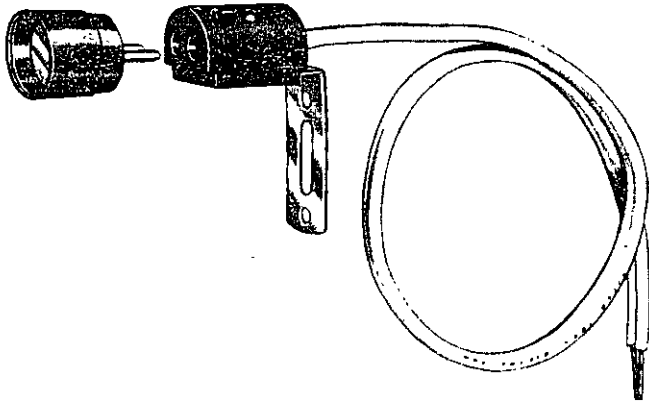


FIGURA A15-18 Celda de sulfuro de cadmio sensible a la luz (Cortesía de Honeywell, Inc.)

con lo cual pasa corriente por ella. El flujo de corriente es suficiente para accionar un relevador sensible en la unidad de protección (véase figura A15-19).

Cuando entra el relevador, abre el circuito al calentador del interruptor de seguridad y evita que se apague el quemador. Si la celda no recibe la luz de la flama o si se ensucia mucho y se cubre de hollín, no permite que pase la corriente y accione el relevador sensible; el calentador del interruptor de seguridad permanece en el circuito hasta que abre el relevador de seguridad. Con ello se interrumpe el circuito del termostato y se para el quemador (véase figura A15-20).

El interruptor de seguridad es de restablecimiento manual. Al revisar el relevador de protección cuando hay interrupciones repetidas del quemador aún cuando se haya establecido la flama, asegúrese que la celda de cadmio esté limpia. También la puede comprobar con un óhmetro. Conéctelo entre las terminales de la celda de cadmio. Si está expuesta a la luz, la resistencia será menor que 10  $\Omega$ . Si se

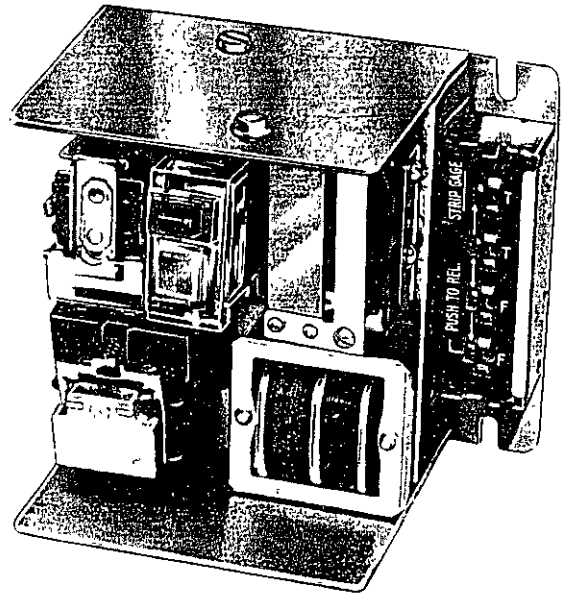
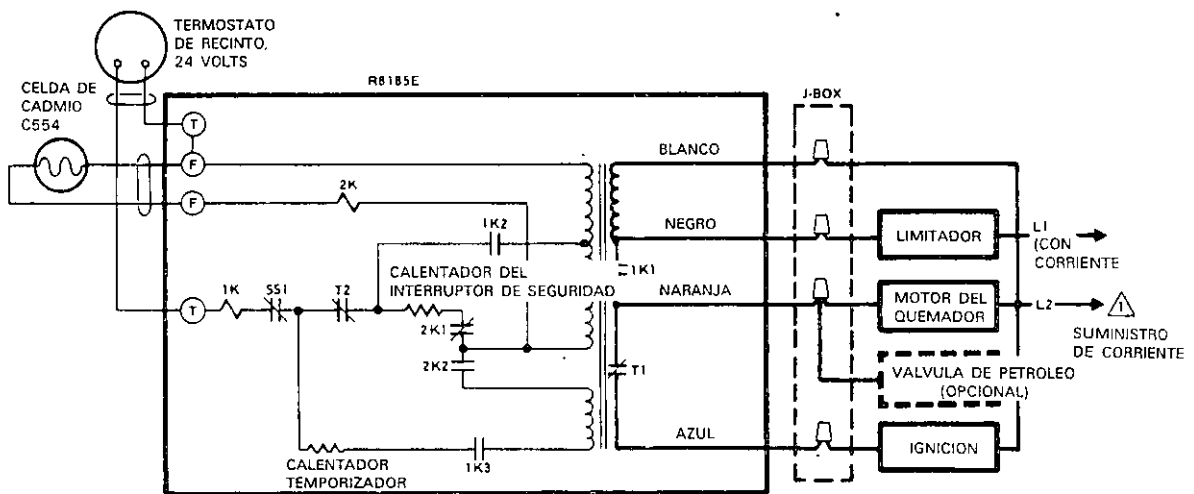


FIGURA A15-19 Partes internas del relevador de protección tipo celda de cadmio (Cortesía de Honeywell, Inc.)

coloca un dedo sobre la celda para tapan la luz, la resistencia se elevará hasta 10,000  $\Omega$  o más.

Si la celda de cadmio está bien, revise el relevador de protección conectando un puente entre las terminales F-F del mismo. El quemador debe encender y seguir trabajando. Si se apaga, los contactos del temporizador y del circuito del calentador están averiados y se debe cambiar el relevador.

*Precaución:* El cliente sabe que el quemador debe encender si se oprime el botón de restablecer. Si el relevador



⚠ PROPORCIONE MEDIOS DE DESCONEXION Y PROTECCION DE SOBRECARGA SEGUN SE REQUIERA

FIGURA A15-20 Esquema interno e interconexión de un relevador de protección tipo celda de cadmio (Cortesía de Honeywell, Inc.)

está haciendo que se apague (está haciendo su trabajo) cuando el problema es mala ignición, es posible que se rocíe bastante petróleo en la cámara de combustión antes que el cliente pida ayuda. *Antes de encender el quemador, vea si hay petróleo líquido en el fondo del refractario.*

Cuando vea al refractario, asegúrese que esté desconectada la corriente al quemador y que su brazo esté cubierto. Si hay petróleo en el fondo del refractario, lo debe quitar con trapo o esponja. Se debe tener un extinguidor a la mano, atorando la puerta de observación en posición abierta. Cuando se establezca la flama, se formará un gran fuego hasta que todo el petróleo se haya quemado en el fondo del refractario, así como el que estaba embebido en el mismo. Si se trata de una unidad grande, de 2.5 gal/h de consumo, o mayor, se aconseja llamar a los bomberos para tener una de sus unidades disponibles antes de encender el quemador.

**E10. Circuito abierto o cortocircuito en el termostato y/o en la subbase:** Si la queja es que la unidad no trabaja, o que trabaja en forma continua y provoca sobrecalentamiento, puede ser que el termostato esté fallando. Si la unidad trabaja en forma continua aún cuando el termostato se haya llevado a su ajuste mínimo, quite el termostato de la subbase. Si la unidad se apaga, cambie el termostato. Si la unidad continúa trabajando, quite el conductor rojo de la subbase. Si la unidad se apaga, cambie la subbase. Si la unidad continúa trabajando, revise el cable de control (E11).

Cuando le digan que la unidad no arranca aún cuando el termostato se haya llevado hasta su ajuste máximo, revise primero si hay voltaje en las terminales T-T del relevador de protección. Si hay voltaje, el circuito abierto está en el cable (E11), o bien en el termostato y/o en la subbase.

Quite el termostato de la subbase. Con un conductor de puente, conecta R con W en la subbase. Si la unidad enciende, cambie el termostato y la subbase. Si la unidad no enciende, con el voltímetro mida el voltaje entre W y R. Si no hay voltaje, revise el cable de control (E11). Si hay 24 V en este punto, con el conductor de puente conecte las terminales T-T en el relevador de protección. Si la unidad no se pone en funcionamiento, cambie el relevador de protección (E9).

**E11. En el cable de control hay un conductor abierto o un cortocircuito:** Cuando la unidad no trabaje con los conductores R y W del termostato conectadas entre sí, y trabaje cuando se puenteen las terminales R y W del relevador de protección, el cable de control está abierto y debe cambiarse. Cuando la unidad trabaja en forma continua desconectando los conductores de las terminales R y W de la subbase del termostato, y se apaga cuando se desconectan los conductores de las terminales T-T del relevador de protección, el cable de control tiene un corto interno y se debe cambiar.

**E12. Ajuste inadecuado del anticipador de calor:** Si el ajuste del anticipador de calor es demasiado alto, se generará demasiado calor, haciendo que el termostato se dé por satisfecho antes que la temperatura del recinto suba hasta la de ajuste del termostato. Si el ajuste del anticipador de calor

es demasiado bajo, no se genera suficiente calor y la temperatura de la zona subirá más que la de ajuste del termostato antes de apagar la unidad.

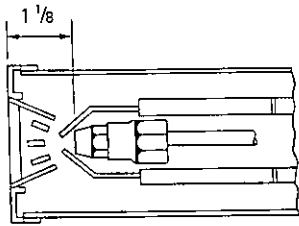
El anticipador se debe ajustar a la cantidad de corriente que pase por el circuito de control cuando está trabajando la unidad. No trate de sumar las cargas de amperaje en el circuito de control para conocer el total. Mida la corriente. Use un accesorio multiplicador con su amperímetro de gancho para multiplicar por 10 la corriente menor que 1 A por el circuito, para que quede en el rango de su medidor. Esto también se puede lograr enrollando 10 veces uno de los conductores alrededor de una de las quijadas del gancho. Los extremos del conductor se conectan entre las terminales del termostato en la subbase, tomando el lugar del termostato. El medidor indicará 10 veces la corriente real que pasa por el circuito. La indicación del medidor dividida entre 10 será el ajuste del anticipador. Un instrumento muy útil para este objeto es el medidor con escala de 1.2 A que vende T. D. Instrument Company de Rochester, New York 14607.

**E13. No hay ignición:** El no haber ignición quiere decir que no hay chispa entre los electrodos que encienda la niebla de petróleo. Si la unidad ha estado trabajando y se presenta ese problema, en general se debe al hecho de que la unidad tiene grandes depósitos de carbón en el conjunto de ignición. Este carbón forma una trayectoria de menor resistencia que el espacio entre electrodos, y la electricidad sigue el camino de mínima resistencia. Este problema es sobre el petróleo, el O9. También podría ser problema eléctrico, como los que se describen en E14, E15, E16 o E17.

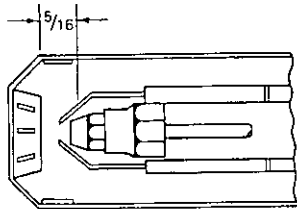
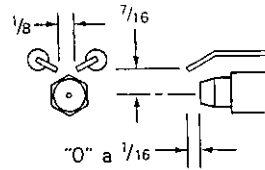
**E14. Ajuste inadecuado de electrodos:** Para establecer la chispa necesaria para encender el petróleo, los electrodos deben estar lo suficientemente cerca uno de otro para presentar resistencia mínima a los 12,000 V que suministra el transformador de ignición. Para mantenerlos alejados de la rociadura de petróleo pero al mismo tiempo que la chispa del arco alcance al petróleo para encenderlo, deben estar los electrodos a la altura suficiente sobre el agujero en la boquilla, así como a la distancia adecuada hacia adelante del extremo de la misma. Estas dimensiones varían en las diversas unidades. La figura A15-21 muestra las distancias en tres quemadores distintos que se han usado en la unidad de un fabricante.

Otra dimensión es la distancia del extremo de la boquilla, o *ficha*, del extremo del tubo del aire del cañón. Esa dimensión es importante para evitar que el rociado de aceite choque con el tubo y origine acumulación de carbón, y al mismo tiempo tener la boquilla lo suficientemente hacia atrás para mantener al mínimo el efecto del calor de la flama.

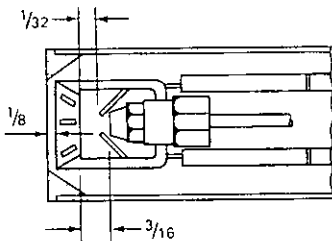
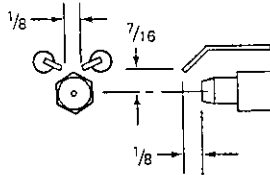
Notará que los tres distintos quemadores sólo tienen una dimensión común: el tamaño del espacio entre electrodos, que es  $\frac{1}{8}$ ". La altura del electrodo es igual en las boquillas Becket y Wayne,  $\frac{1}{16}$ ", pero sólo es  $\frac{5}{10}$ " en la ABC/Sunray. La distancia hacia adelante es distinta en los tres. Cuando ajuste la posición de los electrodos debe apearse a las especificaciones del fabricante.



QUEMADOR BECKET A-6



QUEMADOR WAYNE MSR-6



QUEMADOR ABC/SUNRAY FC-134

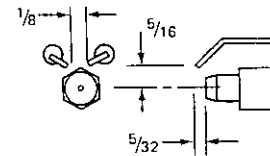


FIGURA A15-21 Ajustes de la cabeza de combustión  
(Cortesía de Addison Products Company)

**E15. Están rotos los aisladores de los electrodos:** La figura A15-22 muestra la posición de los electrodos de alto voltaje en el conjunto del quemador. Los electrodos están sujetos por una abrazadera para asegurar que permanezcan en la posición adecuada. De esta forma, sujetos alrededor del aislador de cerámica, mantienen fijo al electrodo y al mismo tiempo aíslan el voltaje de chispa del conjunto conectado a tierra. El aislamiento del electrodo debe ser para 6000 V, la mitad del voltaje de chispa, y al mismo tiempo debe resistir el calor del quemador y la cámara de combustión cuando se apaga la flama

Los aisladores de cerámica son duros y quebradizos y se agrietan con facilidad. Si se aplica cualquier fuerza de torcimiento o flexión para cambiar la posición de los electrodos, *afloje sus sujetadores. No trate de doblar los conductores de los electrodos; son más rígidos que la cerámica. También, al apretar los sujetadores, no debe apretar demasiado; tan sólo un apriete firme.*

Si al terminar el examen, se observan roturas en la superficie de los aisladores, *cámbielos*; no utilice los viejos.

**E16. Están quemadas las terminales de los electrodos:** Si la unidad tiene bandas de cobre o latón como terminales

de electrodos, vea si hay corrosión en ellas y donde hacen contacto las terminales del transformador. Si nota algo de corrosión y no se puede limpiar, cambie las barras. Si se usa conductor de alto voltaje, revise si hay grietas en el aislamiento. Si las encuentra, replácelo. Si tiene alguna duda de la calidad de las barras o de las terminales, es mejor cambiar las partes.

**E17. Está quemado el transformador de ignición:** Los transformadores de ignición de 120 a 12,000 V, con una salida central aterrizada del lado de alto voltaje. Teniendo 12,000 V entre las terminales y 6,000 V entre cada terminal y la tierra, si trata de revisar el transformador produciendo una chispa con un conductor, destornillador u otro medio de poner en corto, puede ser peligroso.

La construcción del transformador es con las bobinas alrededor de un núcleo de hierro en una caja metálica. El conjunto se aísla de la caja, y ésta se sella con mastic, a base de asfalto o resina. Con el tiempo el calor de operación seca ese material y se forman grietas. Si está en un sótano húmedo, la humedad entra al conjunto y va hacia los devanados.

Al producirse cortos entre los devanados, el voltaje de salida baja hasta el punto que falla la chispa entre los electrodos y no hay ignición. Para revisar un transformador, lo mejor es usar un medidor de voltaje con escala de 10,000 a 15,000 V.

Si no se dispone de ese medidor, se puede sustituir con dos voltímetros para 120 V y un nuevo transformador de ignición. La figura A15-23 muestra el diagrama eléctrico de esta prueba. Los secundarios de cada uno de los transformadores (terminales de alto voltaje) se conectan entre sí para que el nuevo transformador sea de bajada del voltaje que produce el transformador que se está probando. Cuando se aplican 120 V al transformador de prueba, medidos con uno de los voltímetros, el voltaje de salida del transformador nuevo, o probador, debe ser el voltaje a la entrada  $\pm 10\%$ . Si hay una diferencia mayor que el 10%, o si el voltaje de salida varía, el transformador original tiene cortos internos y se debe cambiar.



A15-3.4

### Causas debidas al petróleo

Las causas debidas al petróleo son las siguientes:

01. No hay combustible
02. El consumo es inadecuado
03. El ajuste del quemador es inadecuado
04. La ventilación o el tiro son inadecuados
05. Ajuste de pies<sup>3</sup>/min del soplador
06. Está quemada la boquilla
07. La unidad de combustible está quemada
08. El relevador de protección sale debido al interruptor de seguridad
09. Depósitos de carbón en la cabeza de combustión
010. El cambiador de calor tiene mucho hollín acumulado

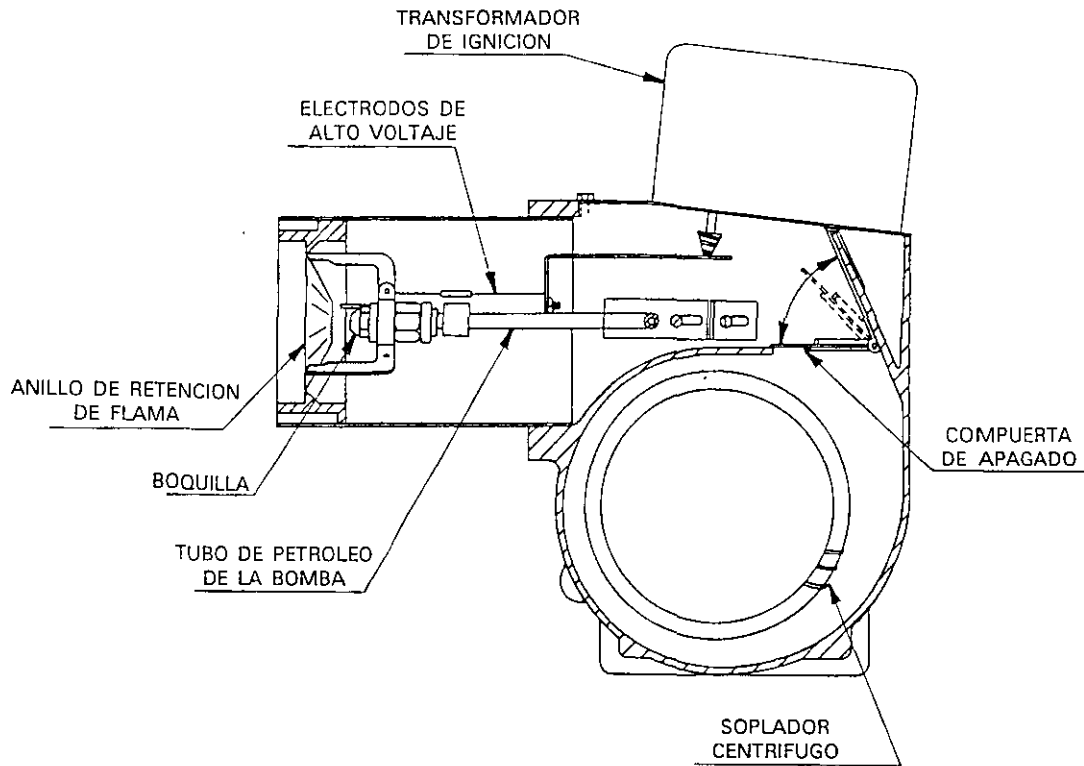


FIGURA A15-22 Corte de un quemador de petróleo (Cortesía de Wayne Home Equipment Division.)

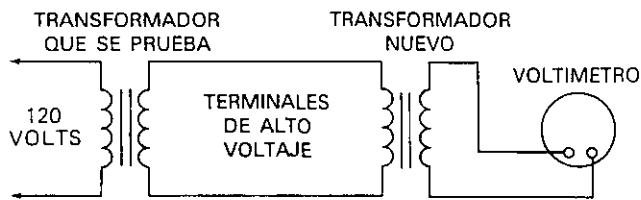


FIGURA A15-23 Conexiones para prueba de transformador.

- O11. El cambiador de calor está roto
- O12. Olor a polvo en el arranque de otoño
- O13. Olor a petróleo cuando arranca la unidad
- O14. Pulsaciones
- O15. El impulsor del soplador está desbalanceado o desalineado
- O16. Problemas con la transmisión del soplador
- O17. Ruidos de expansión en el cambiador de calor
- O18. Ruidos de expansión y contracción en el ducto
- O19. Carga inadecuada en el motor del soplador
- O20. El tamaño de la unidad es inadecuado

**O1. No hay combustible:** No saque el quemador hasta que haya medido la cantidad de petróleo en el tanque de suministro: el nivel del tanque, o la varilla de medición cuando el tanque está enterrado. El siguiente paso es asegurarse que la válvula del tanque esté abierta.

El tercer paso implica al filtro de combustible en el tubo

de suministro. Cierre la válvula de salida del tanque, abra la caja del cartucho del filtro y coloque un nuevo cartucho. En un 99% de las veces se necesita uno. Asegúrese de purgar el aire del cartucho después de armarlo.

Si con este procedimiento todavía no llega el petróleo al quemador para producir flama, quite la boquilla o ficha del quemador y revise el filtro. Si está tapado, cambie todo el conjunto de la boquilla por uno de capacidad, ángulo de aspersión y tipo de cono iguales.

Si con estas medidas no se tiene flujo de petróleo cuando trabaja la unidad, revise la malla de entrada a la unidad del combustible. La figura A15-24 muestra un corte de una unidad Sundstrand de una etapa. Hay una malla fina que filtra al petróleo antes que entre al conjunto de los engranes de la bomba. Esta malla se debe quitar, limpiar en petróleo y volver a colocar. *No deje esta malla fuera de la bomba.*

Después de haber abierto cualquier parte del sistema de suministro de combustible, se debe purgar el aire del sistema. Un sistema de dos tubos se purgará en forma automática al aire. El sistema de un solo tubo y alimentación por gravedad no tiene la purga automática. Por lo tanto, se debe hacer el purgado. Para ello se tiene la válvula de purga en la bomba, en la parte inferior derecha de la figura A15-24. Conecte una manguera entre la salida de la purga en la bomba y una cubeta adecuada, abra la válvula y haga trabajar la bomba hasta que salga una corriente limpia de petróleo de la manguera. Puede ser necesario restablecer varias veces el interruptor de seguridad del relevador de

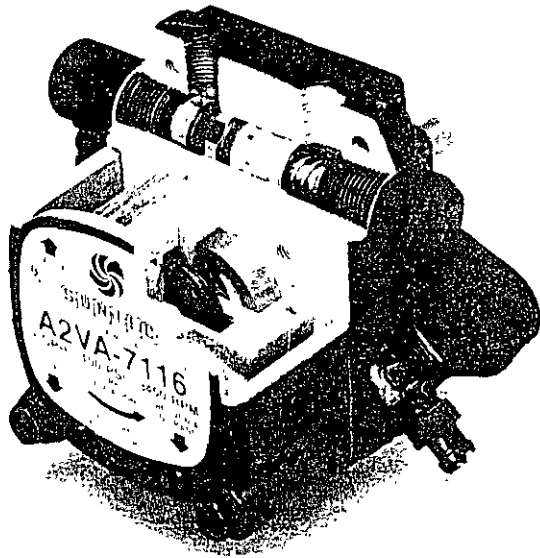


FIGURA A15-24 Corte de una unidad de combustible  
(Cortesía de Suntec Industries, Inc., Rockford, Ill.)

protección antes de poder purgar por completo el tubo de suministro.

Si no es posible obtener un flujo de petróleo limpio, sin burbujas, es posible que la bomba esté recibiendo aire a través de un escape en un tubo o en una conexión. Esta fuga se debe corregir para que el quemador trabaje bien.

**02. Alimentación inadecuada:** La sección A14-3 presenta una descripción completa de la determinación de las Btu/h que se alimentan a un quemador de petróleo. Si la unidad no quema a la entrada adecuada, se pueden presentar problemas de control, olores y falla del cambiador de calor. La cantidad de petróleo que quema la unidad debe producir los Btu/h de alimentación dentro de los límites del 90 al 100% de la capacidad nominal de la unidad. *No trate de hacer trabajar la unidad fuera de esos límites.*

**03. Ajuste inadecuado del quemador de petróleo:** Se deben obtener la presión correcta de petróleo a la unidad, el tiro correcto y la concentración correcta de CO<sub>2</sub>. La prueba de eficiencia se describe en la sección A14-3.4. Se deben emplear los procedimientos que se describen en esta sección para ajustar la unidad y obtener una eficiencia máxima.

**04. Ventilación o tiro inadecuados:** Para que la unidad inicie y trabaje con un mínimo de olor en la zona, y trabaje con eficiencia, la ventilación de gases o chimenea debe tener tiro "natural" suficiente que le permita crear una presión negativa de cuando menos -0.06 pulg de columna de agua en la chimenea cuando la unidad está trabajando con un tiro en el hogar, o presión negativa, de -0.04 pulg de columna de agua. Esto quiere decir que el tiro producido por la chimenea cuando la unidad está apagada y fría debe ser -0.02 pulgada de columna de agua, o mayor.

Algunas unidades con quemador de petróleo están conectadas a chimeneas cortas que atraviesan el techo. Por ejemplo, la unidad suspendida que cuelga del techo, es muy común en aplicaciones industriales. El problema en este caso es que la ventilación no produce presión negativa en la unidad. Cuando la unidad inicia y se tiene el primer golpe de presión por combustión, los gases no pasan por el cambiador de calor con la rapidez suficiente como para evitar una acumulación de presión positiva. Cuando esto sucede, se reduce la cantidad de aire por la presión contra la descarga del soplador de aire de combustión. Esto reduce la combustión y la presión positiva hace que se emitan humos de petróleo por la puerta de observación hacia la zona de la unidad.

Si no se puede mejorar la eficiencia de la chimenea, se debe emplear un ventilador de tiro inducido, cuando el interruptor de estación en el termostato pide calor, para asegurar que haya un tiro negativo adecuado al arranque de la unidad.

**05. Ajuste de los pies<sup>3</sup>/min del soplador:** El ajuste correcto del flujo de aire por la unidad debe resultar en un aumento de temperatura de 80°F (45°C) entre el aire de retorno y de suministro. Para ver el método correcto de ajustar los pies<sup>3</sup>/min que pasan por la unidad, consulte la sección A14-2.

**06. Está quemada la boquilla:** Una boquilla que esté tapada parcialmente, o que tenga una o más de las ranuras impulsoras tapadas, dará una flama de un lado que producirá muy mala combustión. Hasta podría provocar la acumulación de carbón en el refractario. Si se intenta hacer limpieza, el material más duro que se puede usar para limpiar los tubos de impulsión es un palillo de dientes de madera. Es mejor desechar la boquilla e instalar una nueva.

También es posible que las ranuras de remolino y el orificio de la boquilla se gasten a causa del pasaje de petróleo. Por lo tanto, se debe cambiar la tobera cuando menos cada dos estaciones de calefacción y, cuando el clima es muy frío, al principio de cada estación en que se usa la calefacción.

El costo de una boquilla nueva es pequeño comparado con el costo del combustible adicional si la unidad no trabaja a eficiencia máxima. Para seleccionar la boquilla, y acerca del tipo, ángulo de aspersión y capacidad en gal/h consulte la sección A14-3.2.

**07. Está quemada la unidad de combustible:** La sección A14.6 presenta una descripción completa del funcionamiento de la unidad de combustible. El problema más común en las unidades de combustible es el mal corte del suministro de petróleo cuando se apaga la unidad. El corte correcto proporciona una interrupción instantánea del petróleo al tubo de combustible y a la boquilla cuando la presión baja al 80% de la presión de operación. Cuando la presión de trabajo es 100 psig, la presión de corte es 80 psig. Esto se logra mediante un resorte que empuja al pistón de control en la unidad de combustible contra el asiento en la salida de combustible, con lo que se corta el flujo del

DIAGRAMA DEL CIRCUITO

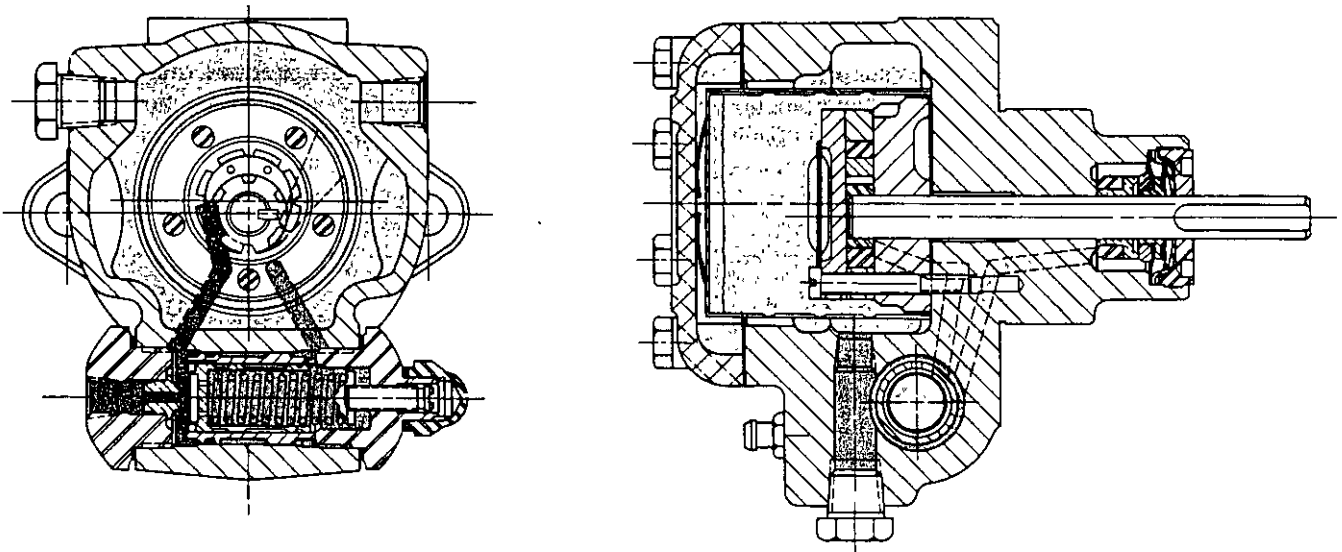
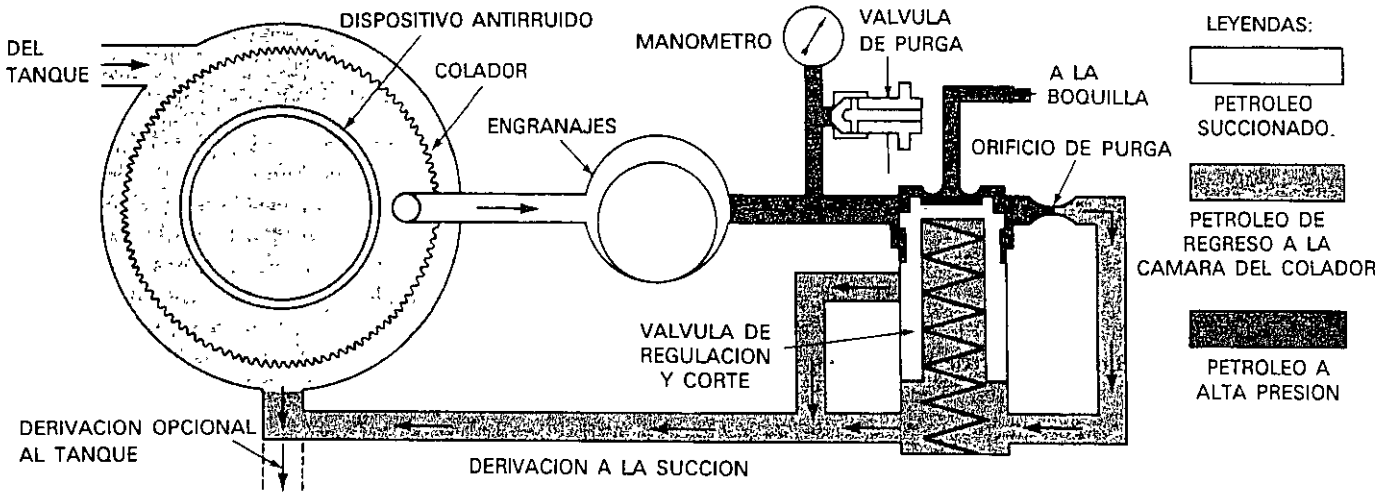


FIGURA A15-25 Unidad de combustible y diagrama de circuito (Cortesía de Suntec Industries, Inc., Rockford, Ill.)

petróleo. La presión en la tobera baja de inmediato (véase figura A15-25).

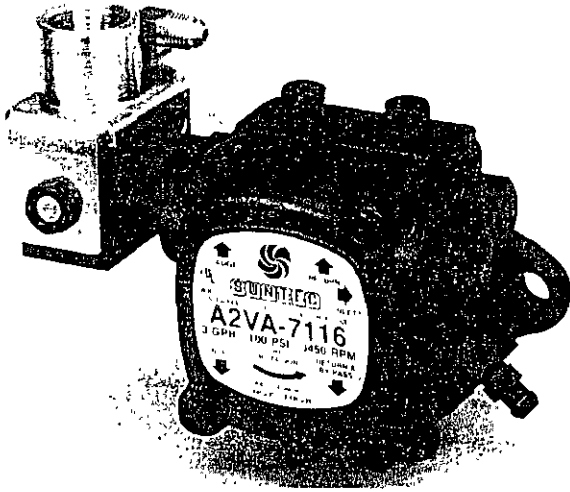
Si se presenta acumulación de partículas en la cara del asiento de neopreno del extremo del pistón, esto evita un buen contacto alrededor del disco de neopreno contra el asiento. En lugar de corte positivo, se tiene un escape y la presión se reduce en la boquilla en forma gradual. Esta reducción gradual de la presión hace que pase el petróleo por la tobera después que cesa el flujo de aire a través de la unidad. El petróleo se quema entonces con muy poco aire de combustión y produce una flama con mucho humo.

El carbón se acumula en el extremo impulsor del cañón, así como en el conjunto del quemador. Si éste no tiene una pendiente mínima de 2° hacia abajo, en dirección de la cámara de combustión, el petróleo que se quema se puede regresar hacia el ventilador. Ello puede quemar o ahumar la

celda de cadmio, con el apagamiento de quemador resultante debido al interruptor de seguridad. El remedio para lo anterior es limpiar la cámara del pistón de la unidad de combustible, así como la rejilla de entrada.

Si el problema persiste, se debe a la calidad del combustible, y se reduce empleando doble filtración del petróleo antes de llegar a la unidad, y el empleo de una válvula de petróleo de acción demorada (véase figura A15-26). Esta válvula se ubica en el tubo de combustible entre la salida de la unidad de combustible y la cabeza de combustión, y proporciona una demora entre el momento en que se pone en funcionamiento el soplador y comienza la aspersión de petróleo. Con ello se asegura que el aire de combustión y el del cambiador de calor se estabilicen antes de iniciarse la combustión. La válvula también da un corte instantáneo de la presión de aceite a la boquilla, independientemente de la





**FIGURA A15-26** Válvula de petróleo de acción demorada  
(Cortesía de Suntec Industries, Inc., Rockford, Ill.)

acción de la unidad de combustible. Se recomienda mucho este accesorio para las unidades con quemador de petróleo.

**08. El relevador de protección sale a causa del interruptor de seguridad:** El corte del interruptor de seguridad se debe a que el elemento calentador de ese interruptor no se desenergiza en forma correcta. La flama no encendió (O1). No hubo ignición (E13), el elemento helicoidal en el relevador no funcionó, o la celda de cadmio está cubierta con polvo o carbón (O9). Cualquiera de esas causas pueden hacer que el interruptor de seguridad corte.

Cuando se ve que la unidad fuera debido al interruptor de seguridad, se debe preguntar al cliente cuántas veces ha restablecido el interruptor. Si se restablece muchas veces puede ser que se haya rociado mucho petróleo en el refractario. Revise y saque tanto petróleo como sea posible de la parte inferior del refractario antes de tratar de encender el quemador. Tenga a la mano un extinguidor. Se debe quitar la cabeza de ignición, limpiar, quitar el orificio y revisarlo; y armar el cañón y ajustarlo en forma correcta antes de tratar de volver a encender.

**09. Depósitos de carbón en la boquilla:** Los depósitos de carbón en la boquilla se pueden deber a mal corte de presión de la unidad de combustible (O7), a tiro deficiente (O4), sobrealimentación de la unidad (O2), o mala colocación de los electrodos de ignición (E14)

El primer paso para corregir el problema es quitar y limpiar la tobera del quemador. Se debe desarmarla. Después de haber limpiado todas las partes, se arma la cabeza asegurándose que los electrodos estén bien colocados: 1 sobre la salida de la boquilla, 2 adelante de la boquilla, 3 con su distancia correcta entre electrodos, y 4 la distancia del impulsor a la boquilla. Estando en su lugar la cabeza y con un manómetro de 0 a 150 psig conectado en la toma de la unidad de combustible, haga trabajar el quemador para

medir y ajustar la presión de operación. La mayor parte de los quemadores necesitan 100 psig de presión de trabajo. Habiendo ajustado esa presión, pare el quemador; la presión del manómetro debe caer de inmediato a 80 psig y mantenerse allí durante varios segundos. Si no se mantiene, se debe quitar la unidad de combustible, desarmar el conjunto del regulador y limpiarlo. Véase O7 y la sección A14.6.

Estando trabajando el quemador, revise el tiro en la cámara y en la chimenea. Para que la operación sea correcta, en la cámara el tiro debe ser de  $-0.2$  a  $-0.04$  pulgada de columna de agua. Si hay presión positiva la combustión será mala y habrá mucha formación de carbón en la cabeza (O4).

**O10. El cambiador de calor tiene mucha acumulación de hollín:** La ventaja de comprobar el tiro tanto en la cámara de combustión como en la chimenea es que es un modo fácil de comprobar el estado del cambiador de calor en lo que respecta a acumulación de hollín. A medida que los conductos de los gases se llenan de hollín, aumenta la resistencia al flujo. Esto quiere decir que se necesita una presión negativa mayor en la chimenea para producir la presión negativa que se desea en el hogar.

La mayor parte de los cambiadores para estufas de petróleo tienen una resistencia al flujo de gases de 0.015 a 0.025 pulgada de columna de agua. Esto quiere decir que cuando hay de 0 a 0.04 pulgada de columna de agua en el fogón, el tiro en la chimenea estará entre  $-0.055$  y  $-0.065$  pulg de columna de agua. Cuando el regulador de tiro se ajusta para producir un tiro en el fogón de 0.04, si el tiro en la chimenea debe ser  $-0.09$  pulgada o mayor, hay que limpiar el cambiador de calor.

Para evitar daños al cambiador se necesita limpieza mecánica de los conductos de los gases. Use una aspiradora y cepillos. *No use limpiador químico en el cambiador de calor. Use una aspiradora y cepillos.*

Después que con la limpieza mecánica se haya quitado un 90% del carbón, entonces se pueden usar limpiadores químicos para terminar el trabajo. Estos limpiadores trabajan haciendo que se queme el carbón y salga de la superficie del cambiador. La acción comienza cuando se pone en contacto el limpiador con el carbón. Al proseguir el proceso de quemado por los conductos, aumenta la combustión. Para cuando alcanza la salida del cambiador de calor, puede ser tan intensa que se funde el cambiador. Quite primero el hollín con la aspiradora y a continuación limpie químicamente.

**O11. El cambiador de calor está roto:** Todas las unidades de calefacción se deben diseñar con el cambiador de calor en el lado de presión positiva del soplador de circulación. Es una disposición de seguridad para evitar que pasen productos de combustión al aire que circula, en caso de falla del cambiador de calor.

Esa falla la pueden causar fallas en el metal defectuoso que pudiera haberse usado en el proceso de fabricación, a un mal proceso de soldadura, o por sobrecargar la unidad. Cuando este último sucede, la cámara de combustión no puede contener toda la flama que se produce y toca la pared del cambiador sobre el refractario. El contacto de la flama

con la pared metálica hará que se sobrecaliente y se quemé el metal, dejando un agujero.

La falla del cambiador de calor se descubre primero por un olor a humo de petróleo en la zona acondicionada cuando se pone a trabajar el ventilador de circulación. Cuando enciende el quemador y antes que arranque el soplador de circulación, el aumento de presión en la ignición impulsa los humos de petróleo hacia el compartimiento del cambiador de calor de la unidad. Estos humos son arrastrados a la zona acondicionada por el aire de circulación.

Además, el tiro en el fogón cambiará. Estando apagado el soplador se puede ajustar un tiro correcto. Sin embargo, cuando arranca el soplador, el aire que entra por el cambiador de calor reducirá el tiro en el fogón y hasta puede provocar que salga humo por la puerta de observación, porque la presión se acumula y es positiva.

Al quitar un cambiador de calor, *no trate de parcharlo*. Se debe hacer una revisión completa del consumo de combustible, funcionamiento adecuado de la boquilla y ajuste de eficiencia.

**O12. Olor a polvo en el arranque de otoño:** Una causa normal de quejas de olor al principio de la estación en que se usa la calefacción es el quemado del polvo que se ha acumulado en el cambiador de calor durante los meses de verano. Si la unidad tiene un interruptor de ventilador para verano y se usa, se puede encontrar ese problema. El olor es temporal, y en general sólo dura uno o dos ciclos de operación de la unidad.

Otro tipo de olor se presenta cuando se pone a trabajar una unidad nueva, todos los cambiadores de calor tienen un tratamiento para evitar la formación de óxido durante el almacenamiento, por medio de una capa de aceite o de pintura. En la primera ignición, se emitirá un humo suave de las superficies del cambiador de calor. Se deben probar las unidades con combustión después de instalarlas, y tener mucha ventilación en el recinto acondicionado. Este olor desaparecerá normalmente en dos o tres ciclos de la unidad.

**O13. Olor de aceite en el arranque de la unidad:** Se ha descrito en O4 y O11.

**O14. Pulsación:** La pulsación en una unidad con quemador de petróleo se debe a tiro deficiente al ponerse a funcionar la unidad. Cuando la unidad no está trabajando, está fría, la chimenea debe tener suficiente jalón como para mantener un movimiento de aire a través del cambiador de calor. En los quemadores con compuertas próximas de apagado para reducir el movimiento de aire, la chimenea debe producir una presión negativa en el cambiador de calor. Si no lo hace, sucederá lo siguiente:

Cuando se pone a trabajar el quemador, entra la cantidad correcta de aire para tener una buena combustión. Cuando se inicia la ignición, se produce una alta presión en la cámara de combustión. Esta crecerá e impulsará los productos de combustión a través del cambiador de calor. La alta presión en la descarga del quemador reducirá los pies<sup>3</sup>/min de aire de combustión que llegan a la flama. La velocidad de combustión se reduce y subirá vapor de petró-

leo por el cambiador de calor. Cuando baja la presión porque los productos de combustión comienzan a pasar por el cambiador, aumenta la cantidad de aire. El combustible adicional se quemará, creando un nuevo golpe de presión. Con ello se reduce la cantidad de aire y se vuelve a iniciar el ciclo. Esta variación cíclica de presión en el cambiador de calor puede continuar hasta que se haya establecido el tiro adecuado y puede ser tan intensa que agite la unidad de calefacción. El remedio contra la pulsación es un tiro adecuado y un quemador con ajuste correcto.

Si el sistema de ventilación no mantiene las condiciones adecuadas de tiro cuando la unidad está apagada, se debe usar ventilación de poder, o tiro inducido. El tiro inducido consiste en un dispositivo mecánico como por ejemplo un ventilador o soplador motorizado para succionar los productos de combustión del cambiador de calor. Se coloca entre el control de tiro y la chimenea, y crea una presión negativa en la salida de los gases. Estos dispositivos tienen más succión que la necesaria, pero el control de tiro regula el aire necesario para satisfacer los requerimientos del ventilador motorizado y mantener la presión en el cambiador de calor entre los límites correctos.

Los ventiladores de tiro inducido deben trabajar en forma continua durante la estación en que se usa la calefacción, porque su efecto es más importante cuando se inicia la combustión, antes que el cambiador de calor se caliente lo suficiente como para establecer su propio tiro.

Los problemas de pulsación se presentan más con las unidades montadas bajo el techo, con chimeneas cortas y con las unidades en los cuartos de utilería de construcciones de un piso, o en entresijos con chimeneas siendo parte de una chimenea principal de mampostería. Como en esos casos la temperatura crece con lentitud para tener mayor tiro, son propensos a pulsaciones. También, los problemas de pulsación son mayores durante la parte benigna de la estación fría, durante la primavera y el otoño, porque la unidad no trabaja el tiempo suficiente, o con la frecuencia suficiente como para establecer buenas temperaturas y tiros en la chimenea.

**O15. Rotor del soplador desbalanceado o desalineado:** En general, el impulsor del soplador se balancea y alinea antes de instalarlo en la unidad original. Sin embargo, daños durante el embarque, como por ejemplo al dejar caer la unidad desde la plataforma de un camión, pueden hacer que el impulsor pegue contra la carcasa y se tuerza. Debido a eso no gira bien y se desarrollará mucha vibración. El único remedio es cambiarlo, y tener precaución en el manejo de la unidad.

Se puede desarrollar vibración en la unidad después de haber estado trabajando durante algún tiempo. La acción de las aspas del soplador hará que se acumulen polvo y tierra en la superficie de ataque del aspa. En las construcciones nuevas, el aserrín es el principal culpable. Si la cantidad se acumula hasta el punto en que se desprendan del rodete costras del material acumulado, se establece un desbalanceo y se presenta la vibración.

La causa más común de la vibración del rotor es un servicio flojo o incompetente. Si se limpia el rotor con

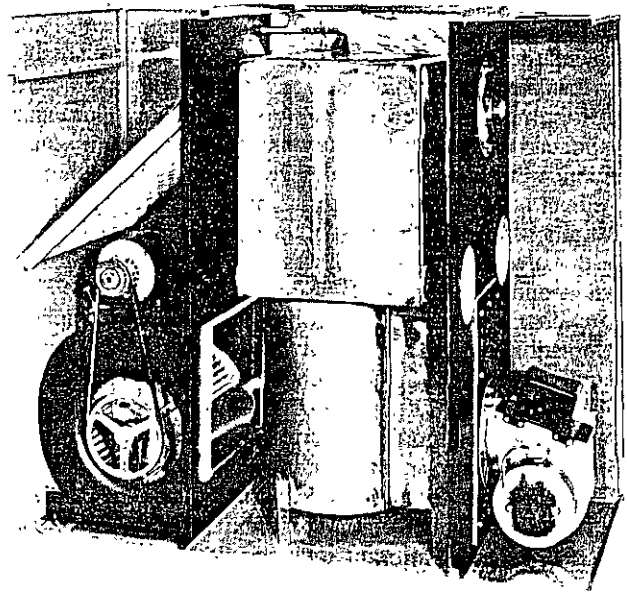
un cepillo, sin desarmarlo, siempre se presentará mucha vibración. Nunca toque un rodete a menos que vaya a desarmar el soplador y a limpiar con cuidado el rotor. Se necesita sumergirlo en detergente y agua, o emplear equipo de limpieza a chorro. A continuación, cuando esté armada la unidad, asegúrese que el impulsor gire en la dirección correcta. Los impulsores con aspas inclinadas al revés sólo suministran un 25% de la cantidad necesaria de aire<sup>2</sup>.

**O16. Transmisión del soplador:** Los sopladores con transmisión de bandas tienen una mayor probabilidad de problemas de vibración que los de acoplamiento directo al motor, a causa del mayor número de partes que intervienen. El problema más común es el de la tensión de las bandas. La mayoría de la gente cree que mientras más tensa esté la banda, mayor será la eficiencia. En realidad éste no es el caso. Mientras más apretada esté la banda, más tiene que trabajar el motor para hacer que entre y salga la banda de las poleas. Por lo tanto, la banda debe estar tan floja como sea posible sin que resbale al arranque.

La figura A15-27 muestra la prueba para dar tensión correcta a la banda. Debe usted poder hacer que se desvíe la banda de  $\frac{3}{4}$ " a 1" a medio camino entre los ejes. Es importante el alineamiento de las poleas del motor y el soplador para mantener la vibración a un mínimo, así como para reducir el desgaste de los lados de la banda.

Por último, cada polea, tanto la del motor como la del soplador, deben revisarse para ver si tienen excentricidad. Cualquier torcimiento que origine oscilación en la polea se debe corregir cambiando ésta.

**O17. Ruido de expansión en las secciones del cambiador de calor:** La figura A15-28 muestra una unidad de tres



**FIGURA A15-28** Cambiador de calor con quemador de petróleo.

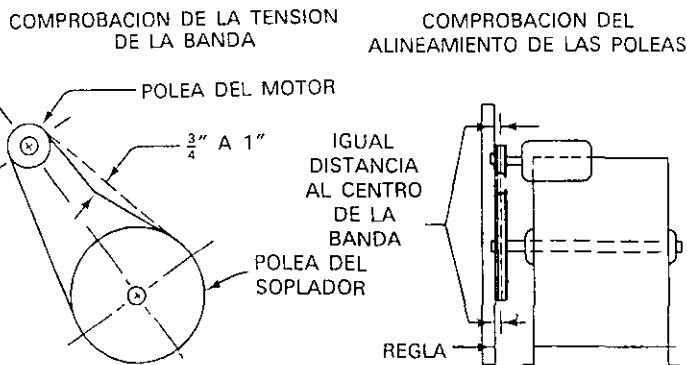
secciones, y cada una tiene una "almeja" izquierda y una derecha de acero estampado con las orillas soldadas entre sí. Las secciones se sueldan a continuación en forma de pila sujetándolas a la placa delantera de montaje y a la banda trasera de retén. A veces, en el proceso de soldadura, se establecen esfuerzos en la zona soldada si los dos metales están a distintas temperaturas cuando se forma la liga. Esto tiene como resultado ruidos de expansión de carácter diverso, como tics o pops cuando el cambiador se calienta o se enfría. La mayor parte de las veces estos ruidos se amortiguan por la caja de unidad y el sistema de ductos, hasta un nivel que no son indeseables.

El otro ruido de expansión que se puede presentar se llama "efecto de la aceitera", que es el movimiento súbito de una superficie metálica plana donde ha quedado un esfuerzo durante el proceso de ensamblado. Este esfuerzo hace que el metal adquiera una posición ligeramente cóncava o convexa, en lugar de plana.

El cambio de temperatura originará un aumento del esfuerzo en el material hasta que el metal cambia rápidamente de posición, adquiriendo la forma contraria a la de su posición original. Este cambio producirá un sonido fuerte, que se oye por todo el recinto acondicionado.

Las superficies planas grandes en los cambiadores de calor de tambor y radiador se deben cruzar o descomponer en triángulos para evitar el efecto de la aceitera. Si se pueden quitar y cruzar, en general se elimina el problema. Si no se pueden quitar, habrá que remplazar el cambiador de calor.

**O18. Ruidos de expansión y contracción de ductos:** Todo ducto metálico tiene determinada cantidad de expansión o contracción cuando cambia la temperatura. Los ductos de aluminio se expanden bastante más por grado de cambio de temperatura que los de acero galvanizado, y



**FIGURA A15-27** Alineamiento de poleas y tensado de banda (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc)

<sup>2</sup> N. del T.. Cuando se trate del rotor de un soplador con transmisión de poleas y bandas, antes de desarmar el rotor haga una marca de la orientación que guarda con respecto al eje. Es decir, trace una línea que comience en la flecha y termine en el rotor. Cuando lo vuelva a armar, vea que las dos líneas coincidan. Es necesario esto porque lo que se balancea en fábrica es el conjunto de polea, eje y rotor. Una vez balanceados no deben perder su orientación relativa.

están más propensos a provocar ruidos de contracción o expansión.

La causa principal de ruido de ductos es un montaje demasiado rígido. La ductería clavada directamente a las vigas del piso será extremadamente ruidosa, porque no se puede mover cuando cambia la temperatura. También estará más propensa a causar incendios porque el ducto caliente está en contacto con los alambres.

La ductería bien instalada cuelga a aproximadamente 1 pulgada bajo las vigas del piso. Se usan abrazaderas de metal, fijas a las vigas, y que se prolongan por abajo del ducto. El soporte tiene la forma de un trapecio, que permite movimiento libre del ducto sin distorsiones.

**O19. Demasiada carga en el motor del soplador:** El consumo de amperes del motor del soplador se eleva mucho más rápidamente que el aumento de carga. Por lo tanto, un aumento pequeño en la carga del soplador puede originar un aumento mayor en el consumo de corriente. También puede causar temperaturas del motor mayores que la normal, y acortamiento en la vida del motor.

Mida el amperaje al motor en carga normal. No debe

ser mayor que el amperaje de placa. Si es mayor y no se puede reducir la carga, se debe cambiar el motor por uno mayor. Aún cuando el motor que maneje la carga sea mayor, los watts de potencia consumida en general serán menores que cuando se tiene el motor más chico trabajando en condiciones de sobrecarga.

**O20. Tamaño incorrecto de la unidad:** Durante muchos años, si la unidad necesaria era de 100,000 Btu/h, el dueño pedía una de 150,000 Btu/h creyendo que mientras mayor fuera la unidad, mejor ("la unidad no tiene que trabajar tan duro"). Esto ocasiona un fuerte desperdicio de combustible y un alto costo de operación. Ahora sabemos que la unidad debe estar dimensionada en forma correcta para tener eficiencia máxima y mínimo costo de operación.

Se debe calcular la pérdida real de calor de la estructura con los manuales más recientes de la librería de sistemas ambientales publicados por la Air-Conditioning Contractors of America (ACCA). Estos manuales se actualizan en forma constante, y dan los resultados más exactos. La unidad se debe dimensionar entonces para quedar dentro de la capacidad adecuada  $\pm 10\%$ .

## PROBLEMAS

**A15-1.** ¿Qué es lo primero que hay que revisar si la unidad de calefacción no trabaja?

**A15-2.** ¿Qué es lo primero que hay que revisar si no hay calor porque la válvula de gas no abre?

**A15-3.** ¿Cuál sería el modo más fácil para ver si hay un circuito abierto en el termostato o en la subbase?

**A15-4.** Hay voltaje en las terminales de la válvula de gas, pero la válvula no abre. ¿Cuál debe ser la siguiente prueba?

**A15-5.** La temperatura del recinto es mucho más alta o mucho más baja que la de ajuste del termostato. ¿Qué se debe revisar?

**A15-6.** El ramal de tubería de gas LP que suministra a una unidad exterior de calefacción siempre debe salir en el lado de arriba de la tubería principal. ¿Por qué?

**A15-7.** El termopar que más se usa en las unidades de calefacción con quemador de gas debe desarrollar entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ mV.

**A15-8.** Para reducir la posibilidad que causen daños el agua, sedimento, óxido, etc., del tubo de suministro, se debe instalar un dispositivo que se llama \_\_\_\_\_ en la tubería antes de la unidad.

**A15-9.** El fuego en el compartimiento del quemador principal o el de control se origina principalmente por \_\_\_\_\_

**A15-10.** La causa de una flama totalmente azul es \_\_\_\_\_.

**A15-11.** El efecto de una flama totalmente azul es \_\_\_\_\_.

**A15-12.** ¿Cuál es la causa principal de la explosión o extinción de un quemador?

**A15-13.** La tolerancia de entrada o consumo de una unidad de calefacción con quemador de gas es + \_\_\_\_\_ a - \_\_\_\_\_ %.

**A15-14.** Una causa predominante de frecuentes paros y arranques del ventilador es \_\_\_\_\_.

**A15-15.** Dos causas por las que la válvula del gas abra y cierre con frecuencia, aun cuando el ventilador trabaje continuamente son: \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.

**A15-16.** Los ajustes correctos del control del ventilador son \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ °F encendido y \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ °F apagado.

**A15-17.** El primer síntoma de que los filtros de aire están sucios es \_\_\_\_\_.

**A15-18.** ¿Cuál es el modo más fácil de revisar si hay tiro correcto en el divisor o caperuza?

**A15-19.** La causa principal de la oxidación de los cambiadores de calor es que haya cloro o flúor en el aire de combustión. ¿Cuáles son dos productos comunes que podemos considerar como fuentes de esas sustancias?

- A15-20.** ¿Cuáles son los tres métodos que se pueden usar para eliminar el efecto de tubo de órgano, o resonancia?
- A15-21.** ¿Qué tipo de dispositivo de control usa un relevador de protección montado en la chimenea para accionar la secuencia del quemador?
- A15-22.** ¿Qué tipo de dispositivo de control usa un relevador de protección montado en el quemador para accionar la secuencia del quemador?
- A15-23.** Cuando le llamen a arreglar un quemador que no puede mantenerse en operación, ¿cuál es lo primero que hay que revisar?
- A15-24.** Si hay corriente de 120 V al quemador de petróleo y el termostato está desplazado a todo lo que da, si no trabaja el quemador, ¿cuál es la forma más fácil de revisar el circuito del termostato?
- A15-25.** ¿Cuál es la causa más común de falla de ignición?
- A15-26.** El modo más fácil de ajustar los electrodos es doblar los conductores ¿Cierto o falso?
- A15-27.** ¿Cuál es la causa más común de falta de suministro de combustible al quemador de petróleo?
- A15-28.** La tolerancia de entrada o alimentación de una unidad de calefacción con quemador de petróleo es de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ % de la entrada nominal.
- A15-29.** Cuando está a temperatura ambiente, una chimenea debe ser capaz de producir un tiro de \_\_\_\_\_ o mejor.
- A15-30.** Las boquillas de un quemador de petróleo se pueden limpiar con un cepillo de alambre. ¿Cierto o falso?
- A15-31.** ¿Qué provoca la acumulación de carbón en el extremo del impulsor de un cañón de quemador?
- A15-32.** Se pueden emplear limpiadores químicos para limpiar un cambiador de calor con demasiada acumulación de hollín. ¿Cierto o falso?
- A15-33.** Si hay humos de aceite en la zona acondicionada después de poner en marcha la unidad, ¿que es lo primero que se debe revisar?
- A15-34.** ¿Cuál es la causa más común de pulsación cuando comienza a trabajar una unidad con quemador de petróleo?



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

#### **AIRE ACONDICIONADO A 16 EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBAS PARA AIRE ACONDICIONADO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A16

## Equipo de medición y pruebas para aire acondicionado

===== A16-1

### GENERALIDADES

En el capítulo R22 se describieron los instrumentos y procedimientos que se aplican a la parte de refrigeración del sistema. Si éste se aplica al enfriamiento de una lechería, de un congelador de alimentos o de un sistema de aire acondicionado, se necesitan los mismos instrumentos y equipos de prueba para llevar a cabo los procedimientos de servicio. El sistema de aire acondicionado depende del movimiento adecuado del aire, y por lo tanto los instrumentos que se usan en esta fase son muy importantes. En el capítulo A4 se mencionaron algunos de ellos. Sin embargo, ahora los repasaremos con mayor detalle.

===== A16-2

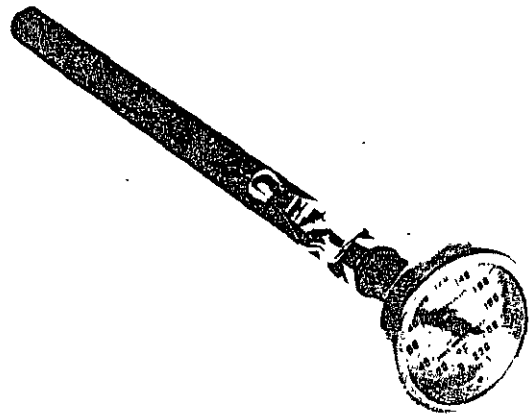
### MEDICION DE TEMPERATURA

Para determinar si se aplica la carga correcta al serpentín de expansión directa en el sistema de acondicionamiento de aire, se debe medir la caída de temperatura del aire que pasa por el serpentín. Para determinar si en el sistema existe la cantidad correcta de refrigerante, se debe medir la temperatura del líquido que sale del condensador. Para determinar la capacidad de la unidad, se debe medir la temperatura del aire que entra y sale de la unidad de condensación. Todas esas mediciones necesitan el empleo de termómetros exactos.

En los años recientes el termómetro de carátula ha remplazado al de vidrio cuando se trata de instrumentos de bolsillo. También tiene un estuche y un broche para el bolsillo (figura A16-1). El termómetro de carátula es más cómodo o más práctico para empleo en medición de temperaturas de aire en un ducto, o para adosarlo al tubo de líquido de la unidad. En el servicio de aire acondicionado los límites

más comunes son de 140 a +160°F (-40 a +70°C). Para operación de ciclo de aire acondicionado se puede usar uno de +25 a +125°F (-4 a 52°C), pero las temperaturas son muy bajas para usarlo en operación del ciclo de calefacción.

Un termómetro más exacto y de lectura más fácil es el de estado sólido o digital. Tiene cifras grandes de LEDs (diodos emisores de luz) rojos y sensores tipo termistor, y se pueden leer temperaturas con 0.5% de exactitud, más o menos un dígito. En la figura A16-2 se muestra una escala con cuatro sensores. La escala es de -60 a +300°F (-51 a +150°C) y cubre los límites que se emplean en la mayor parte de los procedimientos de servicio de calefacción y aire acondicionado, a excepción de las temperaturas de chimenea de los calentadores. Para este objeto se usa un termopar con límites de 0°F (-18°C) a 1200°F (650°C) (véase figura A16-3).



**FIGURA A16-1** Termómetro de carátula de bolsillo (Cortesía de Robnar Manufacturing Corporation)

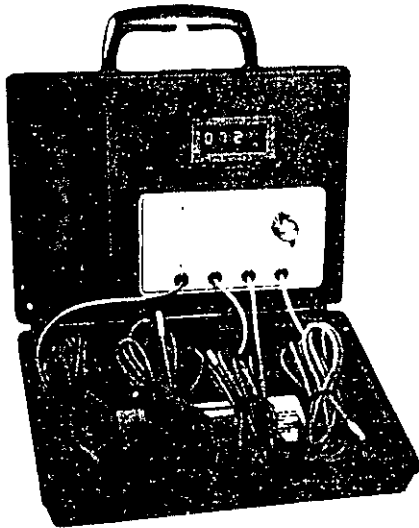


FIGURA A16-2 Termómetro digital con cuatro sensores (Cortesía de Robman Manufacturing Corporation)

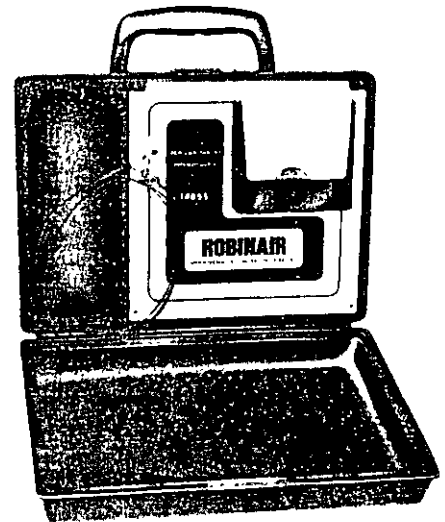


FIGURA A16-3 Termopar para medir temperaturas (Cortesía de Robman Manufacturing Corporation)

Las condiciones de temperatura de bulbo seco y de humedad relativa del aire que entra al serpentín de expansión seca, se necesitan para determinar la caída correcta de temperatura del aire a través de éste. Para medir temperaturas del bulbo seco y húmedo se usa un psicrómetro de honda. Para ello se usan dos termómetros de vidrio, uno de ellos con su bulbo cubierto con un saquito o mecha de trapo mojado. La figura A16-4 muestra ese psicrómetro con su estuche. Entre los termómetros, al lado derecho, está el asa del pivote. Se usa esa asa teniendo colgado el psicrómetro en ángulo recto y se moja la mecha para obtener las temperaturas de bulbo seco y húmedo. Se hace girar a unas 120 rpm, o sea, a 2 revoluciones por segundo. Se continúa con el giro hasta que las indicaciones de los dos termómetros se repitan varias veces. Los termómetros están en equilibrio con las temperaturas respectivas del aire. Después de haber obtenido las dos temperaturas, consulte el capítulo A3 para determinar las propiedades del aire que se probó.

==== A16-3  
 ===== **MEDICION DE PRESION**

En el capítulo A3 se describieron las presiones que intervienen en el manejo del aire por el sistema de suministro y retorno. Los manómetros para límites de 0 a 1.5 pulg de columna de agua son de tubo de vidrio, y ya se describieron. Los manómetros como el que muestra la figura A16-5 se llaman manómetros inclinados. La razón que el fluido se encuentre en un ramal inclinado es para ampliar la escala en intervalos más grandes, para tener lecturas más exactas. Este instrumento tiene unos límites de 0 a 1 pulg de columna de agua, repartidos en una escala de 8 pulgadas de longitud. Algunos instrumentos usan una escala de 12 pulg para tener todavía mayor exactitud.

Además de tener que medir presiones pequeñas con gran exactitud, podrá necesitarse determinar presiones hasta de 3 pulgadas. La figura A16-6 muestra un instrumento

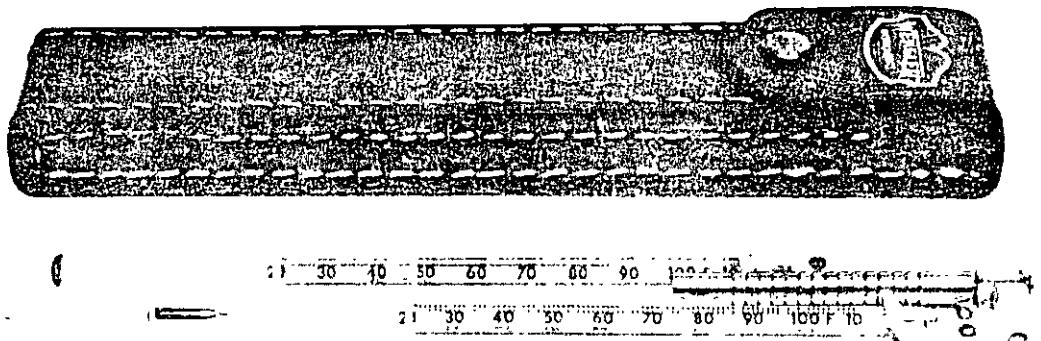


FIGURA A16-4 Psicrómetro de honda (Cortesía de Robman Manufacturing Corporation)



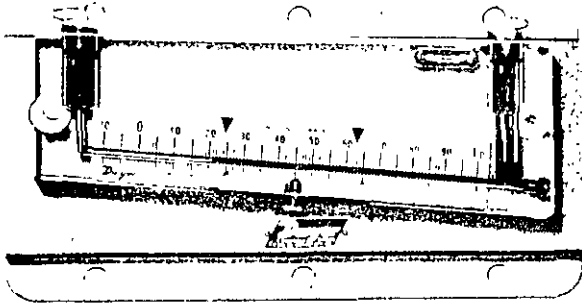
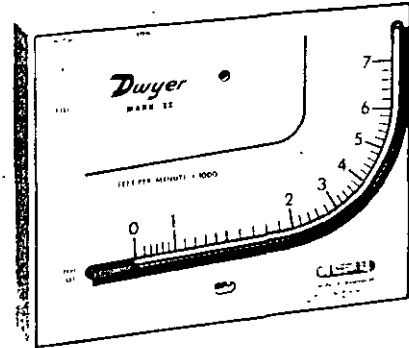
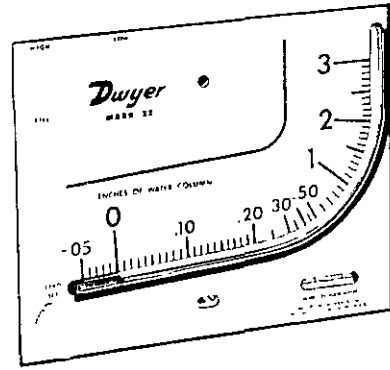


FIGURA A16-5 Manómetro inclinado (Cortesía de Dwyer Instruments, Inc )

de escala combinada, de -0.05 a 3 pulgadas de columna de agua, y de 0.3 a 3 pulgadas en un tubo curvo a la vertical. Se aplica en sistemas comerciales e industriales que emplean mayores presiones estáticas para impulsar al aire por ductos más pequeños.

Como se puede usar el manómetro para indicar presión de velocidad juntamente con un tubo pitot (véase capítulo A3), la escala se puede calibrar para indicar velocidad de aire en pies por minuto. Esa velocidad, multiplicada por el área del ducto en pies cuadrados, dará los pies<sup>3</sup>/min que pasan por el ducto.



b

FIGURA A16-6 Manómetro de rango amplio (Cortesía de Dwyer Instruments, Inc )

==== A16-4

==== **MEDICION DE CANTIDAD**

En algunos casos, se debe medir la cantidad de aire que sale de las rejillas de suministro, o que entra a las de retorno,

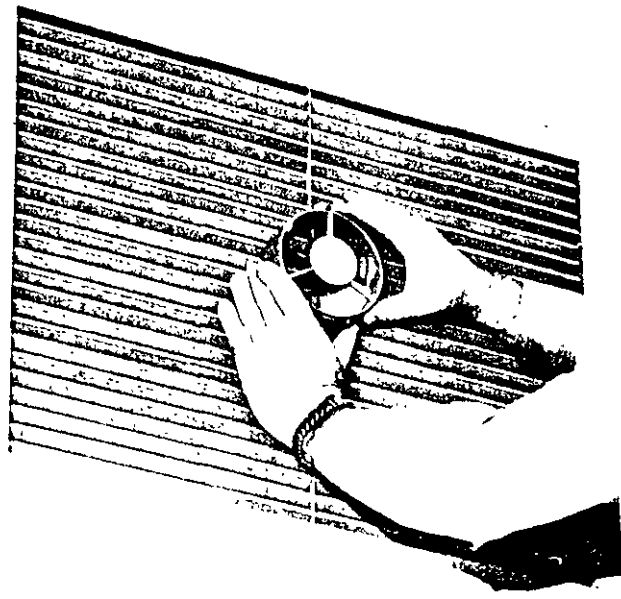
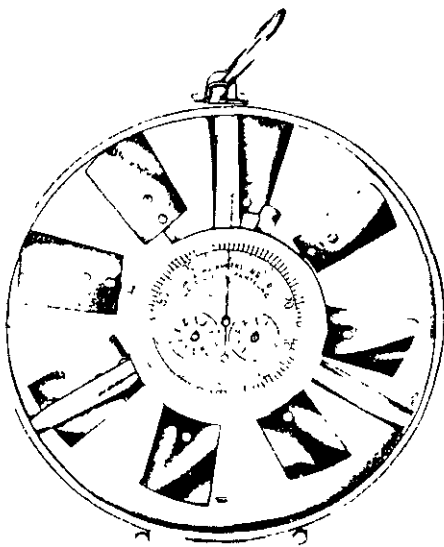


FIGURA A16-7 Anemómetro de aspas



**FIGURA A16-8** Campana de medición de cantidad de aire (Cortesía de Alnor Instruments Company)

para balancear el sistema de acuerdo con sus especificaciones. El instrumento que más se usa para ello es el anemómetro. Se muestra en la figura A16-7, y consiste en aspas

montadas en un eje que giran cuando se colocan en la corriente de aire de una salida de suministro o de una entrada de retorno. Al centro hay una carátula que indica los pies cúbicos. Para tomar el tiempo se usa un cronómetro. Si se deja trabajar al instrumento durante 1 minuto, indicación total de la carátula será el número de pies cúbicos de aire por minuto. En algunos casos se podría necesitar que el anemómetro trabajara durante más de un minuto. Las mediciones con mayor duración dan promedios que son más exactos.

La campana de flujo es un instrumento que indica la cantidad de aire en forma directa. Este instrumento, que se ve en la figura A16-8, indica los pies cúbicos por minuto porque dirige todo el aire a una campana a través de una abertura del instrumento. Está calibrado para indicar directamente en pies<sup>3</sup>/min.

===== A16-5

===== **MEDICION DE DIMENSIONES**

El tamaño del ducto en pies cuadrados, la longitud de los tubos de refrigerante, la altura libre sobre el serpentín, etc., son necesarias para instalar y dar servicio a equipo de aire acondicionado. Todo técnico de servicio debe tener algún tipo de medidor de distancia. El más común es el flexómetro de acero de caja con guardado automático. Queda protegido en el estuche, sin embargo está disponible y tiene la forma de una cinta de acero flexible. El más práctico es el que tiene de 5 a 10 metros, de tipo retráctil.

Se deben reparar los instrumentos que se describieron en el capítulo R22 antes de comenzar los próximos capítulos sobre localización de fallas en aire acondicionado.

===== **PROBLEMAS** =====

- A16-1. ¿Por qué es importante la medición de la caída de temperatura del aire que pasa por el serpentín de expansión seca?
- A16-2. El subenfriamiento del refrigerante líquido que sale del condensador debe medirse para determinar si la \_\_\_\_\_ es correcta.
- A16-3. Para medir las condiciones del aire de retorno al serpentín se usa un \_\_\_\_\_.

- A16-4. La causa de la inclinación de la escala y el fluido de indicación de presión en un manómetro inclinado es \_\_\_\_\_.
- A16-5. Los instrumentos que se pueden emplear para medir la cantidad de aire de un registro o rejilla se llaman \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

## **AIRE ACONDICIONADO A 17 PUESTA EN MARCHA, PRUEBA Y OPERACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# Acondicionamiento de aire: puesta en marcha, pruebas y operación

A17-1

## GENERALIDADES

El único objetivo de la puesta en marcha, pruebas y operación correctas es tener la unidad de aire acondicionado produciendo las condiciones deseadas de confort al menor costo de operación. Esto quiere decir que se debe tener la cantidad correcta de aire (la carga de enfriamiento) pasando por el serpentín de expansión seca y que el sistema de refrigeración debe trabajar a su eficiencia máxima.

Una unidad de aire acondicionado sólo transfiere calor de un lugar y lo lleva en otro mediante el cambio de estado de un refrigerante. La carga del serpentín debe ser la correcta, dependiendo de la temperatura y el contenido de humedad del aire que se va a enfriar. Por lo tanto, la cantidad de aire que pasa por el serpentín de expansión seca debe ser la correcta.

El sistema de refrigeración debe ser capaz de transmitir la cantidad deseada de calor al igual que de eliminar todo el calor agregado que entra con la electricidad consumida. Cada parte componente, al igual que la cantidad de refrigerante, debe estar bien, correcta y funcionando en forma adecuada. Con los pies<sup>3</sup>/min correctos pasando por el serpentín y el sistema trabajando bien, la unidad entregará su capacidad diseñada. Para determinar si la unidad trabaja en forma correcta, se revisa cada fase de la operación.

Se debe obtener información específica cuando se ponga en marcha la unidad, cuando se revise, y para determinar si el sistema trabaja a su eficiencia máxima. A continuación presentamos una lista sugerida de la información necesaria para la puesta en marcha, revisiones y pruebas de eficiencia:

1. Unidad de condensación, modelo, N° \_\_\_\_\_
2. Unidad de condensación, N° de serie \_\_\_\_\_
3. Fecha de instalación \_\_\_\_\_
4. Tipo de dispositivo de reducción de presión
  - a. Válvula de expansión \_\_\_\_\_
  - b. Tubo capilar \_\_\_\_\_
5. Fusibles tipo \_\_\_\_\_ tamaño \_\_\_\_\_ amperes
6. Tamaño del cable a la unidad de condensación \_\_\_\_\_
7. Voltaje de línea con la unidad de condensación apagada: \_\_\_\_\_ volts
8. Estado del filtro de aire: \_\_\_\_\_
9. Voltaje a la unidad de condensación al tratar de arrancar: \_\_\_\_\_ volts
10. Amperaje:
  - a. Al arranque: \_\_\_\_\_
  - b. En marcha: \_\_\_\_\_
11. Temperatura del aire de retorno y humedad relativa en la rejilla de aire de retorno: \_\_\_\_\_ °F y \_\_\_\_\_ % HR
12. Temperatura del aire de retorno a la unidad: \_\_\_\_\_ °F
13. Temperatura de aire de suministro a la unidad: \_\_\_\_\_ °F
14. Caída de temperatura del aire al pasar por el serpentín de expansión seca: \_\_\_\_\_ °F
15. Temperatura de aire de suministro en el registro de suministro: \_\_\_\_\_ °F
16. Temperatura del tubo de succión en el serpentín de expansión seca: \_\_\_\_\_ °F
17. Presión en succión del compresor \_\_\_\_\_ psig y temperatura de ebullición en el serpentín de evaporación seca: \_\_\_\_\_ °F
18. Sobrecalentamiento del serpentín de evaporación seca: \_\_\_\_\_ °F

19. Temperatura del tubo de succión en el compresor: \_\_\_\_\_ °F
20. Temperatura del aire que entra al condensador: \_\_\_\_\_ °F
21. Presión de descarga del compresor (temperatura de condensación) \_\_\_\_\_ °F
22. División del condensador \_\_\_\_\_
23. Temperatura en tubo de líquido: \_\_\_\_\_ °F
24. Subenfriamiento del líquido. \_\_\_\_\_ °F
25. Temperatura del aire que sale del condensador \_\_\_\_\_ °F
26. Pies<sup>3</sup>/min a través de la unidad de condensación: \_\_\_\_\_

===== A17-2

===== **PRUEBAS ANTES DE PONER EN MARCHA LA UNIDAD**

Los puntos 1 al 8 se usan antes de poner en marcha la unidad.

1. Para el archivo de la historia de servicio se deben anotar el número de modelo (1), el número de serie (2) y la fecha de instalación (3). Cualquier asunto acerca de posible garantía, al igual que la historia de servicio, se pueden tener en cuenta. ¿Es una unidad nueva y el arranque será inicial, o cuánto tiempo ha estado ya trabajando?
4. Los sistemas con válvula termostática de expansión trabajan distinto en lo que concierne a presiones y temperaturas del refrigerante. Esto se debe tener en cuenta.
5. Tipo de protección fusible: fusible sencillo o interruptor termomagnético. En motores con alta corriente de arranque se deben usar fusibles o interruptores termomagnéticos con demora. Si no son del tipo de demora, se deben cambiar antes de poner en servicio la unidad. Si no se hace esto, se tendrán cortes innecesarios. ¿Son los fusibles o cortacircuitos con demora del tamaño correcto? Las unidades de condensación tienen un tamaño de fusible estampado en la placa. Si los fusibles son de menor capacidad que la especificada ocasionarán cortes innecesarios. Los fusibles o interruptores termomagnéticos que sean mayores que los especificados no darán la protección que evite daños eléctricos.
6. Tamaño del conductor a la unidad de condensación. El cable que lleva corriente a esa unidad debe ser del diámetro suficiente para evitar demasiada caída de voltaje cuando la unidad trata de arrancar. Si el cable está sobredimensionado, en general también la protección de interruptor termomagnético estará sobredimensionada, con lo cual se reduce la protección a la unidad, al igual que se origina un aumento innecesario en costos de materiales y de instalación. Los conduc-

tores subdimensionados originarán demasiada caída de voltaje y problemas de arranque con la unidad.

7. Voltaje de línea estando apagada la unidad de condensación. El voltaje en la unidad apagada, o voltaje sin carga, debe estar dentro de las especificaciones de voltaje para la unidad. Estas son el 10% de más o de menos con respecto al voltaje nominal si la unidad es monofásica. Si el voltaje nominal es 230 V, el máximo sería 253 V y el mínimo 207 V. Las unidades para 240 V tienen límites de 264 V como máximo y 216 V como mínimo. Esos voltajes son los extremos que tolera la unidad para continuar trabajando. Esto no quiere decir que sus componentes vayan a tener la vida máxima de diseño. Para alcanzarla, el voltaje de suministro debe ser igual al voltaje nominal. En las unidades trifásicas de voltaje dual, la tolerancia es 10% de más o 5% de menos con respecto al valor nominal. Esto quiere decir que en una unidad de rango amplio, de 208 a 230 V, el máximo es 230 V más 10%, o sea 253 V, y el mínimo es 208 V menos 5%, o sea 197.6 V.
8. Estado del filtro de aire. La cantidad de aire que pasa por el serpentín de expansión seca influye mucho sobre la eficiencia del sistema, como describiremos después en los pasos 11 a 19. Por lo tanto, se debe revisar el filtro de aire antes del arranque para eliminar la posibilidad de errores de prueba. Aunque posiblemente no se vean como una alfombra a causa del polvo y la pelusa de la superficie, se aconseja reemplazar los filtros desechables al principio de cada estación de trabajo: primavera para enfriamiento y otoño para calefacción. Si el sistema tiene un filtro de aire electrónico, se debe limpiar cuando menos dos veces al año y revisar cada mes. En algunas zonas polvosas, se debe limpiar seis veces al año como mínimo.

===== A17-3

===== **PRUEBAS AL PONER EN MARCHA LA UNIDAD**

Se deben hacer dos mediciones eléctricas al poner en marcha la unidad. Se debe conectar un voltímetro entre las terminales de alto voltaje del lado del suministro del contactor, y el amperímetro de gancho debe abarcar uno de los conductores al contactor.

9. Voltaje en la unidad de condensación cuando trata de arrancar. Cuando se conecta la carga de arranque a la línea, el contactor cierra y conecta la carga del compresor y del ventilador del condensador. El voltaje no debe bajar más de 5 V. Si lo hace, el problema puede consistir en cualquiera de los siguientes casos:
  - a. El diámetro del conductor podría ser muy pequeño en comparación con la longitud instalada. La mayor parte de las unidades presentan el tamaño de conductor en *ampacidad* o capacidad en amperes, basada en longitud de conductor de 20 a 30 metros

(60 a 100 pies) entre el tablero de distribución y la unidad.

b. El tamaño de servicio de acometida a la construcción podría ser pequeño. Se debe repetir la prueba de arranque, midiendo el voltaje en el cortacircuitos del tablero de distribución. Si la caída de voltaje en el tablero es menor que 5 V cuando en la unidad es más de 5 V, el circuito del ramal a la unidad tiene conductor muy pequeño. Si la caída en el cortacircuitos también es mayor que 5 V, el conductor de servicio a la construcción es demasiado pequeño, o bien el transformador de distribución de potencia es pequeño o está sobrecargado. Para resolver este problema se debe poner en contacto con la compañía eléctrica

Consumo de corriente en amperes de la unidad en (a) el arranque, y (b) marcha. Siempre que se pone en marcha una carga inductiva (motor), hay un gran paso de corriente, y en 1 segundo esa corriente debe bajar a los amperes a plena carga. Se debe vigilar el amperímetro durante el proceso de arranque para asegurar que todo esté correcto y trabajando bien. La unidad debe tomar la corriente adecuada inicial y en marcha para permanecer en la línea. Si la corriente no baja bastante después del arranque, *se debe desconectar de inmediato la unidad*. Los amperes de la unidad a rotor bloqueado, y los amperes a plena carga aparecen en la placa.

A17-4

## FLUJO DE AIRE POR EL SERPENTIN DE ENFRIAMIENTO

Para revisar una unidad de aire acondicionado, *se debe establecer la carga correcta en el serpentín de expansión seca*. Esto quiere decir que debe pasar la cantidad correcta de aire por el serpentín. En estas condiciones la unidad producirá la caída deseada de temperatura del aire. Por lo tanto, tan sólo es necesario medir la  $\Delta T$ , °F del aire que pase por el serpentín. A 80°F (27°C) de bulbo seco y 50% de humedad relativa en el aire de retorno de la unidad, la caída correcta de temperatura debería ser 20°F (11°C). Como el contenido de calor del aire cambia cuando cambia la temperatura y/o la humedad relativa, si la cantidad de aire es correcta producirá varias caídas de su temperatura.

Si aumenta la temperatura y/o humedad, la caída de temperatura va a disminuir. Si la temperatura y/o humedad disminuye, la caída de temperatura del aire va a aumentar. El sistema sólo elimina una determinada cantidad de calor. Por lo tanto, mientras mayor sea la cantidad de calor en el aire, se le eliminará menos calor por pie cúbico. Como la eliminación de humedad (carga latente) no afecta la temperatura, el cambio de humedad relativa tendrá el mayor efecto sobre la caída de temperatura del aire. Para determinar la carga correcta del serpentín (los pies<sup>3</sup>/min correctos), se debe determinar la caída correcta de temperatura. Esto se puede hacer empleando la carta psicrométrica y una escala de relación de carga.

La gráfica de la figura A17-1 se ha trazado para diversas condiciones del aire. En esa gráfica se presentan una serie de humedades relativas de 70 a 30%, y temperaturas de bulbo seco de 65 a 92°F (18 a 33°C). Con un psicrómetro de honda se toman las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo. A continuación se determina la humedad relativa con la carta psicrométrica. Esta carta psicrométrica se explicó en forma detallada en el capítulo A3. Repetimos esta carta en la figura A17-2 para usarla en nuestros ejemplos.

Supondremos que la zona por enfriar, al arranque de la unidad, tiene una temperatura de bulbo seco medida de 88°F (31°C), y de bulbo húmedo de 79°F (26°C). Queremos conocer la caída correcta de temperatura del aire a través del serpentín. Con la carta psicrométrica, vemos que la vertical a 88°F BS y la inclinada de 79°F BH se intersectan a una humedad relativa de 68%.

Con la gráfica de la figura A17-1, cuando seguimos desde el punto en el que se cruzan la línea horizontal de 88°F de bulbo seco y la inclinada de 68% de humedad relativa, al bajar por la vertical hasta la escala de caída de temperatura vemos que se desea una  $\Delta T$  de 17°F. Las condiciones deseadas que deseamos mantener serían 80°F de BS y 50% de humedad relativa, que son a las que se hace la prueba en el ARI. En esas condiciones el aire necesitaría tener una caída de temperatura de 20°F. Suponiendo que las condiciones del aire son 88°F y 40% de humedad relativa, la falta de carga latente haría que el sistema enfriara más el aire, tomando más calor sensible, y la caída de temperatura del aire aumentaría a 24.1°F.

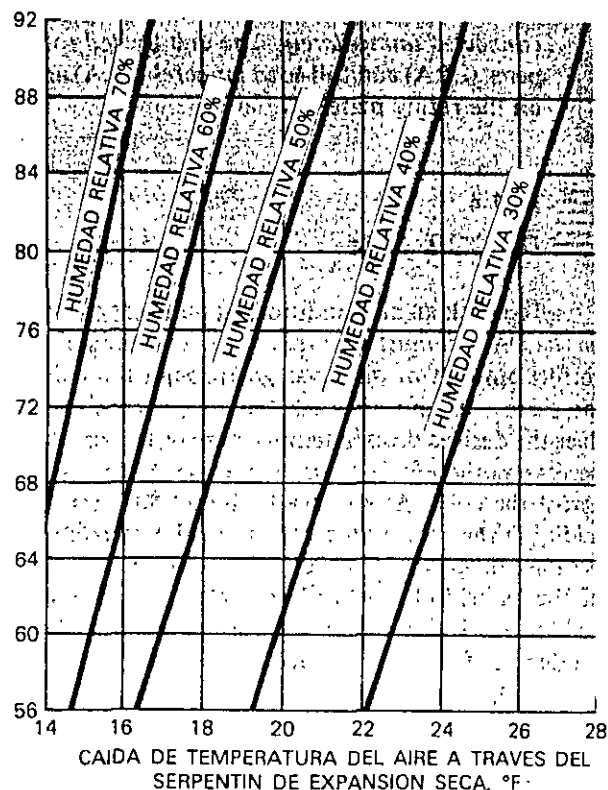


FIGURA A17-1 Caída de temperatura del aire para diversas condiciones

De lo anterior vemos que mientras mayor sea el contenido de calor del aire, en especial del calor latente, menor será la diferencia de temperaturas producida. A la inversa, mientras más seco esté el aire, mayor será su caída de temperatura. Debe darse cuenta que la caída de temperatura que se produce en el aire varía con el contenido calorífico de éste. Una caída de temperatura de 20°F (11°C) sólo es correcta para 80°F (27°C) de bulbo seco y 50% de humedad relativa. Por lo tanto, antes que pueda usted revisar bien una unidad de aire acondicionado, debe establecer la cantidad de aire para obtener la caída correcta de temperatura. Para determinar esa caída correcta, se deben usar el psicrómetro de honda y la carta psicrométrica. Habiendo hecho lo anterior, cualquier problema se puede clasificar como uno del sistema de aire o uno del sistema de refrigeración.

Suponiendo que la unidad se ajustó en forma correcta antes que se desarrollara el problema, si la caída de temperatura es mayor que lo que debería, el problema consiste en una reducción de cantidad de aire; los sistemas de refrigeración no aumentan de capacidad. Si la caída de temperatura es menor de la que debería, el problema está en el sistema de refrigeración, ya que los sopladores no aumentan su capacidad.

11. Temperatura y humedad relativa del aire en la rejilla del aire de retorno. Con un psicrómetro de honda, mida las condiciones del aire antes de entrar a la parrilla de aire de retorno. Esta medición se debe comparar a continuación con las del aire de retorno en la cámara plena de la unidad.
12. Temperatura y humedad relativa del aire de retorno. Tomando las condiciones del aire de retorno en los dos lugares se verá si el sistema de aire de retorno toma aire del exterior de la zona acondicionada. Si hay un aumento de 3°F o mayor en la temperatura del aire de retorno, el sistema de retorno se debe sellar y aislar. Un aumento de 5°F puede reducir la capacidad efectiva del sistema en 20%.
13. Temperatura del aire de suministro en la unidad. Esa temperatura se debe tomar lo suficientemente lejos aguas abajo del serpentín para tener la mezcla del aire procedente de cada sección de éste. El termómetro no se puede colocar a menos de 15 cm de la superficie del serpentín para evitar que la transferencia de calor radiante afecte la indicación del termómetro. También se debe revisar y comparar la temperatura del aire que sale por cada sección del serpentín. Si el serpentín tiene una distribución adecuada de aire y si la distribución del refrigerante es correcta, las temperaturas medidas del aire deben ser iguales. Si se encuentran diferencias de temperatura de más de 2°F (1°C), se debe determinar y corregir el motivo de la diferencia.
14. Caída de temperatura del aire al pasar por el serpentín de expansión seca. Al restar la temperatura del aire de suministro de la del aire de retorno se calcula el  $\Delta T$ , °F del aire que pasa por el serpentín. El que esa  $\Delta T$ , °F sea correcta dependerá de los resultados determinados por la gráfica de caída de temperatura basada en la tempe-

ratura y humedad relativa del aire de retorno (véase sección A17-2)

15. Temperaturas de aire de suministro en los registros del mismo. Como en la revisión de la eficiencia del sistema de retorno de aire, se debe comparar la temperatura del aire que procede de diversos registros con la del aire que sale del serpentín de expansión seca. Se permite una elevación máxima de temperatura de 3°F (1.5°C). Si se encuentra más que eso, se debe aislar el ducto de suministro. Se recomienda un mínimo de 5 cm (2 pulg) de aislamiento con barrera de vapor.
16. Temperatura del tubo de succión en el serpentín de expansión seca. Para determinar el sobrecalentamiento de operación del serpentín, se debe medir la temperatura del tubo de succión en un punto no más alejado que 15 cm del múltiple de succión del serpentín.
17. Presión de succión del compresor. Esta presión se mide en la unidad de condensación, porque es donde ponen la toma de presión la mayor parte de los fabricantes. Esto quiere decir que la presión real en el serpentín de expansión directa es mayor que la presión medida, a causa de la caída de presión, o resistencia al flujo de vapor, en el tubo de succión. Para aumentar la exactitud, se debe sumar la caída de presión en el tubo a la indicación del manómetro. Esta caída de presión en el tubo se puede suponer como 3 psig sin perder mucha precisión.
18. Sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca. Si se resta la temperatura equivalente de la presión de trabajo del serpentín (presión medida en la succión más 3 psig) de la temperatura en el tubo de succión se calculará el sobrecalentamiento de operación bajo condiciones de trabajo de la unidad. Bajo las condiciones normales ARI, la mayor parte de las unidades de aire acondicionado trabajan con un sobrecalentamiento entre los límites de 7 a 10°F (4 a 6°C), con una temperatura exterior de 95°F (35°C).

**Unidades con tubo capilar:** Sin embargo, cuando varía la temperatura exterior, el sobrecalentamiento cambia. La razón es que al cambiar la temperatura exterior cambia la presión diferencial de operación. Ese cambio en presión diferencial cambiará el flujo por los tubos capilares y el del serpentín de expansión seca. Como resultado, el cambio de flujo cambiará el sobrecalentamiento de operación.

La figura A17-3 muestra el efecto de la temperatura exterior, la del aire que entra al condensador y el sobrecalentamiento cuando el interior se encuentra a 80°F (27°C) BS y 50% HR, con una  $\Delta T$  de 20°F (11°C) a través del serpentín. Se ve de lo anterior que no hay ajuste normal de sobrecalentamiento para los sistemas con tubo capilar.

**Unidades con válvula termostática de expansión:** La válvula termostática se puede ajustar para el sobrecalentamiento adecuado cuando se aplica la carga correcta al serpentín de expansión seca. Con la información de la sección A17-2, se deben ajustar los pies/min a través del serpentín a la

# CARTA PSICROMETRICA ASHRAE N° 1

Temperatura normal

PRESION BAROMETRICA 29.921 PULGADAS DE MERCURIO

COPYRIGHT 1963



AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC

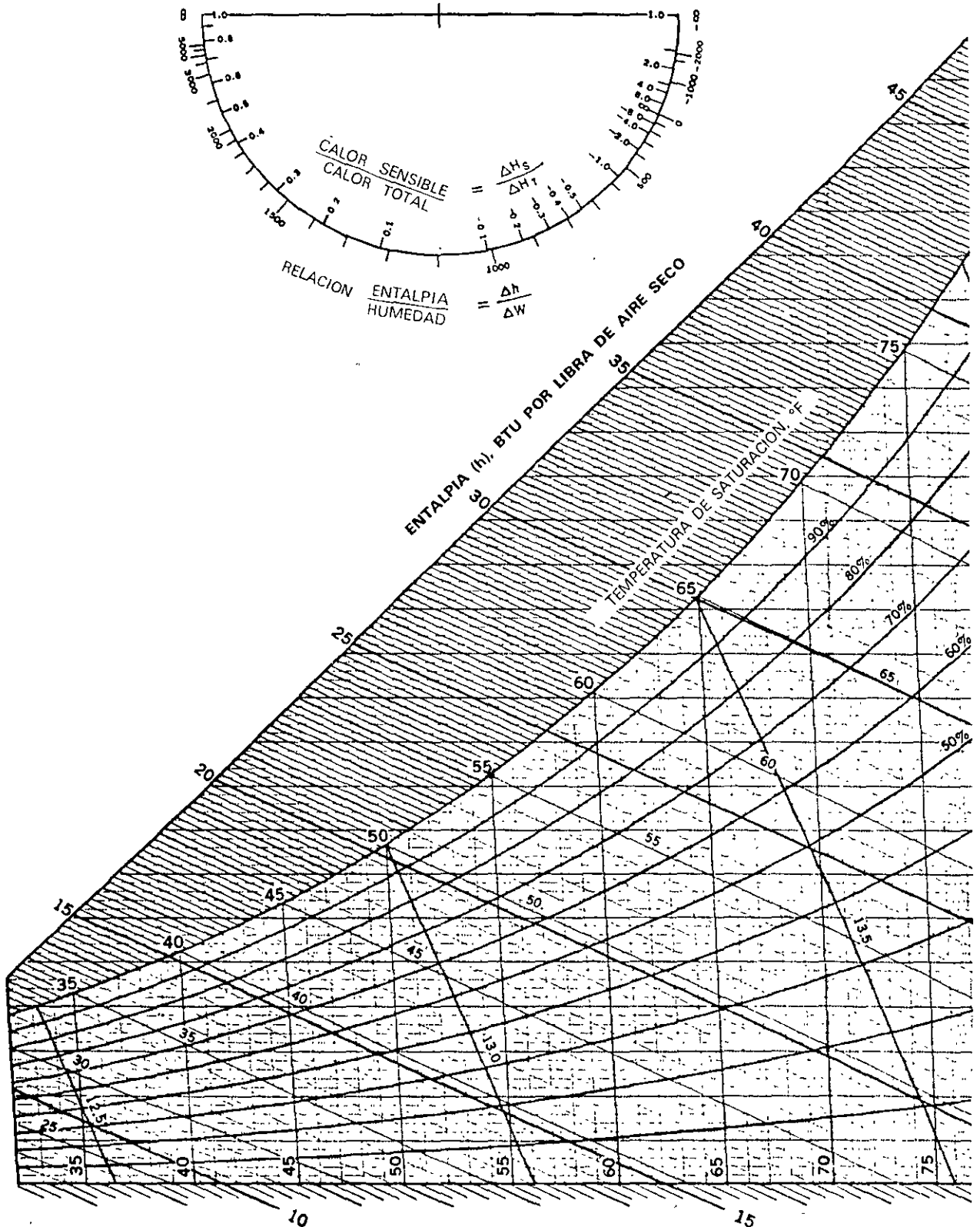


FIGURA A17-2 Carta psicrométrica.



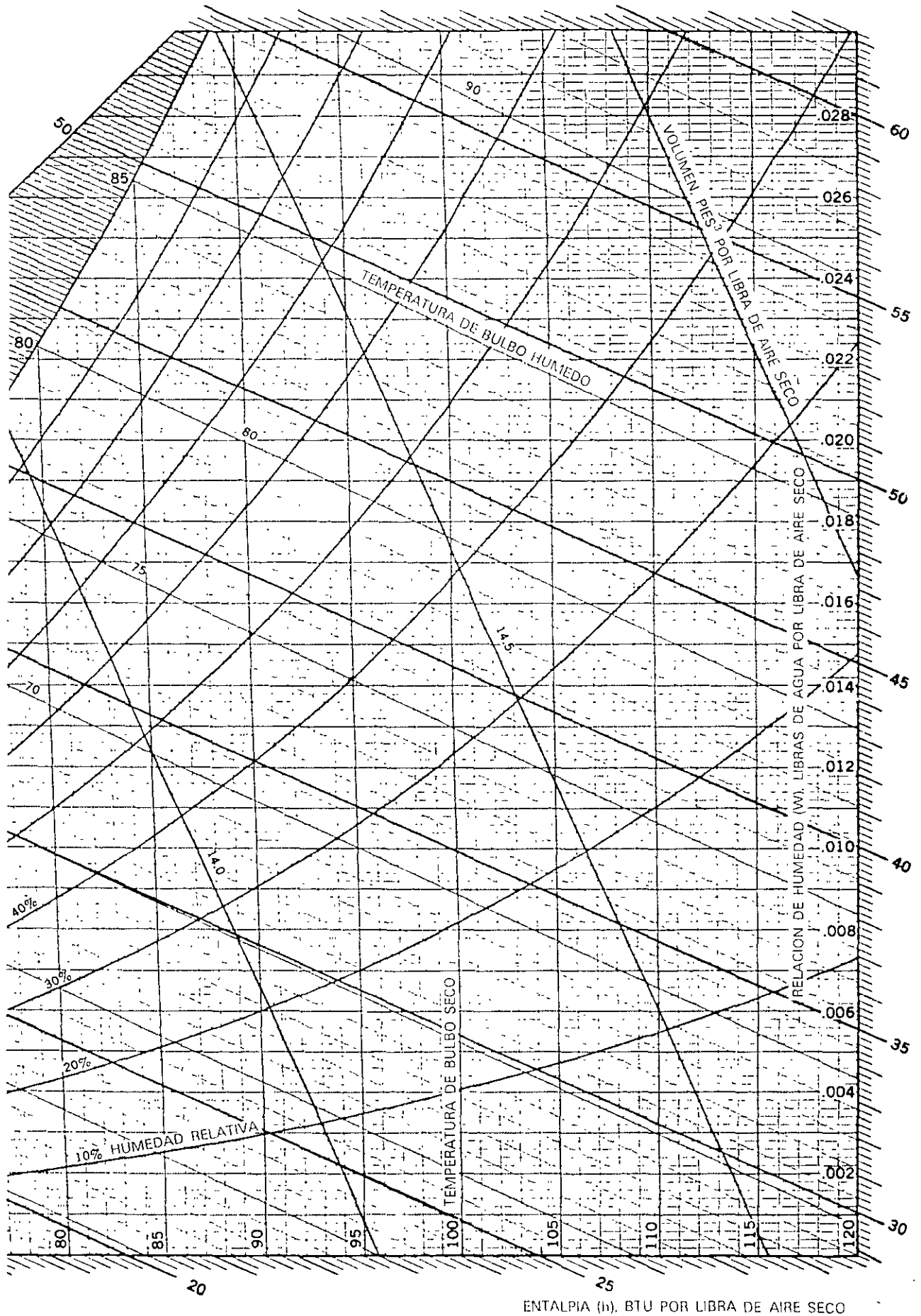


FIGURA A17-2 (Continuación)

**FIGURA A17-3**

Sobrecalentamiento en función de temperatura exterior

Temperatura de aire exterior que entra al serpentín condensador, (°F)	Sobrecalentamiento (°F)
65	30
75	25
80	20
85	18
90	15
95	10
105 o mayor	5

Fuente: Addison Products Company

cantidad correcta, dependiendo de la temperatura de bulbo seco y de la humedad relativa del aire de retorno

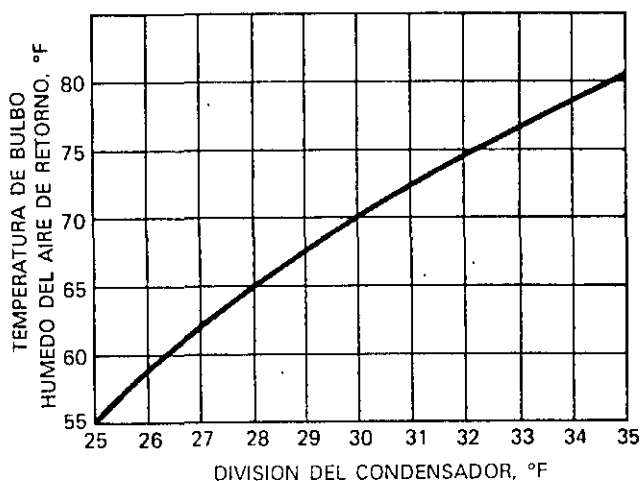
19. Temperatura de succión del compresor. Esta temperatura se debe medir y comparar con la del tubo de succión en el serpentín de expansión seca. Cualquier aumento en la temperatura del gas en el tubo de succión indica que hay ganancia allí. Habrá alguna ganancia aún cuando el tubo esté aislado y ubicado en forma correcta. Es normal un aumento hasta de 10°F (5°C) y no afectará al enfriamiento del motor del compresor. Cualquier aumento de más de 10°F, o bien una temperatura de gas de 80°F (27°C) o mayor podría hacer que se sobrecalentara el motor del compresor y se sobrecargara hasta desconectarse. Cualquier aumento anormal en la temperatura del gas en la succión se debe investigar y corregir.
20. Temperatura del aire que entra al condensador. Esta temperatura, que normalmente se llama temperatura ambiente del condensador, se debe tomar en un lugar directamente frente a la entrada de aire al condensador, pero a más de 15 cm de la superficie de éste. En los condensadores de aire forzado, sería a la entrada del ventilador del condensador. En las unidades con aire inducido, como por ejemplo las de descarga vertical, la temperatura se debe tomar en varios puntos y calcularse su promedio. En los condensadores en forma de U, por ejemplo, las indicaciones de temperatura se deben tomar a ambos lados y en la parte inferior de la U. Se usa el promedio de las tres temperaturas como la temperatura del aire que entra.
21. Temperatura de condensación que corresponde a la presión de condensación. La presión de descarga del condensador, convertida a temperatura de condensación, se usa para determinar la división del condensador, al igual que el subenfriamiento. La mayor parte de las unidades tienen la toma de presión para medir la presión de descarga en el tubo de líquido a la salida del condensador. La diferencia entre esa presión y la real de descarga del compresor es la caída de presión a

través del condensador. Como la resistencia al flujo por el condensador es entre  $1\frac{1}{2}$  y 3 psig, esta magnitud de error en la indicación no se toma en cuenta en el caso general. Sin embargo, en unidades con condensadores remotos, la diferencia podría ser bastante mayor. La presión real de descarga del compresor se debe medir y comparar con la presión del tubo de líquido. Si esta diferencia es más que 10 psig, se deben tomar medidas correctivas.

22. División del condensador. La división de un condensador es la diferencia entre la temperatura de condensación del refrigerante y la del aire que entra al condensador. Hace algunos años se acostumbraba sumar 30°F a la temperatura del aire que entra al condensador y usar el resultado como temperatura de condensación del refrigerante. Era un método muy buido e inexacto de determinar la temperatura de condensación, porque la división depende de la cantidad de calor en el aire que entra al serpentín de expansión seca.

La figura A17-4 es una gráfica del trabajo del condensador de una unidad de aire acondicionado con 28.5°F a las condiciones normales ARI: 95°F (35°C) de temperatura de bulbo seco, 50% humedad relativa, con  $\Delta T$  de 20°F a través del serpentín. En esta gráfica vemos que la cantidad de trabajo que hace el condensador y la división que se produce, varían desde 25°F cuando el aire que entra está a entre 55 y 35°F (12 y 2°C) de bulbo húmedo con aire que entra a 80°F (27°C). Por lo tanto, a menos que se conozcan las características exactas del condensador de la unidad, no es posible usar una división normal de condensador para cargar la unidad hasta una presión diferencial (temperatura de condensación).

23. Temperatura del tubo de líquido. Esta temperatura se debe tomar a menos de 15 cm de la salida del condensador, y anotar como parte del procedimiento de prue-



**FIGURA A17-4** División del condensador en función de la temperatura de bulbo húmedo del aire de retorno

ba Esta temperatura y la de condensación del refrigerante se usan para determinar la cantidad de subenfriamiento del líquido

24. Subenfriamiento del líquido. Cuando el líquido a alta presión y temperatura media que procede del condensador pasa por el dispositivo de reducción de presión, el líquido tibio se enfría a la temperatura de operación del serpentín de expansión seca, al evaporarse parte del refrigerante. El vapor resultante, que se llama *gas de evaporación instantánea*, lo debe manejar el compresor. Como este gas no lo produce absorción de calor alguna en el serpentín, representa una pérdida de eficiencia del sistema. Por lo tanto, mientras menor sea la temperatura del líquido que sale del condensador, menor cantidad de gas se habrá producido y mayor será la eficiencia del sistema. La menor temperatura de líquido se produce agregando más refrigerante al sistema para producir una acumulación de refrigerante líquido en el condensador, antes que pase al tubo del líquido. Mientras más refrigerante se agregue, mayor será el subenfriamiento. Sin embargo, al acumularse líquido en el condensador, se reduce la superficie efectiva de condensación, haciendo que el resto de la superficie trabaje más y se produce una división mayor. El aumento en la temperatura de condensación hace que el compresor trabaje más y baja la eficiencia del sistema. Lo que se trata es cargar el sistema hasta tener una cantidad adecuada de subenfriamiento, cuando el aumento de eficiencia por reducción de gas de evaporación instantánea se compense por la caída de eficiencia debida a la mayor división. Prácticamente todos los sistemas normales de aire acondicionado trabajan mucho mejor entre 18 y 20°F (10 a 11°C) de subenfriamiento.

25. Temperatura de descarga del condensador. La temperatura del aire que sale del condensador se debe anotar para determinar la capacidad de trabajo de la unidad. Esto se describe en la sección A17-5. Cuando se determina la temperatura del aire de salida del condensador, se debe usar un promedio de indicaciones en varios lugares.

En unidades de condensación que emplean ventiladores de aire forzado (figura A17-5), se debe tomar una cuadrícula de temperaturas. Como la cantidad de aire que pasa por las diversas secciones del condensador será distinta dependiendo de la posición de los ventiladores del condensador, variará el aumento de temperatura. A la salida del serpentín se hacen marcas de los lugares de toma de temperatura, para obtener un promedio tan exacto de temperaturas como sea posible. En esta unidad en especial se usarían 15 indicaciones, y se promediarían para obtener la temperatura de salida.

En unidades de descarga vertical con aire inducido, el procedimiento es mucho más fácil. Se colocan termómetros en la rejilla de descarga. Se deben usar tres como mínimo, uno en el punto medio del condensador y los demás colocados de modo que dividan el

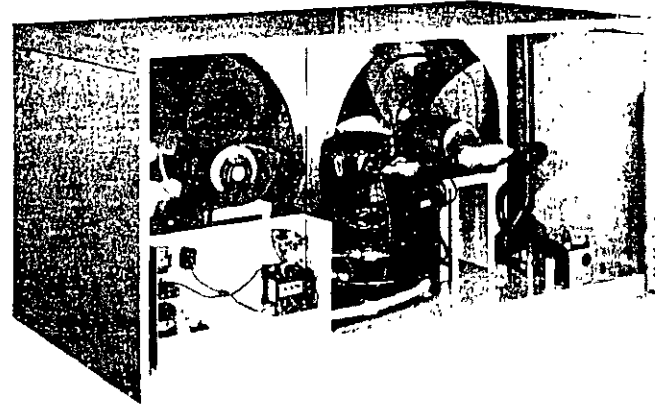
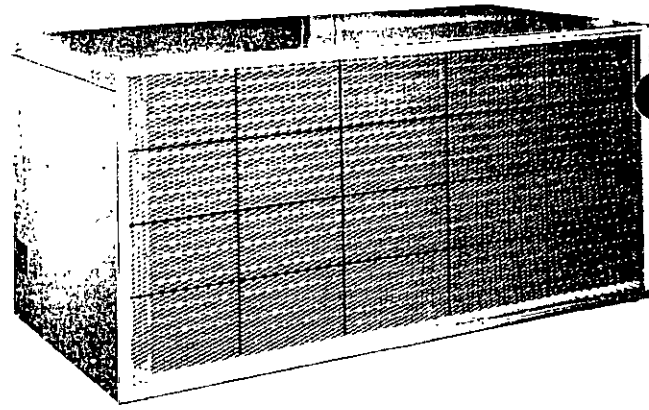


FIGURA A17-5 Condensador de aire forzado (Cortesía de Addison Products Company )

círculo por igual (véase figura A17-6). Con las tres indicaciones, se obtiene el promedio. Esta temperatura, menos la del aire que entra al condensador, dará el aumento de temperatura del aire en el mismo  $\Delta T$ , °F.

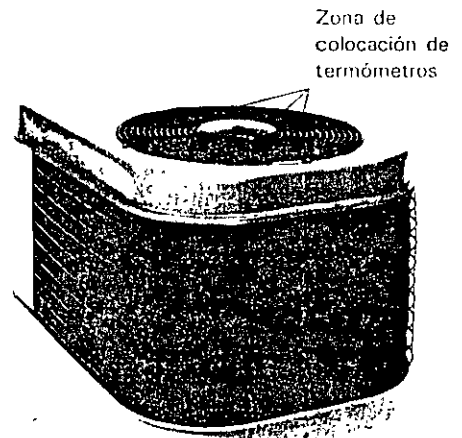


FIGURA A17-6 Unidad de descarga de aire inducido. (Cortesía de Addison Products Company )

**FIGURA A17-7**

**Especificaciones de unidades de condensación**

Número de modelo	Características eléctricas (1)	Corriente de operación (A) (2)	Calibre mínimo del alambre de campo (AWG)	Fusible recomendado (tipo de demora)	Ampacidad (Diámetro del conductor para amperos)	Corriente al compresor con rotor bloqueado (A) (3)	Superficie de la cara del condensador (pies <sup>2</sup> )	Diámetro de tubos de condensador (pulg)	Peso, lbs	
									Neto	De emb
QC924-1H	1-60-230/208	12.7/13.2	#12	25A	16/17	54	8.8			
QC930-1H	1-60-230/208	15.2/15.2	#12	30A	19/19	65	13			
QC936-1H	1-60-230/208	17.2/17.2	#10	35A	22/22	75.8	18.2			
QC942-1H	1-60-230/208	21.7/22.2	#10	45A	28/28	93	18.2			
QC948-1H	1-60-230/208	24.2/24.2	#10	45A	30/30	95.4	19.7			
QC948-3H	3-60-230/208	16.2/16.2	#10	30A	20/20	82	19.7			
QC960-1H	1-60-230/208	29.7/32.2	#10	60A	37/40	122	19.7			
QC960-3H	3-60-230/208	22.2/19.2	#10	40A	24/28	86	19.7			

Número de modelo	Diámetro exterior del rodete del condensador, pulg	Pies <sup>3</sup> /min del ventilador del condensador	Motor del ventilador tipo y tamaño (HP) (4)	Conexiones en succión y líquido (conexión rápida) (5)	Capacidad nominal (6)		Relación de eficiencia de energía (EER) (6)		Peso, lbs	
					230V	208V	230V	208V	Neto	De emb
					QC924-1H	20	2150	PSC-1/12	$\frac{3}{4} - \frac{1}{4}$	25000
QC930-1H	20	2450	PSC-1/6	$\frac{3}{4} - \frac{1}{4}$	29800	29600	9.20	9.30	186	224
QC936-1H	22	3160	PSC-1/6	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	36600	36400	9.30	9.45	228	279
QC942-1H	22	3350	PSC-1/6	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	42000	41500	9.05	9.10	231	282
QC948-1H	22	3900	PSC-1/4	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	45000	44500	8.90	8.95	261	312
QC948-3H	22	3900	PSC-1/4	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	45000(7)	44500(7)	8.8(7)	8.8(7)	261	312
QC960-1H	22	3675	PSC-1/4	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	57000	56000	8.45	8.50	326	377
QC960-3H	22	3675	PSC-1/4	$\frac{7}{8} - \frac{3}{8}$	57000(7)	56000(7)	8.7(7)	8.6(7)	326	377

(1) Voltaje mínimo de operación 197 V (2) Con el serpentín adecuado (3) Compresor, hermético, PSC, 3,450 RPM. (4) Motor de velocidad única (5) Refrigerante tipo R22 (6) Con serpentín adecuado según las normas de prueba del DOE (7) Norma de prueba ARI

Fuente: Addison Products Company

26. Pies<sup>3</sup>/min a través de la unidad de condensación. A menos que se use un equipo complicado de prueba, es muy difícil determinar los pies<sup>3</sup>/min a través de la unidad de condensación. Sin embargo, esta información aparece en forma de lista en las publicaciones del fabricante. Por ejemplo, la figura A17-7 muestra una tabla de especificaciones de una unidad de condensación, donde los pies<sup>3</sup>/min de aire aparecen en la tercera columna. Esta información es necesaria para determinar la capacidad de la unidad.

Una unidad de aire acondicionado se caracteriza por la cantidad de calor, tanto sensible como latente, que toma el serpentín de expansión seca. Si se conocen los pies<sup>3</sup>/min que pasan por ese serpentín, se puede determinar el calor mediante la velocidad del aire en el ducto multiplicada por el área del ducto, por la caída de temperatura del aire a través del serpentín. Se puede calcular la capacidad latente juntando el agua condensada en el serpentín durante 1 hora. Esa capacidad se suma para obtener la capacidad total "neta". La capacidad neta es la nominal de la unidad.

Empleando la información reunida en el procedimiento de revisión, se puede calcular la capacidad neta con mayor exactitud y facilidad. La cantidad de calor que sale del condensador está formada por la energía calorífica recogida en el serpentín más la energía calorífica producida por la energía eléctrica suministrada al condensador. Esta cantidad total de energía del condensador se llama *capacidad*

**A17-5**  
**FUNCIONAMIENTO**

Después de haber revisado y ajustado en forma correcta el sistema, se puede determinar la eficiencia de operación.

bruta de la unidad. Si restamos la energía que entra al motor de la capacidad bruta, determinaremos la capacidad del serpentín, o sea, la capacidad neta de la unidad.

===== A17-5.1  
 ===== **Capacidad bruta**

La cantidad de calor que sale del condensador se calcula con la fórmula normal de contenido calorífico (pies<sup>3</sup>/min) Esa fórmula es

$$\text{pies}^3/\text{min} = \frac{\text{Btu/h}}{\Delta T^{\circ}\text{F} \times 1.08}$$

en la cual

pies<sup>3</sup>/min = cantidad de aire que pasa por un serpentín, por minuto, en el cual se extrae calor sensible a un condensador al que pasa dicho calor sensible

Btu/h = cantidad de calor que se quita o se agrega en un período de 1 hora

$\Delta T$ , °F = cambio de temperatura que se tiene en el aire

1.08 = una constante que se emplea para convertir de pies cúbicos a libras, y de pies<sup>3</sup>/min a pies<sup>3</sup>/h, y que comprende la cantidad de calor necesaria para cambiar 1 °F la temperatura de cada libra de aire. La constante procede del siguiente cálculo:

$$1.08 = 60 \text{ min/h} \times 0.075 \text{ lb/pie}^3 \times 0.24 \text{ Btu/lb/}^{\circ}\text{F}$$

Para convertir las Btu/h a Btu/min es necesario dividir las primeras entre 60. No podemos emplear el pie cúbico de aire para calcular contenido calorífico porque los pies cúbicos cambian con la temperatura. Sin embargo, una libra de aire es constante e independiente de cuánto espacio ocupe. Se debe establecer una norma para usar una fórmula consistente. La norma que se usa es aire a 70 °F (21 °C) y a presión barométrica de 29.92 pulgadas (760 mm) de mercurio. En esas condiciones 1 lb de aire ocupa 0.075 pies<sup>3</sup> y tiene un calor específico de 0.24 Btu/lb °F. Al multiplicar 60 minutos por hora por 0.075 lb/pie<sup>3</sup> por 0.24 Btu/lb °F el resultado es 60 × 0.075 × 0.24 = 1.08.

Para calcular el calor emitido por el condensador, la fórmula se cambia para tener a las Btu/h como factor desconocido

$$\text{Btu/h} = \text{pies}^3/\text{min} \times \Delta T, ^{\circ}\text{F} \times 1.08$$

Empleando el valor de pies<sup>3</sup>/min que se obtiene en las publicaciones del fabricante (figura A17-7) y el aumento de temperatura del aire a través del condensador, que se determinó en la sección A17-4, punto 25, se multiplican los números entre sí y por la constante 1.08, y el resultado es

la cantidad de calor, en Btu/h, desechado por el condensador, o sea la capacidad bruta de la unidad.

===== A17-5.2  
 ===== **Entrada de calor al motor**

La cantidad de calor que entra al vapor de refrigerante antes de entrar al condensador está tan cerca del 100% del consumo eléctrico, que se usa toda la energía eléctrica para calcular la entrada al motor. La fórmula que se usa para calcular la entrada de Btu/hr al motor es

$$\text{Btu/h al motor} = \text{volts} \times \text{amperes} \times \text{FP} \times 3.413 \text{ Btu/W}$$

en la cual

volts = voltaje en el lado del suministro del contactor de la unidad, cuando ésta se encuentra trabajando. Aunque la unidad esté especificada a 240 V, se debe usar el voltaje real de operación. Si se trata de una unidad trifásica se debe medir el voltaje entre cada par de terminales al motor, y debe ser igual. Si se encuentra una diferencia de voltaje mayor al 3% entre pares de terminales, el desequilibrio de voltaje ocasionará desequilibrio de amperaje y demasiada temperatura de devanados en el motor del compresor. Con ello se acorta la vida de ese motor.

amperes = amperaje total que toma la unidad de condensación, incluyendo la corriente al motor del ventilador

FP = factor de potencia de la unidad de condensación, que se debe tener en cuenta. El factor de potencia de las unidades de condensación está entre 0.86 y 0.94, dependiendo de la carga de la unidad. En los cálculos se puede emplear un promedio de 0.90.

Btu/h W = conversión de energía calorífica a energía eléctrica: 3.413 Btu/h por cada watt de energía eléctrica.

===== A17-5.3  
 ===== **Capacidad neta de la unidad**

Como se dijo antes, las Btu/h que entran por el motor se restan de la capacidad bruta de salida de la unidad de condensación para obtener la cantidad de energía calorífica que recoge el serpentín de expansión seca. Esta cantidad es la capacidad neta del sistema, o sea la capacidad nominal. Si se compara esa capacidad con la que especifica el fabricante se conocerá el estado del sistema. Un sistema bien operado debe tener una capacidad dentro de ±10% de la capacidad nominal según el fabricante.

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- A17-1.** ¿Cuál es el objeto de una puesta en marcha, revisión y operación completas y correctas de una unidad de aire acondicionado?
- A17-2.** Para comprobar la operación del sistema de aire acondicionado, el primer paso es establecer la carga adecuada en el serpentín. Esto se hace ajustando la \_\_\_\_\_ adecuada
- A17-3.** Antes de poner en marcha una unidad, se debe comprobar su \_\_\_\_\_
- A17-4.** ¿Por qué es necesario emplear un amperímetro de gancho cuando se pone en marcha una unidad?
- A17-5.** A condiciones normales del aire, de 80 °F BS y 50% HR, la caída de temperatura del aire debería ser \_\_\_\_\_ °F?
- A17-6.** La caída de temperatura para condiciones "normales" del aire se puede emplear independientemente de las condiciones en que se encuentre el aire. ¿Cierto o falso?
- A17-7.** La caída de temperatura del aire a través del serpentín varía directamente con la temperatura del aire. ¿Cierto o falso?
- A17-8.** La caída de temperatura del aire a través del serpentín varía en forma indirecta con la temperatura de bulbo húmedo del aire. ¿Cierto o falso?
- A17-9.** ¿Qué tiene mayor influencia sobre la caída de temperatura del aire a través del serpentín: el calor sensible o el latente del aire?
- A17-10.** ¿Por qué deben tomarse las temperaturas del aire de suministro y de retorno en las rejillas de suministro y de retorno y en el serpentín?
- A17-11.** A 80°F de BS y 50% HR, una pérdida de 5°F en la temperatura del aire, ¿qué porcentaje de pérdida de capacidad del sistema representa?
- A17-12.** El sobrecalentamiento de operación de un serpentín se encuentra midiendo \_\_\_\_\_.
- A17-13.** En un sistema de tubo capilar, ¿sube o baja el sobrecalentamiento al subir o bajar la temperatura exterior?
- A17-14.** Respecto al sobrecalentamiento de operación de un sistema con válvula termostática, dentro de las temperaturas normales de operación en el interior, el sobrecalentamiento del serpentín ¿aumentará o disminuirá con un aumento de temperatura exterior?
- A17-15.** Definir "división" de un condensador
- A17-16.** Se puede emplear una división de 30°F para calcular la presión diferencial de operación de todas las unidades normales de aire acondicionado. ¿Cierto o falso?
- A17-17.** Definir "capacidad bruta"
- A17-18.** ¿Cuál es la fórmula para calcular la entrada de calor al motor de una unidad?
- A17-19.** ¿Es capacidad bruta o capacidad neta la capacidad nominal de una unidad?



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

## **AIRE ACONDICIONADO A 18 SERVICIO Y ANÁLISI DE PROBLEMAS EN AIRE ACONDICIONADO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# A18

## Servicio y análisis de problemas en aire acondicionado

=====  
=====  
=====  
A18-1

### **GENERALIDADES**

El proceso de localización de fallas en las partes de refrigerante y eléctrica de un sistema de refrigeración se describió en los capítulos R24 a R26. El capítulo R24 presentó una lista de los síntomas de los problemas más comunes, al igual que fuentes posibles de problemas en la parte eléctrica y en la de refrigeración. El capítulo R26 describe las fuentes posibles de problemas y las soluciones en el circuito de refrigeración. El capítulo R26 describe las fuentes posibles de problemas y las soluciones en los circuitos eléctricos.

En este capítulo limitaremos nuestra descripción a los problemas y soluciones que se aplican a los sistemas de aire acondicionado. Para aquellas soluciones que se aplican al sistema de refrigeración, el lector debe consultar los capítulos R24 a R26.

Para analizar los problemas en los sistemas de aire acondicionado se usarían los mismos instrumentos de prueba que los que se describieron en el capítulo A17. El empleo del manómetro de presiones altas, el manómetro compuesto para la presión de succión, y un mínimo de siete termómetros y psicrómetro de honda es lo que se necesita para dar servicio adecuado al sistema.

Los manómetros se conectarían a las tomas de presión adecuadas: un manómetro de alta presión en la válvula de descarga del compresor, o a una toma de servicio en el tubo de líquido, y un manómetro compuesto en la toma de servicio del tubo de succión. Se introducen para medir lo siguiente:

1. Temperatura de aire de suministro
2. Temperatura en tubo de succión, ya sea en la salida del serpentín o en la unidad de condensación, lo que sea más cómodo

3. Temperatura del tubo de líquido en la salida del condensador
4. Temperatura del aire que entra
5. Temperatura del aire que sale
6. Condiciones del aire de retorno

=====  
=====  
=====  
A18-2

### **ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Suponemos que se revisó antes la unidad y se puso en funcionamiento en forma correcta, según lo prescrito en el capítulo A17, o que es un sistema que ha estado trabajando y se le presentó un problema. Lo primero que se debe recordar es que los problemas en el sistema de aire acondicionado se clasifican sólo en dos grupos: aire y circuito de refrigerante.

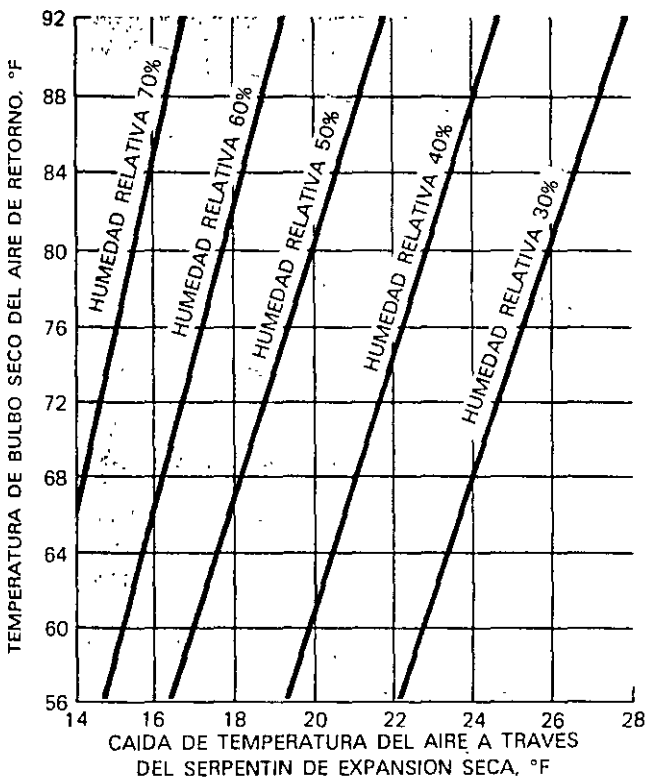
=====  
=====  
=====  
A18-3

### **AIRE**

Lo único que puede suceder en cuanto al aire, es una reducción de su cantidad. Los sistemas de manejo de aire no aumentan de repente de capacidad, o sea de cantidad de aire que pasa por el serpentín. Por otro lado, el sistema de refrigeración no aumenta de repente su capacidad de transferencia de calor. Por lo tanto, lo primero que hay que revisar es la caída de temperatura del aire a través del serpentín de expansión seca. Después de medir las temperaturas del aire de suministro y de retorno, y de restarlas para obtener la caída de temperatura, ¿es mayor o menor de lo que debería ser?

Esto quiere decir que "lo que debería ser" se debe determinar primero. Esto se lleva a cabo con el psicrómetro de honda para medir y determinar la temperatura de bulbo





**FIGURA A18-1** Caída de temperatura del aire para varias cargas.

húmedo del aire de retorno, y su humedad relativa. De aquí se puede determinar la caída adecuada de temperatura a través del serpentín, mediante la carta de la figura A18-1.

Empleando la caída necesaria de temperatura y comparándola con la caída real, se puede clasificar al problema como de aire o del sistema de refrigerante. Si la caída real de temperatura es mayor que la necesaria, se ha reducido la cantidad de aire; es necesario buscar el problema en el sistema de manejo de aire. Estos problemas podrían ser:

1. Filtros de aire
2. Motor y transmisión del soplador
3. Obstrucciones desacostumbradas en el sistema de ductos
4. Falla en el sistema de ductos

**Filtros de aire:** Los filtros de aire del tipo desechable se deben cambiar cuando menos dos veces al año, al principiar las estaciones de enfriamiento y de calefacción. En algunas zonas donde hay mucho polvo, se deberán cambiar hasta cada 30 días. En las aplicaciones comerciales e industriales, se debe establecer un calendario de mantenimiento periódico para obtener la mejor eficiencia y prolongar la vida del equipo. Como éste es el problema más común en las fallas de aire, revise primero el sistema de filtración de aire.

**Motor y transmisión del soplador:** Revise el motor y la transmisión en el caso de que haya transmisión por banda, para estar seguro que:

1. El motor del soplador está bien lubricado y trabaja libremente.
2. El rodete del soplador esté limpio. Las aspas podrían estar llenas de polvo y tierra, u otros materiales. Si el rodete está sucio, *se debe desmontar y limpiar*. No trate de cepillar solamente, porque si el trabajo de limpieza no es bueno, se ocasionará el desbalanceo del impulsor y se causaría una excesiva vibración y ruido. Con ello proviene el deterioro del impulsor.
3. En los sopladores con transmisión de banda, los cojinetes de éste deben lubricarse y estar trabajando libremente.
4. La banda motriz del soplador debe estar en buenas condiciones y con un ajuste correcto. Las bandas agrietadas o muy lisas se deben cambiar. Un vidriado excesivo se puede deber a demasiada tensión en la banda, porque ésta se aprieta mucho en las poleas. El ajuste correcto se obtiene cuando se puede oprimir la banda al centro de las poleas, haciendo que se desvíe aproximadamente 1 cm por cada 12 cm de distancia entre centros de poleas.

**Obstrucciones desacostumbradas en los sistemas de ductos:** Si se colocan muebles o alfombras sobre los registros de retorno de aire se reducen los pies<sup>3</sup>/min disponibles para manejo por el soplador. Si se cierra el aire que va a recintos sin uso se reducirá el aire que pasa por el serpentín. Si se cubre una rejilla de aire de retorno para reducir el ruido de la caldera o manejo de aire centrales se puede reducir el ruido indeseable, pero también se afecta en forma drástica el funcionamiento del sistema al reducir la cantidad de aire.

**Falla del sistema de ductos:** El aplastamiento del sistema de ductos de aire de retorno, debido generalmente a que alguien se haya parado sobre él, afectará la eficiencia de todo el sistema. Las fugas de aire en el ducto de retorno elevarán la temperatura del aire de retorno y reducirán la caída de temperatura a través del serpentín.

===== A18-4

## ===== SISTEMA DE REFRIGERACION

Cuando la caída de temperatura a través del serpentín es menor que la necesaria, quiere decir que se ha reducido la capacidad de manejo de calor del sistema. En ese caso hay que buscar un posible problema en el sistema de refrigeración.

Estos problemas se pueden dividir simplemente en (1) cantidad de refrigerante, y (2) flujo de refrigerante. Si el sistema tiene la cantidad correcta de refrigerante y está pasando a la velocidad deseada, tiene que trabajar en forma correcta y entregar la capacidad nominal. Cualquier proble-

ma de cualquiera de las categorías afectará las temperaturas y presiones que se encuentren en la unidad, cuando se suministre la cantidad correcta de aire que pasa por el serpentín de expansión seca de acuerdo con la capacidad de la unidad. Es obvio que si el sistema no tiene refrigerante, hay una fuga, la cual se debe encontrar y reparar, el sistema se debe evacuar completamente y recargar con la cantidad correcta de refrigerante.

Si el sistema no trabaja, se trata obviamente de un problema eléctrico que se debe encontrar y corregir. Los problemas de ese tipo se han descrito detalladamente en los capítulos R24 a R26

En esta ocasión se limitará la descripción a aquellos problemas que afectan la capacidad de operación del sistema. El sistema se pone en marcha y trabaja, pero no produce resultados satisfactorios. Esto quiere decir que la cantidad de calor recogida en el serpentín, más la del calor al motor, y el total eliminado por el condensador no es la cantidad total que el sistema está diseñado para manejar. Para determinar el problema, se deben hacer las mediciones necesarias para obtener toda la información que aparece en la lista de la sección A18-1. Estos resultados se comparan con los normales de operación, para localizar el problema. El empleo de la palabra "normal" no implica un conjunto fijo de temperaturas y presiones. Estas varían con cada marca y modelo de sistema. Hay algunas temperaturas que son bastante consistentes en la industria, y que se pueden emplear para fines de comparación:

1. Temperatura de operación del serpentín de expansión seca
2. Temperatura de condensación en la unidad de condensación
3. Subenfriamiento del refrigerante

Estos puntos también se deben modificar de acuerdo con la eficiencia nominal (EER)<sup>1</sup> de la unidad. La razón de ello es que la cantidad de superficie de evaporación y de condensación de la unidad son los principales factores de determinación de eficiencia. Mientras más grande sea la superficie de condensación (o menor sea la temperatura de condensación) y mientras más grande sea la de evaporación (o mientras más alta sea la presión en la succión), mayor será la eficiencia del sistema.

===== A18-4 1  
 ===== **Temperatura de operación del serpentín de expansión seca**

La temperatura normal de trabajo del serpentín se puede calcular restando la división de diseño del serpentín del promedio de temperaturas de aire que pasan por éste. La división del serpentín varía de acuerdo con el diseño del sistema.

<sup>1</sup> N. del T. La relación de eficiencia de energía (ERR) se define como el cociente de las BTU/h de carga del sistema entre los kW de potencia demandada por la unidad de condensación

Los sistemas en los que la EER es de 7.0 a 8.0 tienen divisiones de diseño entre los límites de 25 a 30°F. Para eficiencias de 8.0 a 9.0, las divisiones de diseño van de 20 a 25°F. Cuando las EER son de 9.0+, las divisiones de diseño serán de 15 a 20°F. La fórmula que se usa para calcular la temperatura de operación del serpentín es:

$$COT = \frac{EAT + LAT - \text{división}}{2}$$

en la cual

- COT = temperatura de operación del serpentín  
 EAT = temperatura del aire que entra al serpentín  
 LAT = temperatura del aire que sale del serpentín

Las últimas dos temperaturas sumadas y divididas entre 2 darán la temperatura promedio del aire. A esta temperatura también se le llama *diferencia promedio de temperatura* (MTD)

"División" es la división de diseño según EER nominal. Por ejemplo, una unidad que trabaje bien con 80°F BS y 50% HR del aire que pasa a los pies<sup>3</sup>/min por el serpentín, suficientes para producir un  $\Delta T$  de 20°F, tendrá una temperatura de operación del serpentín de:

1. Para EER nominal de 7.0 a 8.0:

$$COT = \frac{80 + 60}{2} \text{ o sea } 70^\circ - 25 \text{ a } 30^\circ = 40 \text{ a } 45^\circ F$$

2. Para EER nominal de 8.0 a 9.0:

$$COT = \frac{80 + 60}{2} \text{ o sea } 70^\circ - 20 \text{ a } 25^\circ F = 45 \text{ a } 50^\circ F$$

3. Para EER nominal de 9.0+:

$$COT = \frac{80 + 60}{2} \text{ o sea } 70^\circ - 15 \text{ a } 20^\circ F \\ = 50 \text{ a } 55^\circ F.$$

De lo anterior se puede ver que no hay temperatura de operación fija para el serpentín, ni presión de succión fija para sistemas de aire acondicionado.

===== A18-4 2  
 ===== **Temperatura de condensación en la unidad de condensación**

Esto también se aplica a la temperatura de condensación de la unidad. La cantidad de superficie del condensador afecta la temperatura de condensación que debe desarrollar la unidad para trabajar a la capacidad nominal. La variación en el tamaño del condensador también influye sobre el costo de producción y el precio de la unidad. Mientras menor sea

el condensador, menor será el precio, pero también la eficiencia EER nominal será menor. En las mismas EER nominales que se usaron para el serpentín de expansión seca a 95°F de temperatura exterior, la categoría EER de 7.0 a 8.0 trabajarán entre los límites de 25 a 30°F de división del condensador, la categoría EER de 8.0 a 9.0, entre los límites de 20 a 25°F de división del condensador, y la categoría de EER 9.0+, entre los límites de división del condensador de 15 a 20°F.

Esto quiere decir que cuando el aire que entra al condensador está a 95 °F (35 °C), la fórmula para calcular la temperatura de condensación sería

$$EAT + \text{división} = RCT$$

en la cual

EAT = temperatura del aire que entra al condensador

División = Diferencia de diseño entre las temperaturas del aire que entra y las de condensación del vapor caliente de alta presión del condensador

RCT = temperatura de condensación del refrigerante

Usando la fórmula para una EAT de 95 °F, la división para sistemas de diversas EER sería:

1. Para EER nominal de 7.0 a 8.0

$$95^\circ\text{F} + 25 \text{ a } 30^\circ\text{F} = 120 \text{ a } 125^\circ\text{F}, RCT$$

2. Para EER nominal de 8.0 a 9.0:

$$95^\circ\text{F} + 20 \text{ a } 25^\circ\text{F} = 115 \text{ a } 120, RCT$$

3. Para EER nominal de 9.0+:

$$95^\circ\text{F} + 15 \text{ a } 20^\circ\text{F} = 110 \text{ a } 115, RCT$$

Nuevamente se puede ver, según lo anterior, que las presiones diferenciales de operación varía no sólo por cambios en las temperaturas exteriores, sino también con las diversas EER nominales

A18-4.3

### Subenfriamiento del refrigerante

La cantidad de subenfriamiento del refrigerante que se obtiene en el condensador está determinada principalmente por la cantidad de refrigerante en el sistema. La temperatura del aire que entra al condensador y la carga en el serpentín de expansión seca sólo tienen un efecto pequeño en el subenfriamiento que se produce. Por lo tanto, independientemente de la EER nominal, la unidad debe tener,

si está cargada en forma correcta, un líquido subenfriado entre 15 y 20°F. Las temperaturas exteriores altas producen el menor subenfriamiento debido a la menor cantidad de refrigerante en el estado líquido en el sistema. Hay más refrigerante que permanece en estado de vapor para producir la presión y temperatura de condensación mayor necesarias para desechar la cantidad requerida de calor.

A18-5

### PROBLEMAS DEBIDOS AL REFRIGERANTE

Con la información obtenida con los dos manómetros, un mínimo de siete termómetros, el psicrómetro de honda y un amperímetro de gancho, podemos analizar los problemas del sistema empleando la tabla de la figura A18-2. Esta figura muestra que hay 11 causas probables de dificultades en un sistema de aire acondicionado. Después de cada causa probable se pone la reacción que tendría sobre la presión de baja o de succión del sistema de refrigeración, sobre el sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca, sobre la presión del lado de alta o de descarga, sobre la cantidad de subenfriamiento del líquido que sale del condensador, y sobre el amperaje tomado por la unidad de condensación.

A18-5.1

#### Carga insuficiente o desbalanceada

Si no hay aire suficiente pasando por el serpentín de expansión seca se tendría una caída de temperatura mayor que la deseada a través del serpentín. Una carga desbalanceada en ese serpentín también dará la indicación opuesta; algunos de los circuitos del serpentín estarían sobrecargados, mientras que en otros la carga sería ligera. Esto daría como resultado una mezcla de aire que sale del serpentín que tendría menor caída de presión. Las partes con carga ligera del serpentín de expansión seca permitirían que saliera refrigerante líquido de éste, y entrara al múltiple del tubo de succión.

En los sistemas con válvula termostática de expansión el refrigerante líquido que pasa por el bulbo sensor de la válvula haría que ésta se cerrara. Con ello se reduciría la temperatura de operación y la capacidad del serpentín de expansión seca y también bajaría la presión de succión. Esa reducción sería muy pronunciada. El sobrecalentamiento de operación del serpentín de expansión seca sería muy bajo, probablemente cero, debido al líquido que sale de algunas de las partes de ese serpentín.

La presión del lado de alta, o de descarga, sería baja a causa de la carga reducida del compresor, la cantidad reducida de vapores manejados, y la carga reducida de calor en el condensador. El subenfriamiento de líquido en el condensador estaría en el lado alto de los límites normales debido a la reducción de la demanda de refrigerante por la válvula termostática de expansión. Los amperes que toma la unidad de condensación serían bajos, debido a la carga reducida.

**FIGURA A18-2**

Síntomas y sus causas probables

Causa probable	Presión lado bajo (succión) serpentín expansión psig	Sobrecalentamiento °F	Presión del lado de alta (gas caliente), psig	Subenfriamiento del líquido en condensador, °F	Corriente (amperes) a la unidad de condensación
1 Carga insuficiente o desbalanceada	Baja	Bajo	Baja	Normal	Baja
2 Demasiada carga	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
3 Baja Temp. ambiente (aire a la entrada del condensador)	Baja	Alto	Baja	Normal	Baja
4 Alta Temp. ambiente (aire a la entrada del condensador)	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
5 Baja carga de refrigerante	Baja	Alto	Baja	Bajo	Baja
6 Mucha carga de refrigerante	Alta	Bajo	Alta	Alto	Alta
7 Obstrucción en tubo de líquido	Baja	Alto	Alta	Alto	Baja
8 Tubo capilar taponado	Baja	Alto	Alta	Alto	Baja
9 Obstrucción en tubo de succión	Baja	Alto	Baja	Normal	Baja
10 Obstrucción en tubo de gas caliente	Alta	Alto	Alta	Normal	Alta
11 Compresor ineficiente	Alta	Alto	Baja	Bajo	Baja

En sistemas con tubo capilar, la carga desbalanceada produciría una menor caída de temperatura del aire a través del serpentín de expansión seca porque no se reduciría la cantidad de refrigerante suministrada por los capilares. Por lo tanto, la presión (punto de ebullición) del sistema sería aproximadamente igual.

El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión directa caería a cero y el refrigerante inundaría al tubo de succión. En casos extremos de desbalanceo, el retorno de líquido al compresor podría dañarlo. La reducción de calor tomado en el serpentín de expansión seca y la disminución de vapor de refrigerante al compresor disminuirá la carga del mismo. La presión de descarga de éste (presión del gas caliente) se reducirá.

El poco flujo de refrigerante sólo se reducirá ligeramente debido a la menor presión diferencial. El subenfriamiento del refrigerante estará dentro de los límites normales. El consumo de amperes de la unidad de condensación será ligeramente menor debido a la carga reducida del compresor y la reducción de la presión diferencial.

**A18-5.2**  
**Demasiada carga**

En este caso se tiene el efecto contrario. La caída de temperatura del aire a través del serpentín será baja, y por lo tanto la unidad no puede enfriar el aire todo lo que debería, porque se mueve a través del serpentín a demasiada velocidad. Hay la posibilidad de que la temperatura del aire que entra al serpentín sea mayor que la del aire de retorno del espacio acondicionado. Esto se podría deber a fugas en el sistema de aire de retorno, que succionen aire de zonas no acondicionadas.

La carga excesiva eleva la presión de succión. El refrigerante se evapora a mayor velocidad que el flujo bombeado por el compresor. El sobrecalentamiento desarrollado en el serpentín será como sigue:

1. Si el sistema usa una válvula termostática de expansión, el sobrecalentamiento será entre normal y ligeramente alto. La válvula trabajará a mayor flujo para tratar de mantener los ajustes del sobrecalentamiento.
2. Si el sistema emplea tubos capilares, el sobrecalentamiento será alto. Los tubos capilares no pueden alimentar un mayor consumo de refrigerante para mantener completamente activo al serpentín de expansión seca.

La presión del lado de alta, o de descarga, será elevada. El compresor bombeará más vapor debido al aumento en la presión de succión. El condensador debe manejar más calor y desarrollar una temperatura mayor de condensación para expulsar el calor adicional. Una temperatura más alta de condensación significa mayor presión del lado de alta. La cantidad de líquido en el sistema no ha cambiado, ni está restringido el flujo de refrigerante. El subenfriamiento de líquido quedará dentro de los límites normales. El consumo de amperes de la unidad será alto debido a la mayor carga del compresor.

**A18-5.3**  
**Baja temperatura ambiente (°F del aire que entra al condensador)**

En este caso, es demasiada la rapidez de transferencia de calor en el condensador y se produce una presión de descarga que es muy baja. Como resultado, la presión

de succión será baja porque la cantidad de refrigerante que pasa por el dispositivo reductor de presión será menor. Esta reducción también será de la cantidad de refrigerante líquido que entra al serpentín de expansión seca. El serpentín producirá menos vapor y baja la presión de succión.

La disminución de flujo de entrada al serpentín reduce la cantidad activa del mismo y ocasiona mayor sobrecalentamiento. Además, la capacidad menor del sistema disminuirá la cantidad de calor eliminada del aire. Habrá mayor temperatura y humedad relativa en la zona acondicionada y la presión del lado de alta será baja. Con ello se inicia una reducción de la capacidad del sistema. La cantidad de subenfriamiento de líquido en el condensador será mayor, pero se reduce la velocidad de transferencia de calor de las menores temperaturas. Esto ocasionará un subenfriamiento dentro de los límites normales. El consumo de amperes de la unidad de condensación será menor, porque el compresor está haciendo menos trabajo.

La cantidad de disminución de temperatura del aire ambiente que pasa por el condensador y que puede tolerar el sistema de aire acondicionado dependerá del tipo de dispositivo de reducción de presión que se tenga. Los sistemas con tubo capilar tendrán una reducción gradual de capacidad a medida que la temperatura ambiente exterior baje de 95°F (35°C). Esta reducción gradual se presenta hasta los 65°F (18°C). A temperaturas menores, la pérdida de capacidad es drástica, y se debe tener algún medio para mantener la presión diferencial. El medio más confiable es controlar el aire que pasa por el condensador mediante compuertas o con motor de velocidad variable en el ventilador del condensador.

Los sistemas que emplean válvulas termostáticas de expansión mantendrán mayor capacidad hasta que la temperatura ambiente llegue a 35°F (2°C). A temperaturas menores se deben usar controles. También se puede emplear el control de los pies<sup>3</sup>/min a través del condensador, con compuertas o controlando la velocidad del motor del ventilador del condensador. En los sistemas más grandes con válvula termostática de expansión se emplea el control de la cantidad de líquido en el condensador, para controlar la presión diferencial. Estos dispositivos de control se describieron en la sección R2-10.

A18-5.4  
**Alta temperatura ambiente (del aire que entra al condensador)**

Mientras mayor sea la temperatura del aire que entra al condensador, mayor será la temperatura de condensación del vapor de refrigerante para desprender más calor. Mientras mayor sea la temperatura de condensación mayor será la presión diferencial. La presión de succión será alta por dos razones:

1. Disminuirá la eficiencia de bombeo del compresor.
2. La mayor temperatura del líquido aumentará la cantidad de evaporación instantánea en el serpentín, lo cual reducirá más la eficiencia del sistema.

La cantidad de sobrecalentamiento que se produce en el serpentín será distinta en un sistema con válvula termostática de expansión y uno con tubo capilar. En el primero, la válvula termostática mantendrá al sobrecalentamiento cerca de los límites de ajuste, aunque las temperaturas reales que intervienen serán mayores. En un sistema con tubo capilar, la cantidad de sobrecalentamiento que se produce en el serpentín está en razón inversa a la temperatura del aire que pasa por el condensador. El flujo por los tubos capilares está directamente influido por la presión diferencial. Mientras mayor sea la temperatura del aire, mayor será la presión diferencial y mayor el flujo. Como resultado del mayor flujo, el subenfriamiento será menor.

La figura A18.3 muestra el sobrecalentamiento que se desarrolla en un sistema de aire acondicionado con carga adecuada, empleando tubo capilar. No trate de cambiar un sistema capilar a menos de 65°F (18°C), porque abajo de esa temperatura las características de operación del sistema se vuelven muy erráticas.

La presión diferencial será alta a mayores temperaturas ambientes debido a las mayores temperaturas de condensación necesarias. El subenfriamiento del líquido en el condensador se acercará a la parte inferior de los límites normales. La cantidad de refrigerante líquido en el condensador se reducirá ligeramente, porque habrá más en estado de vapor, para producir la mayor presión y temperatura de condensación. El consumo de amperes de la unidad de condensación será alto. La carga del motor del compresor será mayor a mayores presiones en el lado de alta.

A18-5.5  
**Baja carga de refrigerante**

Una escasez del refrigerante en el sistema significa que hay menos refrigerante líquido en el serpentín de expansión seca que pueda tomar calor, y habrá menor presión de succión. La menor cantidad de líquido suministrado al serpentín significa menor superficie activa del serpentín capaz de vaporizar el refrigerante líquido, y mayor superfi-

FIGURA A18-3  
 Temperatura exterior en función del sobrecalentamiento

Temperatura del aire exterior que entra al serpentín del condensador, °F	Sobrecalentamiento, °F
*65	30
75	25
80	20
85	18
90	15
95	10
105 y más	5

Fuente: Addison Products Company

cie para elevar la temperatura del vapor. El sobrecalentamiento será alto. Habrá menos vapor que llegue al compresor, y menos calor que rechace el condensador. menor presión del lado de alta y menor temperatura de condensación

La cantidad de subenfriamiento será menor que la normal, o nada, dependiendo de la cantidad que falta para la carga completa. La operación del sistema en general no se afecta muy seriamente hasta que el subenfriamiento es cero y comienza a salir gas caliente por el condensador, junto con el refrigerante líquido. El consumo de amperes de la unidad de condensación será ligeramente inferior al normal

## A18-56 Sobrecarga de refrigerante

Una sobrecarga de refrigerante afecta al sistema de diversas maneras, dependiendo del dispositivo de reducción de presión que usa y de la cantidad de sobrecarga.

**Sistemas con válvula termostática de expansión:** En sistemas que usan esas válvulas la reacción es distinta, dependiendo de la cantidad de sobrecarga. Una pequeña sobrecarga sería hasta 50% mayor que la carga correcta. Una gran sobrecarga sería más que 100% mayor que la carga correcta

En los sistemas de válvula termostática de expansión con ligera sobrecarga, esa válvula controlará el flujo del refrigerante al serpentín para mantener el ajuste de sobrecalentamiento, y el único efecto sobre el sistema sería una disminución de la presión de descarga del compresor. Bajo esas condiciones:

1. La presión de succión sería de normal a ligeramente alta.
2. El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión seca estaría entre los límites normales.
3. La presión de descarga sería mayor porque se reduciría la capacidad de rechazo de calor del condensador, a causa de la gran cantidad de refrigerante líquido en él.
4. El subenfriamiento del líquido sería alto. Si hay más líquido en el condensador quiere decir que se enfriará más antes de salir.
5. El consumo de amperes del compresor sería mayor debido a la mayor diferencia de presiones.

Para los sistemas de válvula termostática de expansión con demasiada sobrecarga:

1. La presión de succión será alta. No sólo la reducción en capacidad del compresor (debida a su vez a mayor diferencia de presiones) aumenta la presión de succión, sino que la mayor presión hará que la válvula termostática de expansión alimente demasiado en su carrera de apertura. Esto ocasionará una mayor oscilación de la válvula.
2. El sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca

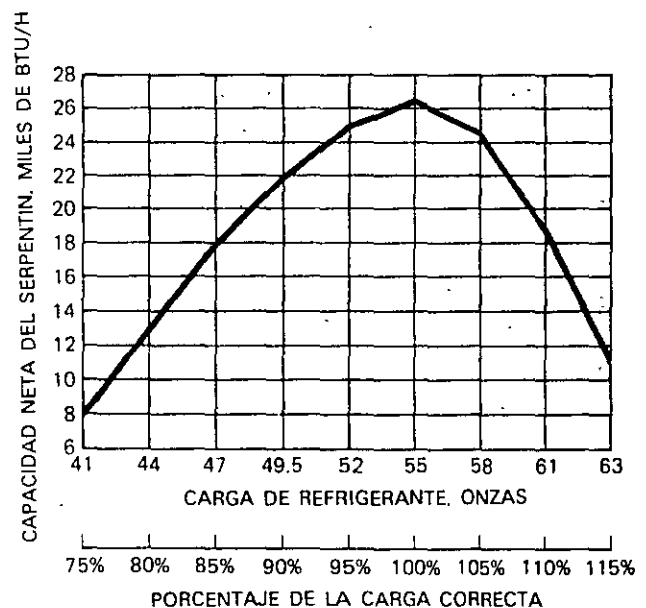
será muy errático, desde los límites normales hasta que el líquido pueda salir del serpentín.

3. La presión de descarga, o del lado de alta, será extremadamente alta
4. El subenfriamiento del líquido también será alto, debido a que hay demasiado líquido en el condensador.
5. El consumo de amperes será mayor a causa de la carga muy alta del motor del compresor.

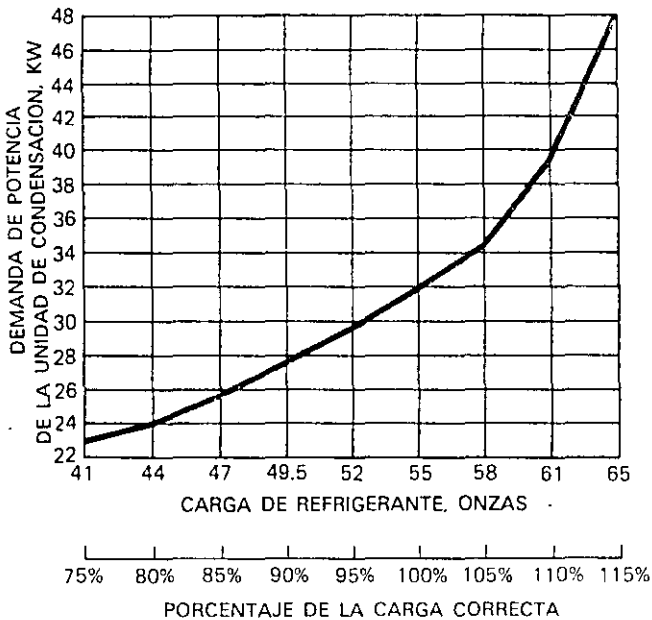
**Sistemas de tubo capilar:** La cantidad del refrigerante en el sistema de tubo capilar tiene un efecto directo sobre la eficiencia del sistema. Una sobrecarga tiene mayor efecto que una subcarga, pero ambas afectan la eficiencia y costo de operación (EER) del sistema.

Las figuras A18-4 a A18-6 son curvas de eficiencia de un sistema dividido de aire acondicionado para 24,200 Btu/h con una temperatura ambiente exterior de 90°F (32°C) y aire de retorno interior de 75°F (24°C) BS y 65°F (18°C) BH (52% humedad relativa) y 18.7°F  $\Delta T$  a través del serpentín de expansión directa. A 100% de carga (55 onzas) la unidad desarrolló una capacidad neta de 26,200 Btu/h. Cuando la cantidad de carga varió 5% en ambas direcciones, la capacidad disminuyó. Si se saca 5% (3 onzas) de refrigerante se reduce la capacidad neta a 25,000 Btu/h. Si se saca otro 5% (2.5 onzas) se reduce la capacidad a 22,000 Btu/h. De aquí en adelante la reducción de capacidad se volvió muy drástica, para 85% (8 onzas), 18,000 Btu/h; 80% (11 onzas), 13,000 Btu/h, y para 75% (14 onzas), 8,000 Btu/h.

La adición de más carga tuvo el mismo efecto, pero con mayor tasa de reducción. La adición de 3 onzas (5%) de refrigerante redujo la capacidad neta a 24,600 Btu/h; con 6 onzas (10%), la capacidad fue 19,000 Btu/h, y con 8 onzas (15%) de más, la capacidad se redujo a 11,000 Btu/h. Esto



**FIGURA A18-4** Capacidad en Btu/h en función de la carga de refrigerante



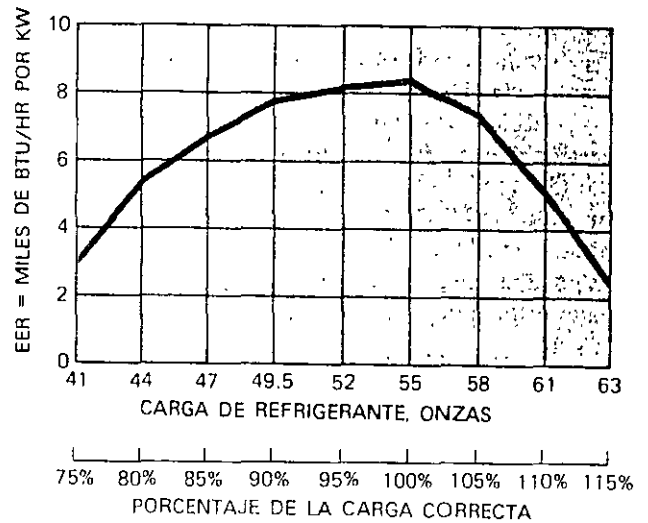
**FIGURA A18-5** Consumo de kW en función de carga de refrigerante

muestra que el sobrecargar una unidad tiene mayor efecto por onza de refrigerante, que cargar de menos.

La figura A18-5 es una gráfica que muestra la cantidad de energía eléctrica que requiere la unidad debido a la presión creada por la cantidad de refrigerante en el sistema, y la única variable es la carga del refrigerante. A 100% de carga (55 onzas), la unidad necesita 3.06 kW. Al reducir la carga, también bajó la potencia, a 3.04 kW a 95% (3 onzas), a 2.76 kW a 90% (6.5 onzas), a 2.56 kW a 85% (8 onzas), a 2.5 kW a 80% (11 onzas) y a 2.24 kW a 75% (14 onzas de faltante para la carga correcta). Cuando la unidad se cargó de más, las necesidades de potencia subieron. A 3 onzas (5% de sobrecarga) la potencia requerida fue 3.42 kW; a 6 onzas (10% sobrecarga), 3.96 kW; y a 8 onzas (15% de sobrecarga), 4.8 kW.

En la figura A18-6 vemos una gráfica de la eficiencia de la unidad (EER nominales) basada en la capacidad en Btu/h del sistema en función de la demanda de potencia de la unidad de condensación. Con carga correcta (55 onzas) la eficiencia EER de la unidad fue 8.49. Cuando se redujo el refrigerante, el valor EER bajó a 8.22 a 95% de carga, 7.97 a 90%, 7.03 a 85%, 5.2 a 80% y 3.57 a 75% de la carga completa de refrigerante. Cuando se agregó refrigerante, con el 5% de más (3 onzas), la eficiencia EER bajó a 7.19; a 10% (6 onzas), la EER fue 4.8 y a 15% de sobrecarga (8 onzas), la EER fue 2.29. De estas gráficas la única conclusión es que los sistemas con tubo capilar se deben cargar con la cantidad correcta, y que la tolerancia es sólo -5%.

El efecto de la sobrecarga produce una alta presión de succión, debido a que aumenta el flujo de refrigerante al serpentín de expansión seca. El sobrecalentamiento en la succión disminuye por la cantidad adicional al serpentín. De 8 a 10% de sobrecarga, el sobrecalentamiento de la succión se hace cero y sale refrigerante líquido del serpentín



**FIGURA A18-6** Btu/h-kW, o EER, en función de carga de refrigerante

de expansión seca. Con ello se inunda el compresor y aumenta mucho la posibilidad de falla de éste. La presión del lado de alta, o de descarga, será elevada debido a que hay más refrigerante en el condensador. El subenfriamiento líquido también será elevado por la misma razón. El consumo de potencia aumentará debido a la mayor cantidad de vapor bombeado y a la mayor presión de descarga del compresor

#### ===== A18-57

#### ===== Obstrucción en el tubo de líquido

Una obstrucción en el tubo del líquido reducirá la cantidad de refrigerante que pasa al dispositivo de reducción de presión. Entonces los sistemas tanto de válvula de termostática de expansión como de tubo capilar trabajarán ambos con bajo flujo de refrigerante al serpentín de expansión seca.

1. La presión en el tubo de succión será baja debido a la menor cantidad de refrigerante al serpentín de expansión seca.
2. El sobrecalentamiento en la succión será alto debido a la menor cantidad de superficie activa del serpentín, que permite que haya más superficie para aumentar la temperatura del vapor, al igual que reduce el punto de ebullición del refrigerante.
3. La presión del lado de alta o de descarga será baja debido a la menor carga del compresor.
4. El subenfriamiento del líquido será alto. El refrigerante líquido se acumulará en el condensador, porque no puede salir con la rapidez necesaria debido a la restricción. Como resultado, el líquido se enfriará más que lo deseable.
5. Los amperes tomados en la unidad de condensación serán bajos.

===== A18-5 8

### **Tubo capilar o tubo de alimentación obstruidos**

Un tubo capilar obstruido o un tubo alimentador obstruido entre la válvula termostática y el serpentín harán que parte de éste esté inactivo. El sistema trabajará entonces como si tuviera un serpentín muy pequeño

1. La presión de succión será baja debido a que se ha reducido la capacidad del serpentín
2. El sobrecalentamiento en la succión será alto en los sistemas de tubo capilar. La menor cantidad de vapor que produce el serpentín y la reducción consecuente de la presión de succión reducen la capacidad del compresor, la presión diferencial y el flujo de los demás tubos capilares activos
3. La presión del lado de alta, o de descarga, será baja.
4. El subenfriamiento de líquido será alto; el refrigerante líquido se acumulará en el condensador
5. El consumo de corriente (amperes) de la unidad será bajo

#### **Sistemas de válvula termostática de expansión:**

1. En los sistemas de válvula termostática de expansión, un tubo de alimentación obstruido reduce la capacidad del serpentín. Este no puede dar el suficiente vapor como para satisfacer la capacidad de bombeo del compresor; y la presión de succión se estabiliza en un valor bajo
2. Sin embargo, el sobrecalentamiento estará entre los límites normales porque la válvula se ajustará a las menores condiciones de operación y mantendrá los límites establecidos de sobrecalentamiento
3. La presión de descarga, o del lado de alta, será baja debido a la carga reducida al compresor y al condensador
4. El subenfriamiento del líquido será alto debido a que se acumulará refrigerante líquido en el condensador
5. La demanda de amperes de la unidad de condensación será baja.

===== A18-5.9

### **Obstrucción del tubo de succión**

Una obstrucción del tubo de succión, como por ejemplo un colador obstruido, un aplastamiento del tubo, o una unión soldada con restos de soldadura significan una mayor caída de presión entre el serpentín de expansión seca y el compresor.

1. La presión de succión, si se mide en la unidad de condensación al final del tubo de succión, será baja.
2. El sobrecalentamiento, medido a través de la temperatura en el serpentín de expansión seca y la presión de

succión (punto de ebullición) en la unidad de condensación, será extremadamente alto

3. La presión del lado de alta, o de descarga, será baja debido a la menor carga del compresor.
4. La baja presión de succión y descarga indica en general una escasez de refrigerante. *Precaución: El subenfriamiento de líquido es de normal a ligeramente arriba de lo normal.* Esto indica un sobrante de refrigerante en el condensador. La mayor parte del refrigerante está en el serpentín donde la rapidez de evaporación es baja a causa de la mayor presión de operación en el serpentín.
5. El amperaje por la unidad de condensación es bajo debido a la poca carga en el compresor.

===== A18-5 10

### **Obstrucción en el tubo de gas caliente**

Cuando hay una obstrucción en el tubo de gas caliente, la presión del lado de alta, o sea de la descarga del compresor, será alta si se mide en la salida del compresor, o baja si se mide a la salida del condensador, o sea en el tubo de líquido. En este caso el consumo de corriente del compresor será alto. Por lo tanto:

1. La presión de succión es alta debido a la menor capacidad de bombeo del compresor.
2. El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión seca es alto debido a que la presión de succión es elevada
3. La presión del lado de alta es elevada cuando se mide la descarga del compresor, o baja cuando se mide en el tubo de líquido
4. El subenfriamiento del líquido está en el límite alto de operación normal.
5. Pero con todo ello, la corriente al compresor es mayor que la normal. Todos los síntomas apuntan a una obstrucción extrema en el tubo de gas caliente. Este problema se localiza con facilidad cuando se mide la presión de descarga a la salida del compresor

Cuando el punto de medición es el tubo de líquido en la salida del condensador, se malinterpretan los hechos. Una alta presión de succión y baja de descarga se interpretan por lo general como compresor ineficiente. *Se debe medir el amperaje del compresor.* Una corriente alta indica que el compresor está trabajando contra una alta presión de descarga. Por lo tanto, hay una obstrucción entre la descarga del compresor y el punto de medición de presión.

===== A18-5 11

### **Compresor ineficiente**

Este problema es el último de la lista porque es el que se presenta con menor probabilidad. Cuando el compresor no maneje la cantidad requerida de vapor de refrigerante:



1. La presión de la succión se estabilizará en un valor mayor que el normal.
2. El sobrecalentamiento en el serpentín de expansión seca será alto.
3. La presión del lado de alta o de descarga será extremadamente baja.
4. El subenfriamiento del líquido será bajo porque no habrá mucho calor en el condensador. Por lo tanto, la temperatura de condensación estará cerca de la temperatura del aire que entra.
5. La corriente (amperaje) que pasa por la unidad de condensación será muy baja, indicando que el compresor está haciendo muy poco trabajo.

El análisis de problemas en el sistema de aire acondicionado sólo es cuestión de determinar si está mal la cantidad de aire, o el lado de suministro de aire del sistema, o bien si es el lado de refrigeración del sistema. Si está en el lado de refrigeración, ¿es el problema la cantidad de refrigerante o el flujo del mismo?

Para tener la respuesta correcta, se deben conocer cinco características:

1. Presión de succión
2. Sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca
3. Presión del lado de alta o de descarga
4. Subenfriamiento del líquido
5. Consumo de corriente (amperaje) de la unidad de condensación

## PROBLEMAS

**A18-1.** ¿Qué instrumentos se necesitan para diagnosticar bien los problemas en un sistema de aire acondicionado?

**A18-2.** ¿En qué lugares se necesita medir las temperaturas de aire?

**A18-3.** Si la caída de temperatura del aire a través del serpentín es mayor que cuando trabajaba antes la unidad, ¿está el problema en la parte de refrigeración o en la de aire del sistema?

**A18-4.** Los problemas en la parte de refrigeración del sistema se pueden dividir en dos categorías. ¿Cuáles son?

**A18-5.** Definir "EER".

**A18-6.** Se determina el EER dividiendo \_\_\_\_\_ entre \_\_\_\_\_.

**A18-7.** ¿Cuántas causas probables de falla hay en un sistema de aire acondicionado?

**A18-8.** Si la carga de Btu/h aumenta en el evaporador, ¿aumentará o disminuirá el sobrecalentamiento cuando hay serpentín con válvula termostática de expansión, y cuando hay serpentín con tubo capilar?

**A18-9.** ¿Qué efecto tiene la baja temperatura ambiente exterior sobre la capacidad de la unidad de aire acondicionado?

**A18-10.** ¿Cuál es la temperatura mínima exterior de operación para un sistema con tubo capilar y uno con válvula termostática de expansión?

**A18-11.** La temperatura exterior mínima a la cual el sistema de tubo capilar se puede cargar en forma correcta es \_\_\_\_\_.

**A18-12.** ¿Cuál es el modo más fácil de determinar si una unidad no tiene la cantidad adecuada de refrigerante?

**A18-13.** ¿Qué es lo que tiene el efecto adverso mayor sobre la capacidad de un sistema: una sobrecarga o baja carga de refrigerante?

**A18-14.** La tolerancia de variación de carga para un sistema de tubo capilar es \_\_\_\_\_.

**A18-15.** Para diagnosticar en forma correcta los problemas en el sistema de refrigeración, se deben conocer cinco características de operación. ¿Cuáles son?

# BOMBAS TERMICAS

---



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **B 1 PRINCIPIOS BÁSICOS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# Principios básicos

B1-1

## GENERALIDADES

Otra fuente de calor para aplicaciones residenciales y comerciales pequeñas se popularizó con el aumento de costo de la energía eléctrica. Esta fuente, que se llama *bomba térmica* en realidad fue desarrollada por Lord Kelvin en 1852.

La primera bomba térmica de aplicación práctica se instaló en Escocia en 1927. Entre 1927 y 1950, las bombas térmicas se instalaron en cientos de residencias y pequeños comercios en Europa y la parte sur de Estados Unidos. Muchas de esas instalaciones eran tan sólo unidades de aire acondicionado convertidas en bombas térmicas por adición de válvulas reversibles y los controles adecuados.

En los primeros años de la década de 1950, las empresas fabricaron y vendieron bombas térmicas en el sur de los Estados Unidos, para sus mercados locales. Desafortunadamente esas unidades también se instalaron en climas más fríos y en sistemas de distribución de aire que eran totalmente inadecuados para esta aplicación. Las bombas térmicas se descomponían mucho y por lo mismo adquirieron una mala reputación. Esto, junto con el costo relativamente bajo de la energía, destruyó prácticamente el mercado.

Con el aumento en el costo de energía durante la década de 1970, el público demandó de nuevo un medio eficiente de calefacción con energía eléctrica y volvió a nacer la bomba térmica. Sin embargo, esta vez las unidades que se vendían estaban diseñadas para climas más fríos, y tenían el equipo desescarchador necesario, y también protección del compresor contra clima frío. Como resultado de ello, estos modelos "yanquis" trabajan con la misma confiabilidad y tiempo esperado de vida que las unidades normales de aire acondicionado.

B1-2

## PRINCIPIOS BASICOS

La bomba térmica es un sistema de refrigeración, como cualquier otro, que transfiere calor de un lugar a otro inv-

lucrando el cambio de estado de un líquido. Esta acción se describió en las partes anteriores sobre refrigeración y aire acondicionado. Además, la bomba térmica puede invertir la acción o dirección de las transferencias de calor. Puede sacar calor de la zona ocupada para tener enfriamiento durante el verano, y desecharlo en el aire exterior, con un suministro de agua, o indirectamente, hacia la tierra u otro material. Al invertir su acción, sacará calor del aire exterior, o del suministro de agua, o de la tierra u otro material, y lo cederá a la zona ocupada.

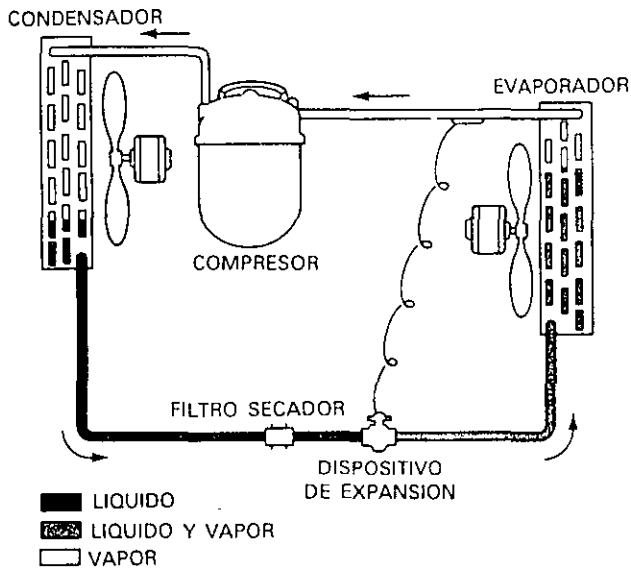
En forma básica, todos los sistemas de refrigeración son bombas térmicas, porque transfieren calor de una fuente a baja temperatura, a un sumidero o lugar de desecho a mayor temperatura. Sin embargo, el término "bomba térmica" sólo se ha asignado al sistema que en realidad es un "sistema de refrigeración de ciclo inverso".

Como ya se han descrito los principios básicos de refrigeración y acondicionamiento de aire, en esta parte nos limitaremos a aquellos componentes, principios de aplicación y de operación, y procedimientos de servicio que se aplican a la bomba térmica. Algunos de los componentes se citarán con términos distintos debido al cambio de aplicación. Se definirán sobre la marcha en la descripción.

B1-3

## CICLO BASICO

Si vemos el ciclo de enfriamiento convencional de la refrigeración (figura B1-1), nos percatamos que se absorbe calor en el serpentín interior de expansión directa, o evaporador, y se descarga en el condensador al aire exterior. Si podemos invertir físicamente esos componentes para absorber calor del aire externo, mediante los cambios de estado del refrigerante líquido podemos descargar ese calor al aire interior. Con ello habremos creado un método de suministro de calor a una zona ocupada para conservar el nivel de temperatura de confort. Esto es lo que hace la bomba térmica, excepto que físicamente no invierte al evaporador y al condensador. Mediante una válvula reversible puede dirigir el flujo de refrigerante para hacer que el



**FIGURA B1-1** (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

proceso suministre calefacción o enfriamiento al recinto ocupado.

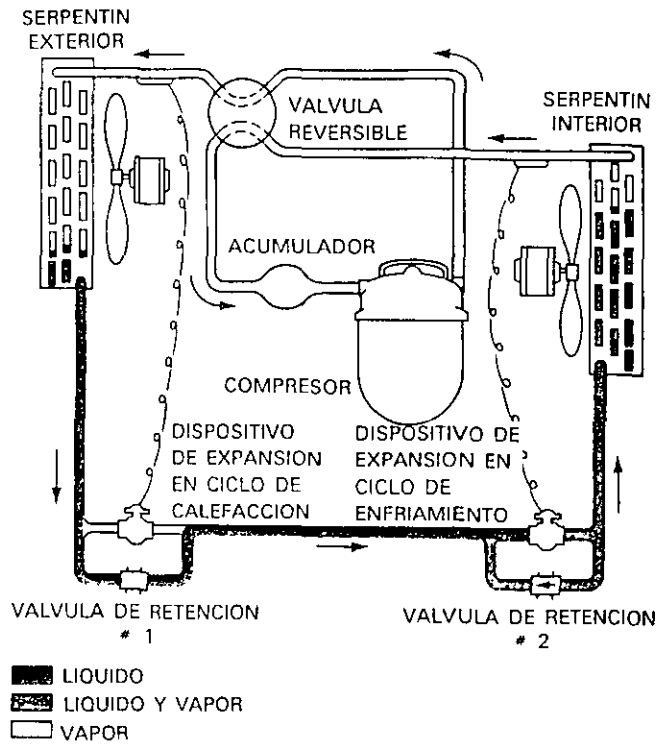
El ciclo de la bomba térmica se muestra en las figuras B1-2 y B1-3. Hemos reetiquetado los serpentines como interior y exterior, porque tienen ya un propósito doble, dependiendo del uso. El serpentín exterior es el condensador en el ciclo de enfriamiento, y el evaporador en el ciclo de calefacción. El serpentín interior es el evaporador en el ciclo de enfriamiento y condensador en el ciclo de calefacción.

Para lograr la inversión del flujo de refrigerante, se usa una válvula inversora, o reversible, en los tubos de succión y descarga entre el compresor y los dos serpentines. También hay válvulas de retención conectadas en paralelo con los dispositivos de reducción de presión para permitir sacarlos del circuito cuando no se usan.

En cuanto al circuito en la fase de enfriamiento (figura B1-2), las flechas muestran la dirección del gas de descarga del compresor, a alta temperatura y presión, que va hacia el serpentín exterior o condensador, donde se condensa y forma líquido subenfriado a alta presión. Como no deseamos la restricción del dispositivo de reducción de presión que está conectado a la salida del serpentín exterior, se conecta una válvula de retención para que el líquido rodee ese dispositivo reductor de presión.

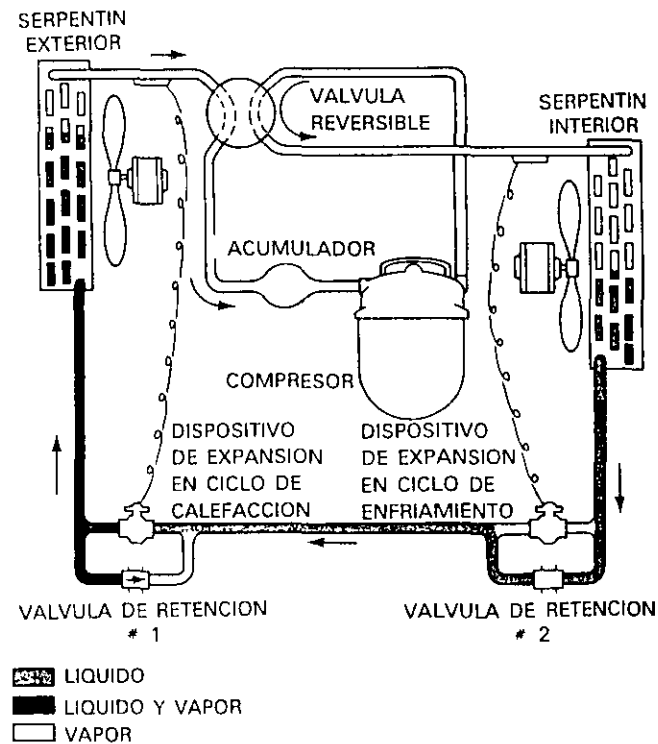
El refrigerante líquido va hacia el dispositivo reductor de presión del serpentín interior o evaporador. Se le obliga a pasar por el dispositivo porque la válvula de retención, conectada en paralelo con ese dispositivo, ha cerrado, y se lleva a cabo la caída necesaria de presión para producir la absorción de calor en el serpentín interior. El vapor de refrigerante que se produce en el serpentín interior va ahora por la válvula reversible y el acumulador, hacia el compresor. Con ello se completa el ciclo.

En el ciclo de calefacción (figura B1-3) la válvula reversible ha cambiado de posición, y también la dirección



**FIGURA B1-2** (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

del flujo de gas. El gas de alta presión y temperatura que sale del condensador pasa por la válvula reversible al ser-



**FIGURA B1-3** (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

pentín interior. Este serpentín funciona ahora como condensador, expulsando vapor hacia el aire del recinto acondicionado: se condensa el vapor y su temperatura se reduce, produciendo un líquido sobreenfriado a alta presión y temperatura media.

Para sacar del circuito la válvula reductora de presión del ciclo de enfriamiento, abre la válvula de retención y permite que el refrigerante líquido pase, pero rodeando al dispositivo de reducción de presión. Continuando por el tubo de líquido, el refrigerante líquido es obligado a pasar por el dispositivo de reducción de presión del serpentín exterior al cerrar la válvula de derivación conectada en paralelo con el dispositivo. Convertido en un líquido de baja presión y baja temperatura, el refrigerante pasa al serpentín exterior, que funciona ahora como evaporador. Se recoge calor del aire externo al evaporarse el refrigerante líquido. El vapor de refrigerante pasa entonces por el tubo de vapor, válvula inversora y acumulador, al compresor, completando así el ciclo.

Se recomienda que haya acumuladores para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado: en los sistemas de bomba térmica son necesarios. Esto se describirá con más detalle en la sección de "desescarchamiento del sistema".

===== B1-3 1  
 ===== **Sistemas con suministro de aire**

La descripción del ciclo básico se basó en un sistema de suministro de aire que se llama bomba térmica tipo *aire*

*a aire*. En este sistema se usan dos intercambiadores de calor para aire del tipo de tubos aletados. El serpentín interior capta calor, en el ciclo de enfriamiento, o lo cede, en el ciclo de calefacción, al aire que le llega por el flujo interior y el sistema de distribución de aire. El serpentín exterior capta calor, en el ciclo de calefacción, o lo cede, en el ciclo de enfriamiento, al aire externo que le llega por el soplador o ventilador de hélice del condensador. En cada caso el calor se toma y se cede al "aire".

Un ejemplo típico de un sistema aire a aire se ve en la figura B1-4. El conjunto del soplador en la unidad del serpentín con ventilador y el sistema de suministro y retorno de aire hacen que éste pase a través del serpentín interior. El conjunto de ventilador de hélice en la parte exterior suministra el aire que pasa por el serpentín exterior.

===== B1-3 2  
 ===== **Sistemas con suministro de agua**

A los sistemas con suministro de agua se les llama bombas térmicas tipo *agua a aire*, y usan un cambiador de calor para líquidos en el lado de alta o "exterior" del conjunto de la bomba térmica. Esta sección se debe ubicar en la zona calentada para evitar congelamientos posibles si el clima en el exterior baja a menos de 32 °F (0 °C).

En las unidades paquete, naturalmente, esto sería automático, porque toda la unidad está en la zona acondicionada para conectarse con el sistema de distribución de aire. La figura B1-5 muestra una unidad normal agua a aire en la que

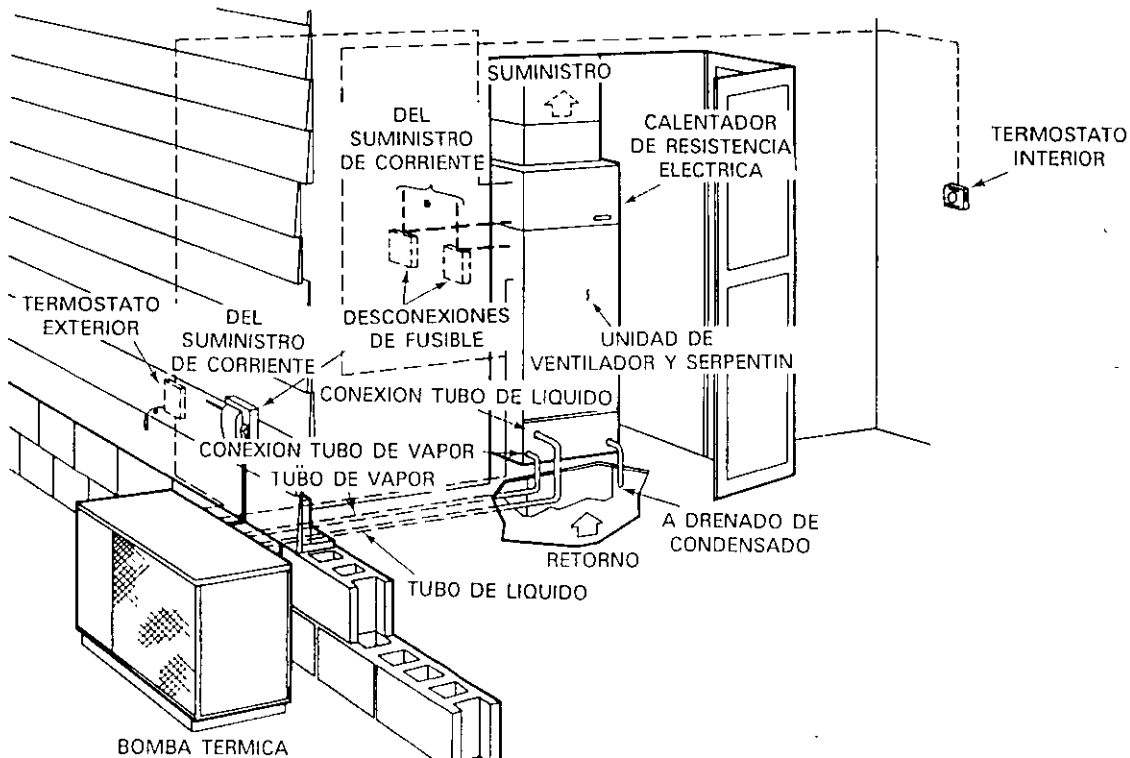


FIGURA B1-4 Bomba térmica de sistema dividido (Cortesía de Carrier Corporation)

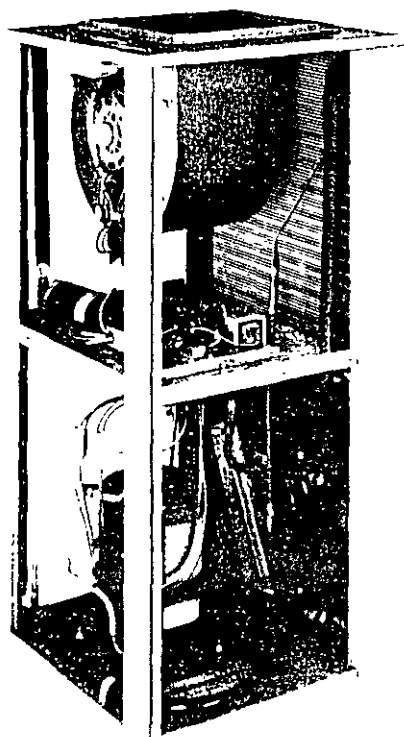


FIGURA B1-5 Paquete de bomba térmica con suministro de agua (Cortesía de Baird Manufacturing Company)

se han quitado las láminas de la caja. En su compartimento inferior, se puede ver el intercambiador de calor de doble tubo, en el que el calor pasa del agua al refrigerante. Debido a la diversidad de las condiciones del agua que se pueden presentar, estos cambiadores se fabrican en general de cuproníquel. Para tener eficiencia y compacidad, la construcción es principalmente del tipo "tubo dentro de tubo" o *tubos concéntricos*. El resto del sistema de refrigeración, compresor, dispositivos de reducción de presión, válvulas de retención y válvula inversora, es básicamente el mismo que el del sistema de aire a aire.

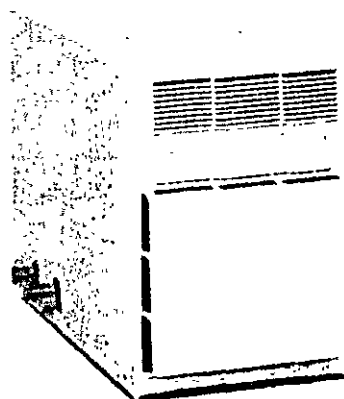
===== B1-3 3  
 ===== **Sistemas agua a agua**

Los sistemas de bomba térmica agua a agua se han vendido como unidades de tamaño pequeño para calefacción con agua. La mayor parte de ellos tiene su capacidad entre los límites de 6000 a 12000 Btu/hr. y se incorporan en una unidad de paquete junto con el tanque de almacenamiento de agua caliente, o como una unidad de sobreponer a los tanques de almacenamiento existentes. La figura B1-6 muestra una unidad paquete típica que se puede adosar a un tanque de agua caliente. La unidad es la fuente primaria de calor para uso de agua caliente doméstica o en pequeños comercios, y con un calentador de agua como respaldo. A causa de la mayor eficiencia o COP (coeficiente de desem-

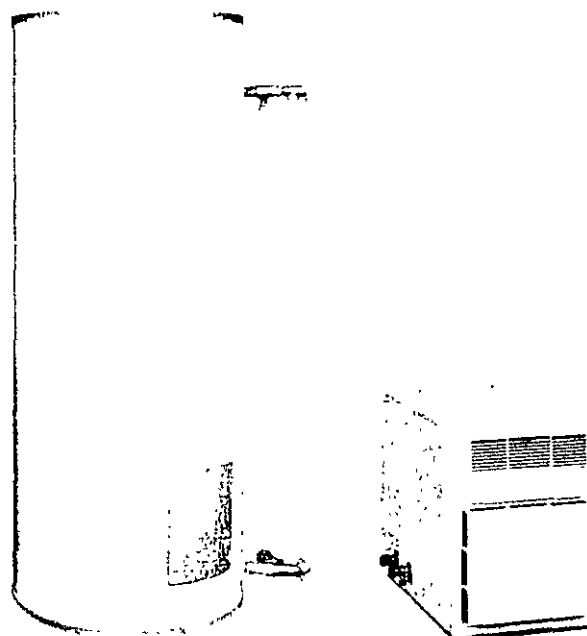
peño) de la bomba térmica de agua a agua, se tiene un suministro de agua caliente de bajo costo de energía. Los problemas de su instalación y servicio se describen en capítulos posteriores.

===== B1-4  
 ===== **COMPONENTES**

El sistema básico de bomba térmica se compone de dos cambiadores de calor, un compresor para elevar el punto de ebullición o temperatura de condensación del refrigerante, y de dispositivos de reducción de presión para bajar el punto de ebullición del refrigerante. Como el sistema trabaja a



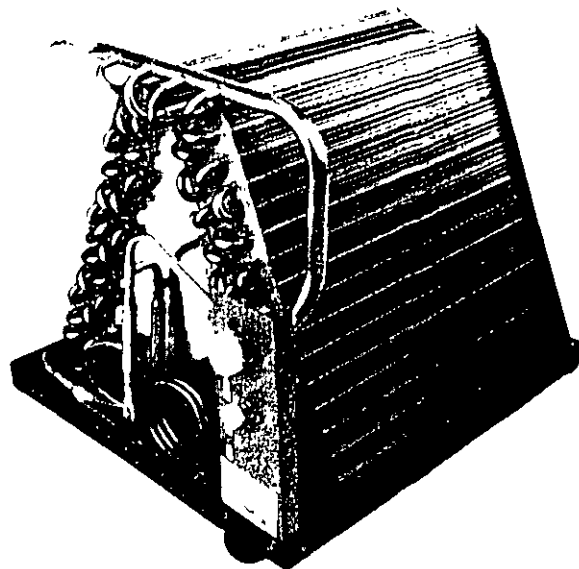
(a)



(b)

FIGURA B1-6 Bomba térmica de agua a agua (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

diversas condiciones de temperatura en los modos de calefacción y de enfriamiento, los dispositivos reductores de presión deben ajustarse al serpentín que funcione como evaporador, para las condiciones que va a tener. Por ejemplo, el dispositivo de reducción de presión en el serpentín interior debe ser para las condiciones del aire que entra a él, como 80 °F BS (27 °C) y 50% HR, y aire que entra al serpentín exterior (condensador) a 95 °F BS (35 °C). El dispositivo reductor de presión que se usa junto con el serpentín exterior, cuando trabaja como evaporador en el ciclo de calefacción, debe funcionar a aire que entra a 45 °F (7 °C) al serpentín, que ahora es el condensador. De lo anterior podemos ver que los dispositivos de reducción de presión, al igual que los serpentines, deben trabajar en forma distinta que los sistemas directos de aire acondicionado. Se agregan otras partes o componentes a la bomba térmica, que no se encuentran en el sistema de aire acondicionado. Estas partes, a su vez, tienen su función específica



**FIGURA B1-7** Serpentín en "A" para bomba térmica (Cortesía de Bard Manufacturing Company.)

===== B1-4 1  
===== **Cambiadores de calor**  
=====

El serpentín interior es básicamente el mismo en los sistemas aire a aire y agua a aire. Se diseña para trabajar con una alimentación de gas caliente por la parte superior y una salida de líquido por el fondo, cuando se usa como condensador, y cuando trabaja como evaporador entonces tiene la alimentación por la parte inferior. También, para mantener baja la resistencia al flujo cuando está en modo de calefacción, este serpentín, en general, tiene más circuitos con cargas más ligeras, que las que manejan los serpentines normales.

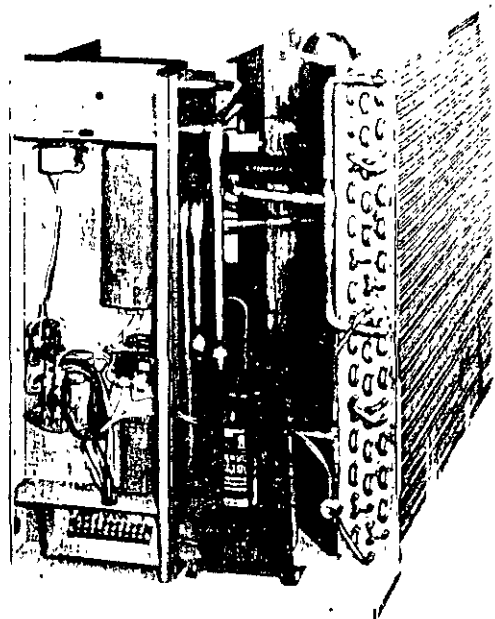
Su tamaño total y superficie de intercambio son mayores que los serpentines normales porque su función primaria es rechazo de calor como condensador. Las bombas térmicas diseñadas y vendidas a partir del aumento de su popularidad se han diseñado como calefacción como función primaria, y enfriamiento como secundaria. En consecuencia, los problemas de campo han sido mínimos.

A causa de su tamaño mayor por 12000 Btu/hr de capacidad, la bomba térmica normal trabaja como una unidad de aire acondicionado con un serpentín sobredimensionado. La capacidad total de Btu/hr puede ser mayor, pero se reduce mucho la capacidad de calor latente. En consecuencia, se tendrán mayores niveles de humedad en la zona acondicionada al trabajar una bomba térmica, en comparación con los sistemas normales de aire acondicionado.

La figura B1-7 muestra los tubos capilares que se usan para reducción de temperatura de ebullición cuando el serpentín funciona como evaporador en el ciclo de enfriamiento. Detrás del distribuidor de líquido que alimenta los tubos capilares se encuentra la válvula de retención. En los ciclos de calefacción, cuando el serpentín funciona como condensador y el refrigerante pasa en dirección inversa, esa válvula abre para sacar de la trayectoria la restricción del tubo capilar.

**Suministro de aire en el exterior de los serpentines:** El serpentín exterior también es de alimentación por la parte

superior y salida por abajo para trabajar como condensador en el ciclo de enfriamiento. Normalmente, los condensadores se conectan en circuito de la parte superior hacia abajo, sin importar la carga del circuito, porque el funcionamiento no queda afectado por desbalances de la carga del circuito. Sin embargo, cuando se usa como evaporador en el ciclo de calefacción, se debe conectar en forma adecuada para tener la capacidad máxima. La figura B1-8 muestra un serpentín exterior conectado como doble serpentín agrupado. El re-



**FIGURA B1-8** Sección exterior de una bomba térmica (Cortesía de Bard Manufacturing Company.)



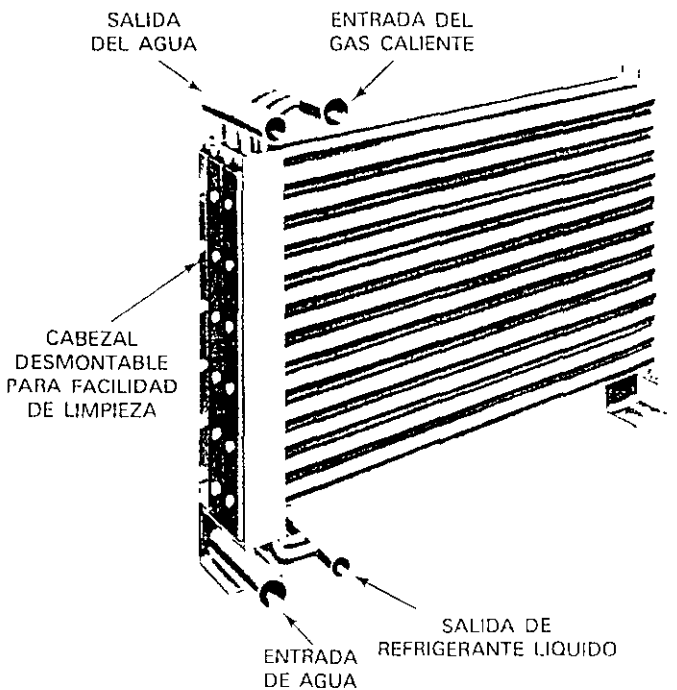
frigerante va del dispositivo reductor de presión y entra a las filas inferiores de cada sección. Esa sección se recorre varias veces para dar la mayor capacidad de absorción de calor a la mínima caída de presión posible a través del serpentín. Además al agrupamiento en dos secciones, cada sección también se cruza para promover una carga balanceada por ella.

**Suministro de agua en el exterior de los serpentines:**

Como se dijo antes, el serpentín "exterior" en las bombas térmicas con suministro de agua, es un cambiador de calor de tubos concéntricos para pasar calor del vapor de descarga del compresor a alta presión y alta temperatura, al agua en el ciclo de enfriamiento, y de agua al refrigerante líquido a baja presión y baja temperatura en el ciclo de calefacción.

Esos cambiadores de calor son del tipo de tubos concéntricos agrupados (figura B1-9), o de un tubo concéntrico continuo, o tubo coaxial, como en la figura B1-10). En ambos casos la superficie que se tiene es la adecuada para transferir la cantidad requerida de calor.

La figura B1-9 muestra un condensador de tubos concéntricos enfriado por agua. La construcción en haz de tubos con cabeza o espejos desmontables permite la limpieza de los tubos individuales del agua con escobillones. Se muestra un condensador normal. Si se usara en una bomba térmica con suministro de agua, se introducirían capilares en el cabezal de salida de líquido para suministro de refrigerante líquido a baja presión y baja temperatura en la parte inferior de cada circuito refrigerante durante el ciclo de calefacción. También; para dar la máxima capacidad, se



**FIGURA B1-9** Serpentín agua a refrigerante (Cortesía de Standard Refrigeration Company)



**FIGURA B1-10** Bomba térmica paquete de suministro de agua (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

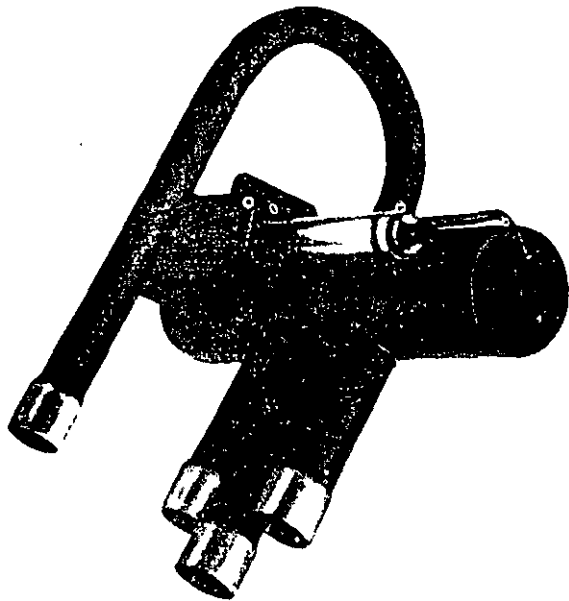
invierte el flujo de agua a través del condensador, y el agua entra en la parte superior y sale por abajo. Es necesario sacrificar algo de capacidad en el ciclo de enfriamiento para tener capacidad máxima en el de calefacción.

Los intercambiadores de calor de tubos coaxiales continuos no se pueden limpiar mecánicamente, sólo químicamente. La figura B1-10 muestra un cambiador de calor de tubos coaxiales a la derecha del compartimiento inferior. Se ven las conexiones hembra para tubo con tomas de presión para manómetro de agua, para tener un medio de determinar el factor limitante del tubo de agua. Otro tubo en ese cambiador se ve que pasa alrededor de la base del compresor. Ese cambiador de calor se usa para calentar agua caliente doméstica en el ciclo de enfriamiento.

En los sistemas de agua a agua, los dos cambiadores de calor serán del tipo coaxial, y con los controles necesarios y bombas de suministro de agua para que trabajen en forma adecuada.

==== B1-4 2  
 ==== Válvula reversible

La capacidad que tiene la bomba térmica de invertir su dirección de intercambio de calor se logra invirtiendo la dirección del flujo del vapor de refrigerante del compresor a los cambiadores de calor. La selección del cambiador de calor que va a tomar calor (evaporador) o a ceder calor



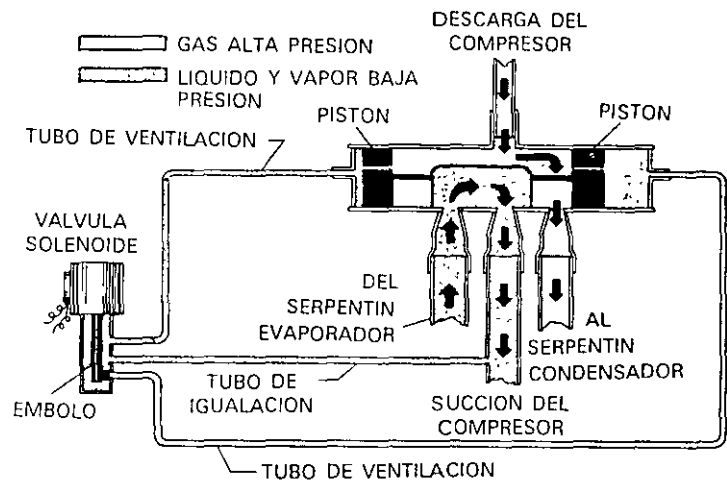
**FIGURA B1-11** Válvula reversible (Cortesía de Ranco, Inc )

(condensador) se determina mediante la acción de la válvula reversible. Una válvula reversible típica se ve desde afuera como la de la figura B1-11. Por dentro está compuesta de dos pistones conectados a un bloque o cilindro deslizante con dos aberturas. La figura muestra la posición del conjunto del pistón en el modo de calefacción (figura B1-12) y en el modo de enfriamiento (figura B1-13)

La acción del pistón se controla mediante una válvula solenoide que emplea vapor de descarga del compresor a alta temperatura, para mover el pistón hacia la izquierda o derecha dependiendo del modo que se necesite. Estando conectada la descarga del compresor directamente al centro de la cámara del pistón, se ejerce igual presión en las superficies internas de cada extremo del pistón. Para provocar movimiento, se produce una diferencia de presiones a lo largo del pistón descargando la presión del cilindro al lado de succión del compresor.

La acción de sangrado, purga o escape la controla la válvula solenoide de tres vías. En la figura B1-12, esta válvula está desenergizada y el émbolo de control descansa en la posición inferior. La conexión inferior está cerrada, y la superior abierta comunicando con la común intermedia. Así, el tubo superior de ventilación comunica con el tubo de igualación. La acción que se llevó a cabo fue la descarga de la presión de la cámara izquierda del cilindro. Cuando la presión en esa cámara se redujo lo suficiente como para provocar una diferencia de presión (unas 75 a 100 psig) a lo largo del pistón, se movió hacia la izquierda. Esto hizo que el bloque deslizante de la válvula abriera la conexión de control del lado izquierdo para comunicarla con la conexión del centro, y conectar al puerto de control del lado derecho con la presión del pistón. En esta posición el vapor de descarga del compresor pasa al serpentín interior (condensador) y el vapor del serpentín exterior (evaporador) pasa a la succión del compresor.

### VALVULA REVERSIBLE: CALEFACCION

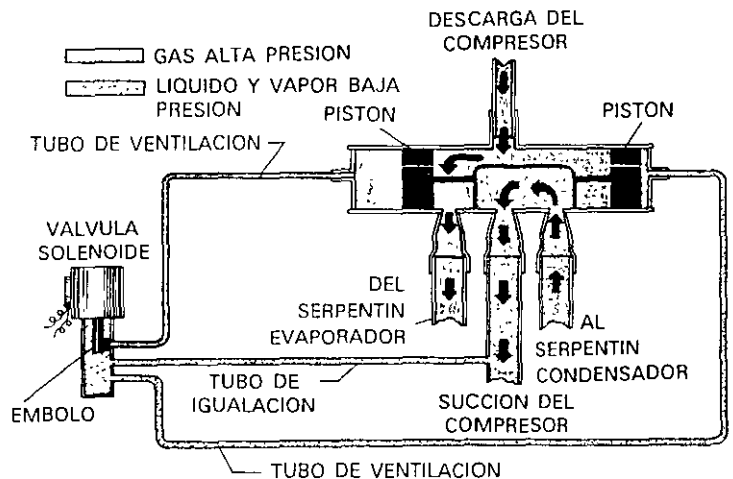


**FIGURA B1-12** Válvula reversible: desenergizada (Cortesía de Ranco, Inc )

En la figura B1-13, la bobina de la válvula solenoide está energizada y ha levantado al émbolo. Con ello ha cerrado el tubo de descarga del extremo izquierdo del pistón, y abierto el tubo de descarga del extremo derecho de éste. Cuando ha bajado lo suficiente la presión en el extremo derecho del pistón, la diferencia de presiones a través del pistón hará que éste se mueva hasta el extremo derecho.

Con ello se mueve la válvula deslizante, abriendo la comunicación del serpentín exterior con la descarga del compresor, y del serpentín interior con la succión del compresor. La unidad funciona ahora como un sistema normal de acondicionamiento de aire. Aunque no se ve en los dos esquemas, una punta en el extremo del pistón asienta en un

### VALVULA REVERSIBLE: ENFRIAMIENTO



**FIGURA B1-13** Válvula reversible: energizada (Cortesía de Ranco, Inc )

sello para evitar la derivación continua del vapor caliente del cilindro a través del agujero de sangría del pistón, pasando al tubo abierto de descarga.

El agujero de sangría del pistón es una abertura pequeña a través de la cual el gas a alta presión encuentra, lentamente, su camino para regular la velocidad de desplazamiento del pistón. En la acción de cambio, una variación demasiado brusca de la presión podría provocar un choque en el sistema y demasiado ruido.

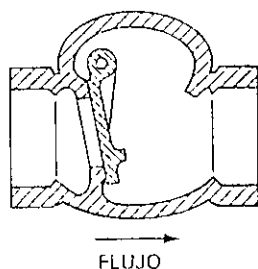
=====  
 ===== B1-4.3  
 ===== **Válvula de retención**  
 =====

Las válvulas de retención en el circuito de la bomba térmica son vitales para asegurar que se mantengan las presiones y puntos de ebullición del refrigerante adecuados para dar la absorción y transferencia de calor a la capacidad nominal de la unidad. Esto se logra con facilidad, como se explicó en la sección B1-3, debido a que las válvulas están completamente abiertas o completamente cerradas, dependiendo de la dirección de flujo del refrigerante. La figura B1-14 muestra una válvula tipo columpio, u horizontal, con una flecha que indica la dirección de flujo. Cuando el refrigerante pasa en dirección de la flecha, la válvula abre y permite un flujo completo con resistencia mínima.

Sin embargo, cuando trata de invertir la dirección del flujo, la placa de retención oscila y llega a la posición de cierre, y detiene el flujo de refrigerante. Así, esta acción hace que éste pase por el dispositivo reductor de presión, y se tiene una operación correcta.

Las primeras válvulas de retención que se usaron en las bombas térmicas residenciales y comerciales pequeñas fueron del tipo de disco. Usaban un disco plano sobre un asiento circular plano con un resorte de fuerza pequeña para ayudar a cerrar, pero al mismo tiempo provocar una resistencia muy pequeña al flujo de refrigerante. En los casos normales de flujo a presión normal que hace pasar al refrigerante por la válvula de retención, cuando hay poca contrapresión en el sistema cuando éste está sin trabajar, la válvula de retención trabaja bien. En los sistemas de bomba térmica, en los cuales se presentan diferencias radicales de presiones, el disco se podría mover hacia un lado y atorar. Esto evita el cierre al flujo inverso del refrigerante.

Se ha desarrollado una válvula de retención que emplea una bola de acero en lugar de un disco plano. Este tipo de



**FIGURA B1-14** Válvula de retención (Cortesía de Carrier Air-Conditioning Company)

válvula de retención toma la gran variación de presiones al invertir el flujo de refrigerante, en especial cuando la unidad sale del ciclo de desescarchamiento.

En general, se tienen dos válvulas de retención en cada sistema, una conectada en paralelo con cada uno de los dispositivos de reducción de presión en los serpentines interior y exterior. El funcionamiento específico y la localización de fallas de estas válvulas se describen en el capítulo B6.

=====  
 ===== B1-4.4  
 ===== **Dispositivos de reducción de presión**  
 =====

Como norma en los sistemas de aire acondicionado, los dos tipos de dispositivos de reducción de presión que se usan en las bombas térmicas son válvulas termostáticas de expansión y tubos capilares. Aunque ambos se describieron en el capítulo R10, es necesaria una explicación de la diferencia en el empleo en sistemas de aire acondicionado y en sistemas de bomba térmica.

**Tubos capilares:** En los sistemas de bomba térmica, los tubos capilares son los mismos que los de los sistemas de aire acondicionado, cuando son para el serpentín interior. Los del serpentín exterior se dimensionan para condiciones bastante distintas de presión y temperatura. Recuérdese que la bomba térmica trabaja en el ciclo de calefacción, con aire a 70 °F a la entrada del condensador, y entre -20 y 65 °F en el aire que entra al evaporador. Como en todas las aplicaciones de tubo capilar, se deben emplear el diámetro y longitud especificados por el fabricante.

**Válvulas termostáticas de expansión:** Las válvulas que se usan en las bombas térmicas no son intercambiables con las que se usan en los sistemas normales de aire acondicionado. El bulbo sensor de la válvula termostática de una bomba térmica se fija al tubo frío de la succión en un modo de operación, y al tubo caliente de gas en el otro. Así, la válvula debe poder trabajar cuando el serpentín al que está conectada es el evaporador, pero al mismo tiempo debe resistir las altas temperaturas del tubo de gas caliente, cuando el serpentín es condensador. El elemento de accionamiento de las válvulas tiene una carga para limitar presión, con objeto de dar estos límites de funcionamiento. Para tener un repaso acerca de los principios de funcionamiento de la válvula termostática, consulte la sección R10-4.

=====  
 ===== B1-4.5  
 ===== **Acumuladores**  
 =====

Se describieron los acumuladores en la sección R16-6. La aplicación que se describió fue la protección del compresor contra golpes de líquido provenientes del evaporador durante cargas ligeras o problemas de reducción de aire. La figura B1-15 muestra la vista superior de un componente exterior mostrando el acumulador conectado entre la salida

de la válvula reversible hacia la succión del compresor, y la entrada de la succión del mismo. En la bomba térmica, el acumulador tiene tres casos en los que necesita proteger al compresor:

1. Inundación en el ciclo de enfriamiento: en caso de que una obstrucción al flujo de aire ocasione carga ligera y paso de líquido.
2. Inundación en el ciclo de calefacción: cuando se tiene demasiada acumulación de escarcha en el serpentín exterior, o si se tienen problemas con el paso del aire y se provoca paso de refrigerante líquido.
3. Terminación del ciclo de desescarchamiento: inundación de líquido, que siempre sucede cuando termina este ciclo.

Para fundir la escarcha y el hielo y quitarlos del serpentín exterior, la bomba térmica emplea el método del gas caliente. Se invierte la acción del sistema, se capta calor en el serpentín interior, y el compresor eleva la presión y temperatura del refrigerante. Este pasa al serpentín exterior. Estando parado el soplador o ventilador del serpentín exterior, éste se calienta con rapidez y funde la escarcha y/o hielo en la superficie exterior. Al hacerlo, el serpentín se llena de refrigerante líquido condensado. Antes de terminar el desescarchamiento, y cuando el líquido que sale por el fondo del condensador alcanza la temperatura adecuada de terminación, en general 55 °F (13 °C), la presión del con-

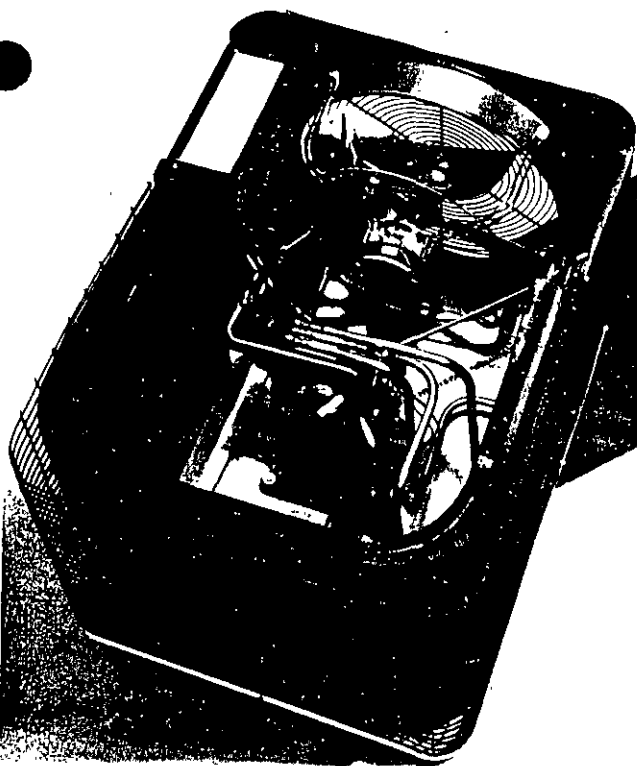


FIGURA B1-15 (Cortesía de Amana Refrigeration, Inc.)

densador puede llegar a 350 psig, y su temperatura a 142 °F (61 °C).

Cuando termina el ciclo de desescarchamiento y la válvula reversible hace el cambio, esta alta presión se descarga en el lado de la succión del compresor. De inmediato, el vapor se formará en el seno del circuito del condensador y empujará al refrigerante líquido para que salga del serpentín y pase al tubo de succión. Esta acción se puede comparar como cuando se quita la tapa del radiador del automóvil, cuando se sobrecalienta el motor. Sale agua impulsada por el vapor que se forma en el motor, cuando se descarga la presión.

Si no hubiera acumulador que capturara y contuviera al refrigerante líquido, un golpe de líquido al compresor puede arruinar las válvulas de éste. A causa de esta protección necesaria, el empleo de un acumulador en el sistema de bomba térmica no permite tolerancia alguna respecto a la cantidad del refrigerante. La carga de refrigerante de una bomba térmica es muy crítica.

#### ===== B1-4.6 ===== Tubos de refrigerante

Los tubos de refrigerante en un sistema de bomba térmica no son iguales a los de un sistema de aire acondicionado o refrigeración. En éstos últimos, el refrigerante, ya sea como líquido a alta presión y temperatura media (tubo de líquido), vapor a alta presión y alta temperatura (tubo de gas caliente), o como vapor a baja presión y baja temperatura (tubo de succión) pasa siempre en la misma dirección: el refrigerante líquido del condensador al dispositivo de reducción de presión, el vapor caliente del compresor al condensador, y el vapor frío del evaporador al compresor.

En las bombas térmicas, el flujo de refrigerante se invierte dependiendo del modo de funcionamiento. El tubo de líquido siempre es tubo de líquido, independientemente del modo de funcionamiento. Lleva refrigerante líquido del condensador al evaporador en ambos modos, porque los cambiadores de calor varían sus características de operación. Por lo tanto, la presión del líquido en este tubo siempre es del líquido del lado de alta.

El tubo grande de vapor que va del serpentín interior hasta la succión de la bomba térmica tiene un papel doble. Es el tubo de vapor frío (tubo de succión) en el modo de enfriamiento, y el tubo de vapor caliente en el modo de calefacción. Para comprobar las presiones de funcionamiento, el técnico de servicio debe recordar conectar un manómetro de alta presión a este tubo, para evitar daños al manómetro cuando es de baja presión.

Las únicas secciones del sistema de circulación de refrigerante que tienen una sola función son el tubo entre la válvula reversible y la entrada al compresor, o sea el tubo de succión, y el que va de la salida del compresor a la válvula reversible (tubo de gas caliente). Para poder determinar los problemas en el sistema de refrigerante, se necesitan cuatro manómetros: un manómetro compuesto conectado al tubo de gas caliente, uno al tubo de líquido, y

uno al tubo de vapor del serpentín exterior. El uso de los manómetros se describe en el capítulo B4.

En los sistemas de aire acondicionado, el tubo de vapor de doble propósito (tubo de succión) está aislado para contribuir a la vida del compresor y reducir la sudoración

del tubo. En las bombas térmicas, también es una necesidad en este tubo de vapor de doble propósito, para reducir la pérdida de calor entre el compresor y el condensador interior. Si falta el aislamiento se puede producir una pérdida en la capacidad del sistema hasta del 20%.

## PROBLEMAS

- B1-1.** \_\_\_\_\_ desarrolló la bomba térmica en \_\_\_\_\_.
- B1-2.** Describir la diferencia de funcionamiento entre un sistema de aire acondicionado y una bomba térmica.
- B1-3.** El nombre "bomba térmica" se da a una unidad que en realidad es un \_\_\_\_\_.
- B1-4.** Los nombres correctos de los dos serpentines del sistema de bomba térmica son serpentín \_\_\_\_\_ y serpentín \_\_\_\_\_.
- B1-5.** En el modo de enfriamiento, el evaporador es el serpentín \_\_\_\_\_.
- B1-6.** En el modo de calefacción, el condensador es el serpentín \_\_\_\_\_.
- B1-7.** El cambio de modo de calefacción a modo de enfriamiento, y viceversa, se logra mediante un dispositivo que se llama \_\_\_\_\_.
- B1-8.** Para proteger al compresor de golpes de líquido, se usa un \_\_\_\_\_.
- B1-9.** A un cambiador de calor de tubo dentro de tubo se le llama de tipo \_\_\_\_\_.
- B1-10.** Las bombas térmicas de agua a aire siempre están en la zona \_\_\_\_\_.
- B1-11.** En general, los cambiadores de calor de agua a refrigerante que se usan en las bombas térmicas agua a aire se fabrican en \_\_\_\_\_. ¿Por qué?
- B1-12.** El serpentín interior de las bombas térmicas siempre es mayor que el que se usa en los acondicionadores de aire, debido a \_\_\_\_\_.
- B1-13.** ¿Qué efecto tiene el serpentín mayor sobre los resultados en el modo de enfriamiento?
- B1-14.** Una válvula reversible consta de dos partes, el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
- B1-15.** La válvula principal de una válvula reversible se mueve debido a la presión creada por el \_\_\_\_\_.
- B1-16.** La presión mínima necesaria para hacer trabajar la válvula principal de una válvula reversible es de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ psig.
- B1-17.** La válvula piloto acciona a la válvula principal controlando la presión que se aplica a la válvula. ¿Cierto o falso?
- B1-18.** El conjunto que consta del dispositivo reductor de presión y la válvula de retención se llama \_\_\_\_\_.
- B1-19.** Se han empleado dos tipos de válvulas de retención en las bombas térmicas. ¿Cuáles son?
- B1-20.** ¿Qué tipo de válvula de retención es el que da menos problemas?
- B1-21.** Dar el nombre de dos tipos de dispositivos de reducción de presión que se usan en las bombas térmicas.
- B1-22.** Una válvula termostática de expansión que se use en bombas térmicas no es intercambiable por una que se usa en sistemas de aire acondicionado debido a \_\_\_\_\_.
- B1-23.** ¿Cuáles son los tres casos en los que se necesitan acumuladores para proteger al compresor?
- B1-24.** La terminación del ciclo de desescarchamiento se tiene cuando el líquido que sale del serpentín exterior llega a \_\_\_\_\_ °F.
- B1-25.** Durante el ciclo de desescarchamiento, las presiones y temperaturas de condensación pueden llegar a \_\_\_\_\_ psig y \_\_\_\_\_ °F.
- B1-26.** En el sistema de bomba térmica, los tubos en los que cambia de dirección en flujo de refrigerante son el de \_\_\_\_\_ y el de \_\_\_\_\_.
- B1-27.** El tubo de succión se conecta entre el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
- B1-28.** El tubo de gas caliente siempre se conecta entre el \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_.
- B1-29.** En una bomba térmica, los dos fines principales del aislamiento del tubo de vapor son \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **B 2 CONTROLES**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# B2

## Controles

B2-1

### GENERALIDADES

Al igual que en el campo de refrigeración y aire acondicionado, donde el aumento de aplicaciones requirió el desarrollo de controles específicos, también es así en el campo de las bombas térmicas. Los controles que se usan en refrigeración y acondicionamiento de aire, como por ejemplo los de seguridad y los de presión que son parte del circuito de refrigeración, se describen en los capítulos R20 y A10.

En este capítulo, la descripción de controles se limitará a aquellos que se aplican a las bombas térmicas. Esos controles pertenecen a las categorías siguientes:

1. Controles de temperatura
  - a. Termostatos de recinto
  - b. Termostatos de intemperie
2. Controles de desescarchamiento
  - a. De diferencial de temperatura
  - b. De presión y temperatura
  - c. De tiempo y temperatura
  - d. De presión, tiempo y temperatura

B2-2

### CONTROLES DE TEMPERATURA

Existen dos aplicaciones básicas de los termostatos en el campo de las bombas térmicas, el control de temperatura, tanto para calefacción como enfriamiento del recinto ocupado, y el control del sistema auxiliar de calor cuando se usan otras formas de calor junto con la bomba térmica.

B2-2.1

#### Termostatos de recinto

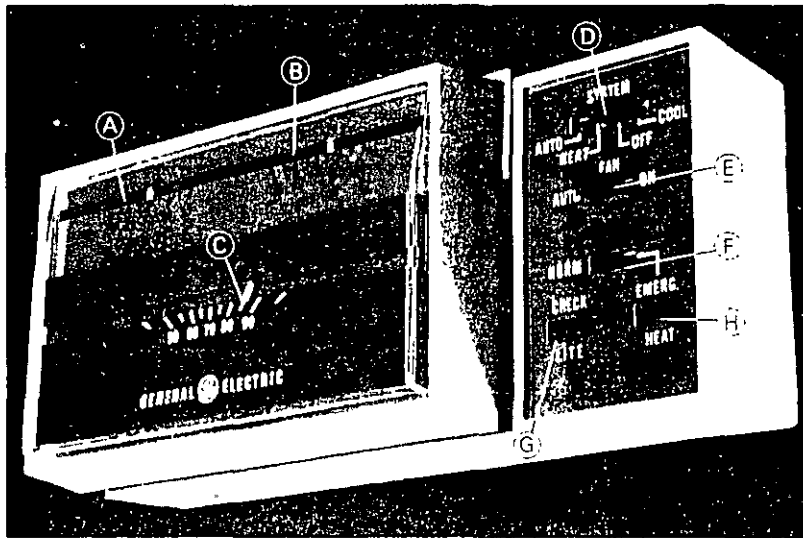
El funcionamiento básico de los termostatos de recinto se describió en el capítulo A-10. Sin embargo, es necesario

reparar las funciones de éste, aplicado a un sistema de bomba térmica. Para controlar ese sistema, el termostato de recinto lleva a cabo las funciones siguientes:

1. Desconectar por completo el sistema
2. Conectar el sistema sólo para enfriar
3. Conectar el sistema sólo para calefacción
4. Sistema con dos etapas de calor
5. Conectar el sistema en cambio automático
6. Conectar el sistema con calor de emergencia
7. Sólo circular aire en los recintos
8. Indicación de problemas

Un termostato propio de una bomba térmica que llena todas las funciones anteriores se ve en la figura B2-1. Se indican las diversas palancas e interruptores que llevan a cabo las funciones deseadas, junto con dos luces de señal que indican cuando hay paro de la unidad y calor de emergencia. Sobre el control se encuentran las palancas de ajuste de temperatura para calefacción (A) a la izquierda, y para enfriamiento (B) a la derecha. Dentro del control se encuentra una barra de conexión entre las dos palancas que evita que el ajuste de las palancas se acerque a menos de 5°F. Después se explicará el motivo de esto.

Al lado derecho del dispositivo están el control de función, de ventilador, de calor de emergencia, y el foco de corte del sistema por seguridad. El interruptor del sistema (D) selecciona el modo de funcionamiento: "auto" quiere decir cambio automático de calefacción a enfriamiento, o a la inversa, para mantener la temperatura mínima y máxima del recinto ocupado; "heat" sólo para trabajar en modo de calefacción, "off" para paro completo del sistema, y "cool" sólo para funcionamiento en modo de enfriamiento. Abajo de este control está el interruptor del ventilador (E). La posición "auto" enciende y apaga el motor del soplador interno con el compresor, durante el funcionamiento de calefacción o de enfriamiento. En la posición "on" el motor del soplador interno trabaja en forma continua independientemente del lugar del interruptor de función.



- (A) Selector de temperatura de calefacción
- (B) Selector de temperatura de enfriamiento
- (C) Indicador de temperatura
- (D) Interruptor de sistemas
- (E) Interruptor del ventilador
- (F) Interruptor de calor normal o de emergencia
- (G) Foco de prueba
- (H) Foco de calor de emergencia

**FIGURA B2-1** Termostato de bomba térmica (Cortesía de Addison Products Company)

Si fallara el sistema de la bomba térmica, los ocupantes pueden usar el calor de respaldo o el auxiliar de la bomba térmica moviendo el control "emergency heat" (F) de "norm" a "emergency heat". Con ello sale del control el funcionamiento del compresor y entra el calor de respaldo en el primario, o primera etapa del termostato. Al mismo tiempo, el foco de calor de emergencia (H) se energiza y permanece prendido mientras el interruptor esté en la posición "emergency heat". Ello es para recordar constantemente que se está usando la fuente de calor más costosa.

Si desconectara la unidad del compresor cuando hay alta presión diferencial, por cualquier motivo, se encendería el foco de comprobación (G) cuando accione el relevador de paro del compresor. Esto sirve para recordar al ocupante que hay problemas, como por ejemplo, filtros de aire sucios.

En el diagrama eléctrico de la figura B2-2, el termostato se emplea junto con un sistema de bomba térmica con dos etapas de calor eléctrico auxiliar: tres elementos de 5 kW. En la parte superior del diagrama se muestra el cableado de alto voltaje de la unidad exterior. En la parte inferior, se muestran los circuitos del manejador unitario interno eléctrico de aire. Al centro, se muestran todos los circuitos de bajo voltaje, los circuitos del termostato en la parte superior derecha y el manejador eléctrico de aire en la parte inferior derecha. Para explicar cada función, se repite el diagrama completo con el circuito seleccionado en forma resaltada.

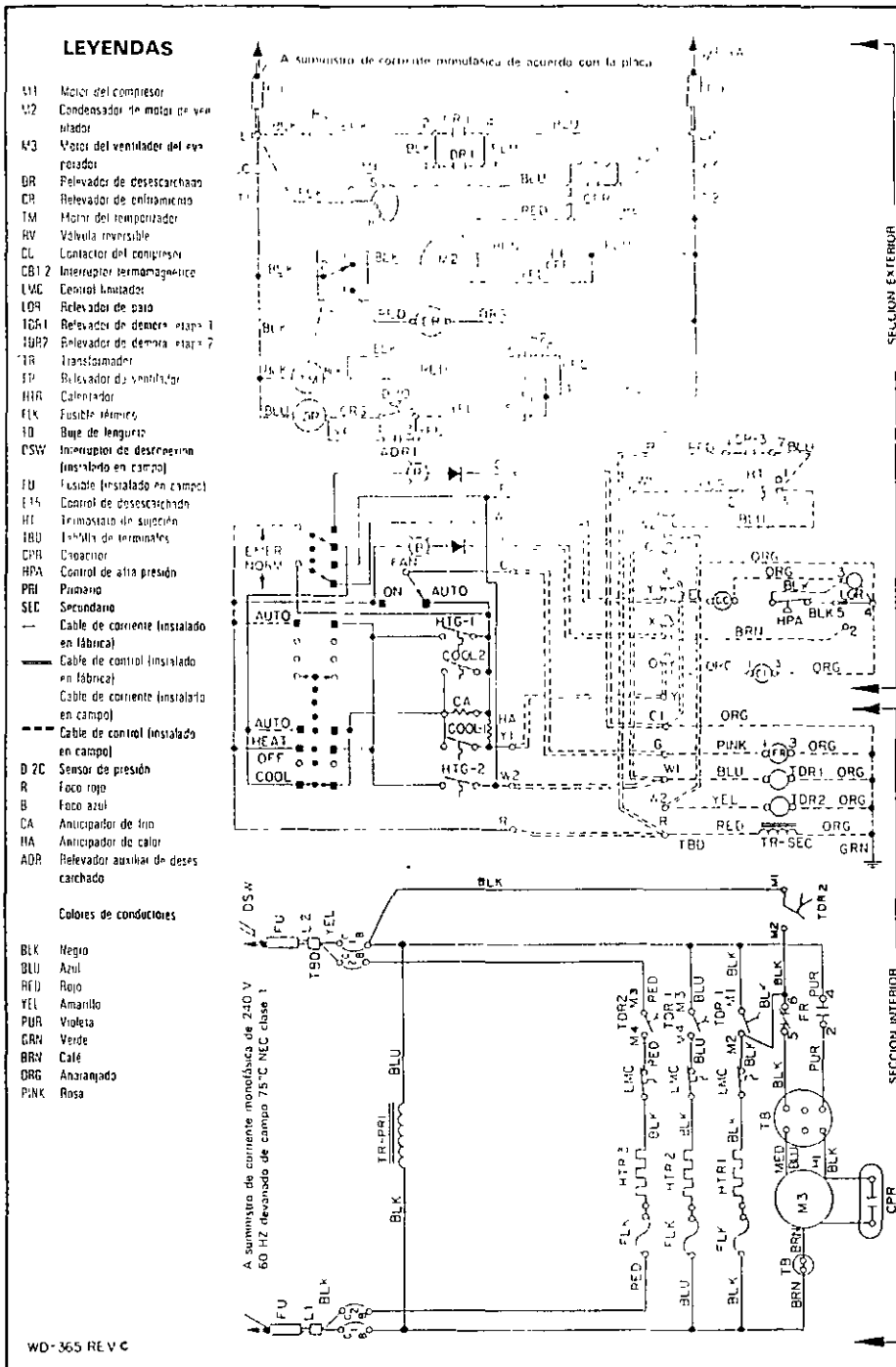
En la posición 1: Interruptor selector en off, ventilador en "auto," llega corriente de 240 V al primario del transfor-

mador de control y 24 V al lado de corriente (R) del termostato. Todos los interruptores en la subbase de control del termostato están abiertos y no se puede tener acción alguna.

En la posición 2: el interruptor selector en "off," y el ventilador en "on," llega corriente de 24 V a través del circuito R del termostato en la terminal "on" del interruptor del ventilador, la terminal G de la subbase, y la terminal G de la unidad interior, a través del devanado de 24 V del relevador del ventilador, hasta el lado de retorno o "común" del transformador de 24 V. El relevador energizado acciona y abre los contactos normalmente cerrados 5 y 6, y cierra los contactos normalmente abiertos 2 y 4 del relevador. Con ello entran 240 V a la terminal de alta velocidad y la común del motor. El motor trabaja a alta velocidad mientras que el interruptor del ventilador en la subbase del termostato está en la posición "on" (Fig. B2-4).

En la posición 3: interruptor selector en "heat", ventilador en "auto," y el interruptor selector "heat" puesto en 70 °F y la temperatura ambiente en 69 °F, cierra el contacto de primera etapa de calefacción (GTG-1). Esto manda corriente de 24 V por el interruptor del ventilador y el circuito G al relevador del ventilador (FR). Este entra y el ventilador interior trabaja a alta velocidad. Además, se manda corriente a través del interruptor de emergencia en posición normal, "norm," la terminal W1 de la subbase y la terminal Y de la unidad exterior por el contactor C del compresor. La corriente pasa entonces al relevador de seguro (LOR), pero no lo puede energizar porque los contactos de control de





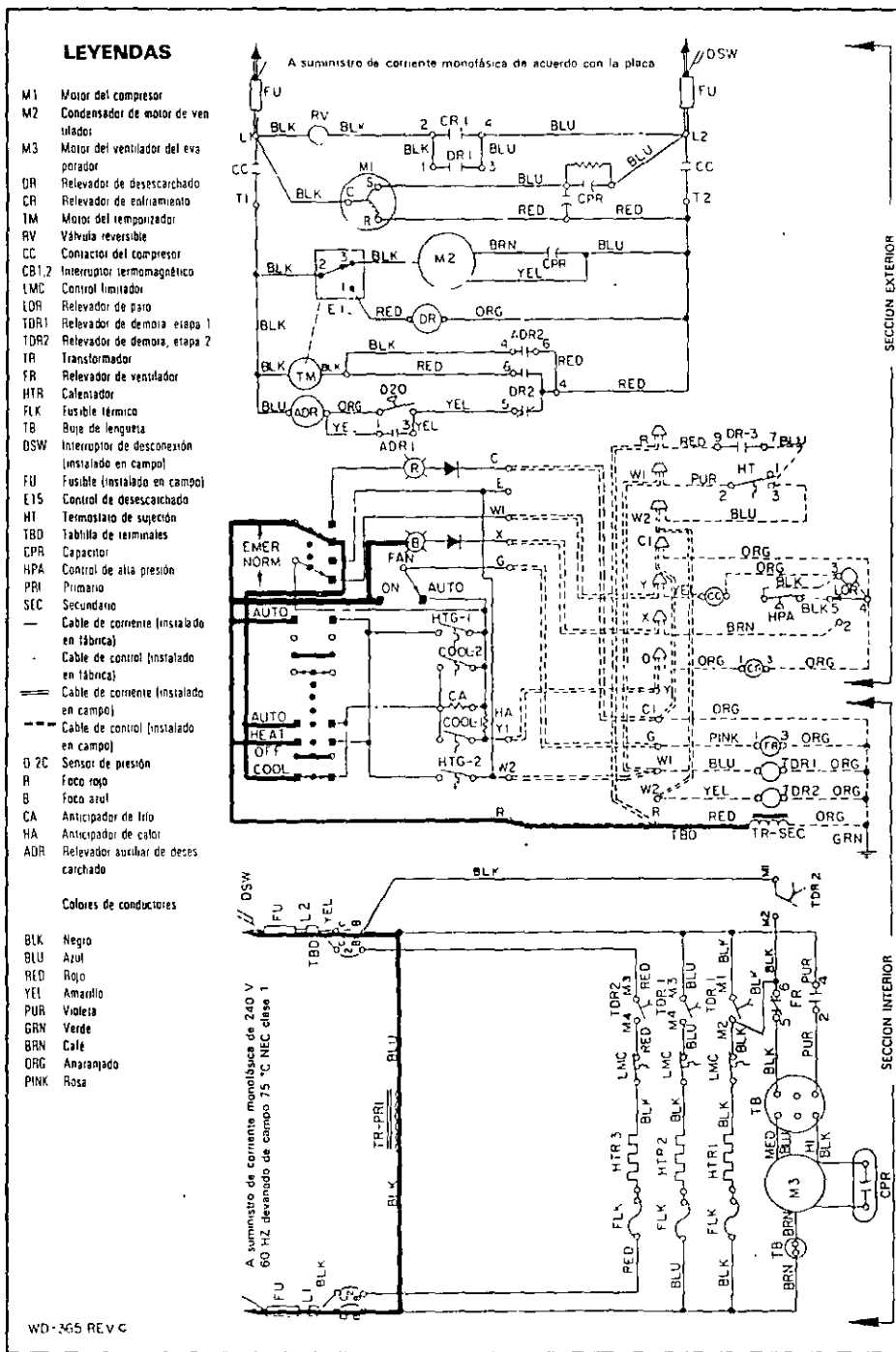
**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

FIGURA B2-2 Diagrama eléctrico del sistema de bomba térmica (Cortesía de Addison Products Company)

alta presión (HPC) y los normalmente cerrados (4 y 5) del relvador de seguro forman una derivación para ese relvador. El circuito del relvador del seguro regresa por el común (C1) o lado de regreso del transformador de corriente. El energizado de los contactos del compresor cierra los contactos (CC) del circuito de alto voltaje, y se energizan

tanto el ventilador del condensador como el compresor. Estos continúan trabajando mientras la primera etapa del termostato pide calor (Figura B2-5).

Si la temperatura de la zona acondicionada continuara bajando porque la carga de calefacción es mayor que la capacidad de la bomba térmica, el contacto de la segunda



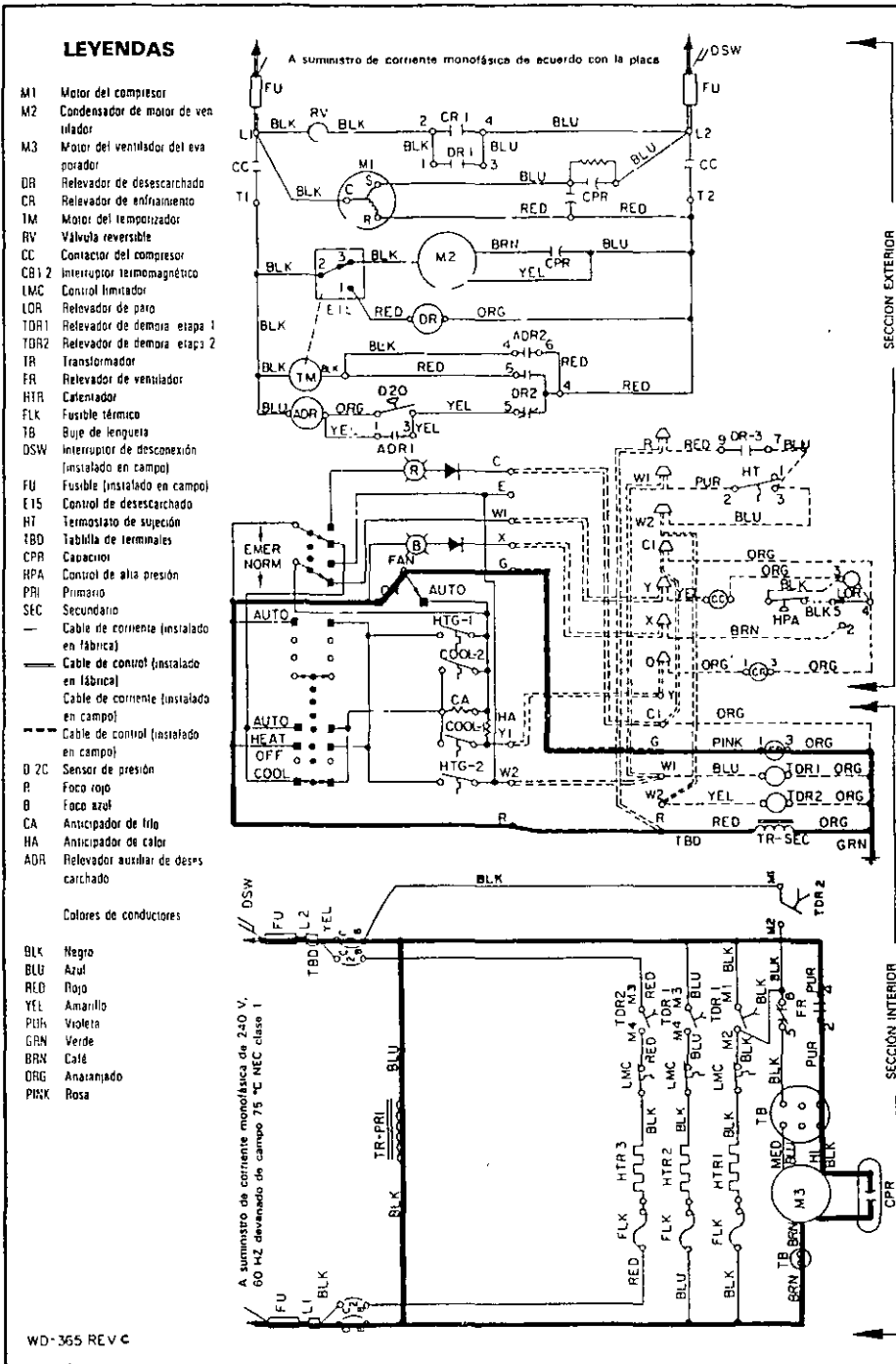
**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-3** Posición 1 interruptor selector en "off," ventilador en "auto" (Cortesía de Addison Products Company)

etapa (HTG-2) del termostato cierra (véase figura B2-6) Con ello pasa corriente de 24 V por la terminal W2 de la subbase y la W1 del manejador eléctrico de aire al relevador de demora de tiempo del calentador eléctrico de la primera etapa (TDR-1) Este relevador cierra sus contactos en pasos, con intervalos de 20 a 30 segundos entre ellos. El paso 1

cierra los contactos M1 y M2, y pasa corriente de 24 V por el calentador 1 (HTR1). El segundo juego de contactos (M3 y M4) cierran a continuación para dar corriente que pasa por el calentador 2 (HTR-2).

Cuando sube la temperatura de la zona, abre la segunda etapa del termostato para cortar el calor auxiliar, antes que



**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

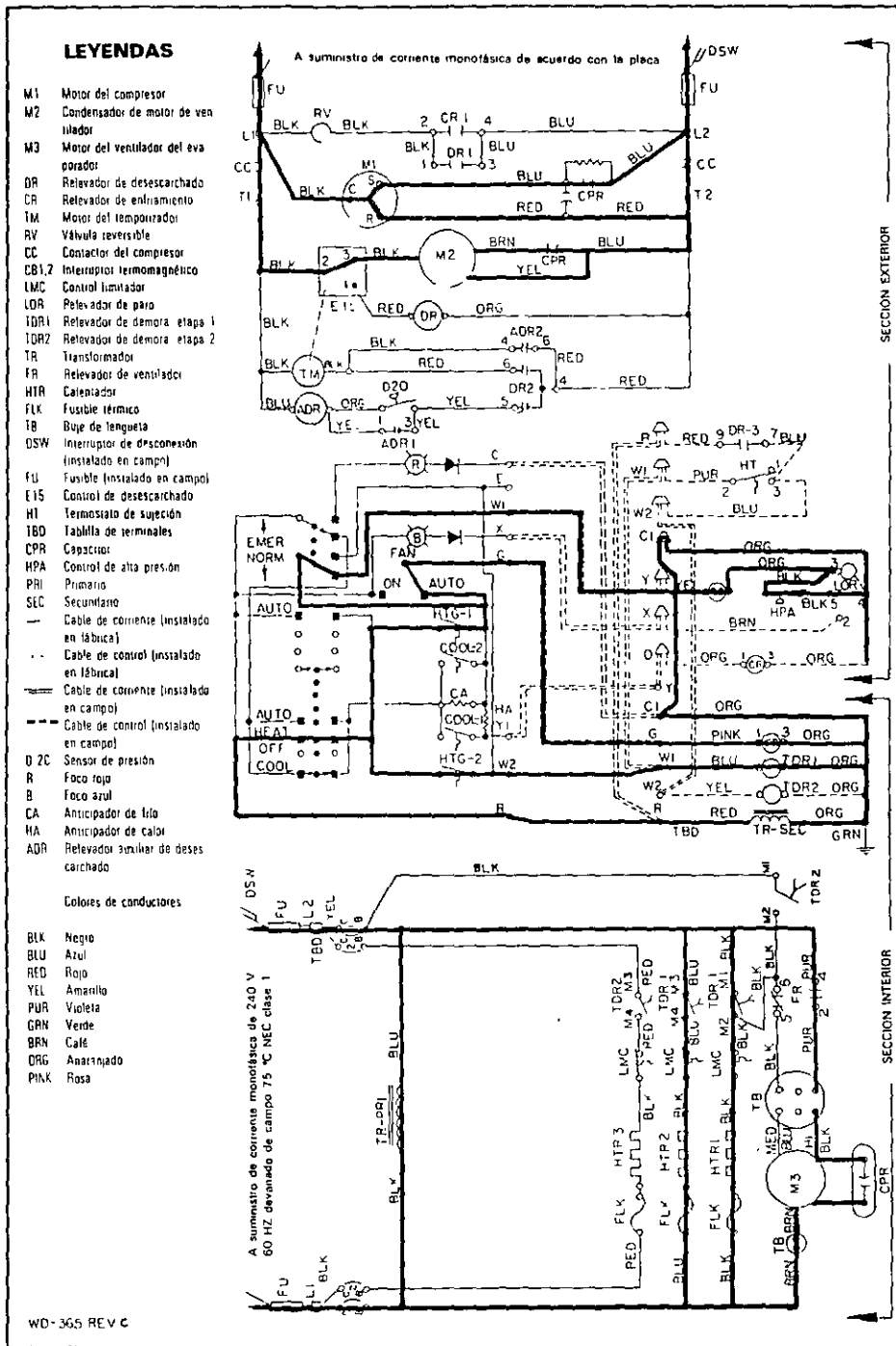
**FIGURA B2-4** Posición 2 interruptor selector en "off," ventilador en "on" (Cortesía de Addison Products Company)

salga la bomba térmica. Hay una diferencia de 2 °F entre las etapas primera y segunda, para evitar la acción inversa de parar la bomba antes de parar el calor auxiliar.

En la posición 4: interruptor selector del ventilador de enfriamiento en "auto," cuando la temperatura de la zona sube más que el ajuste del termostato, éste prepara en forma

automática los circuitos para modo de enfriamiento. Un aumento de 3 °F en la temperatura del espacio ocupado hace que cierre la etapa final del termostato de enfriamiento (COOL-1). Con ello se energiza el relevisor de enfriamiento a través de las terminales Y1 y Y, y sus circuitos.

Cuando se energiza el relevisor de enfriamiento y

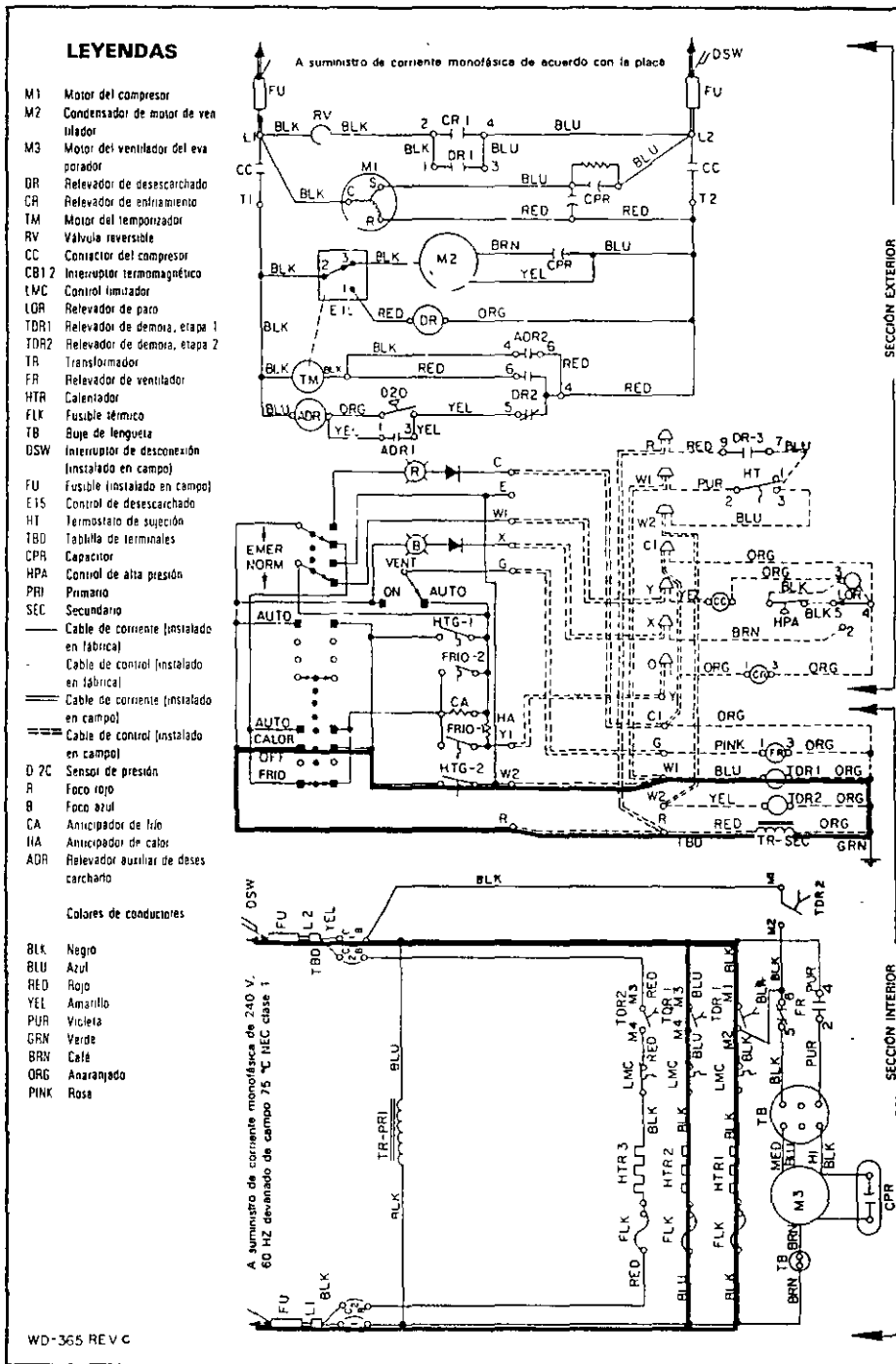


**FIGURA B2-5** Posición 3. interruptor selector en "heat," ventilador en "auto" (Cortesía de Addison Products Company )

entra, los contactos 2 y 4 normalmente abiertos cierran y mandan corriente de 240 V por la bobina de la válvula reversible (RV). La válvula piloto de esa válvula acciona para poner la válvula principal en la posición de enfriamiento si arrancara el compresor por necesitarse el enfriamiento (figura B2-7).

Otro aumento de 2 °F en la temperatura del espacio acondicionado hará que la segunda etapa del termostato de enfriamiento (COOL-2) cierre para hacer trabajar al compresor.

Si revisamos bien los circuitos veremos que los contactos del termostato HTG-1 y COOL-2 están en paralelo, y a



**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

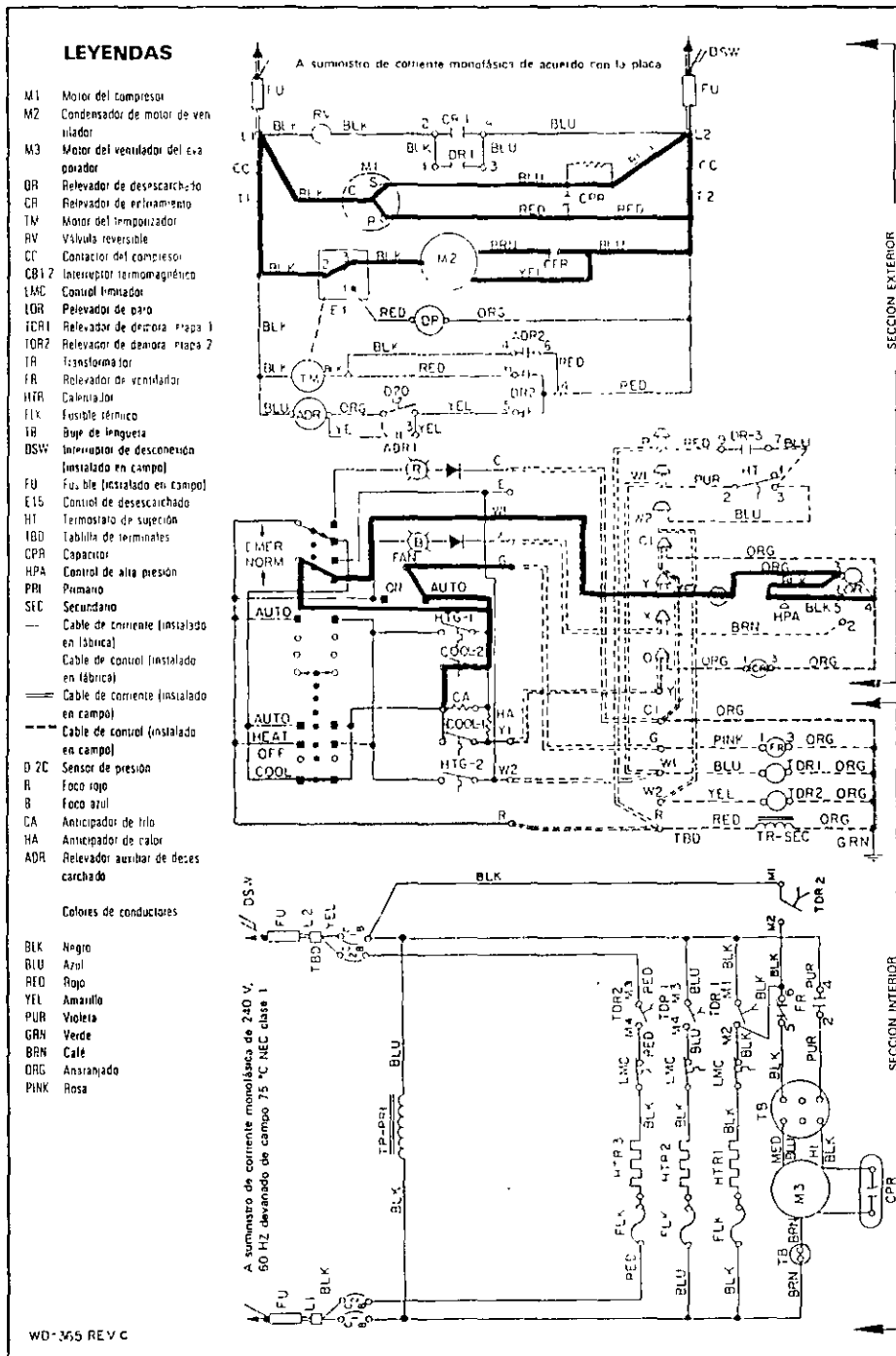
**FIGURA B2-6** Posición 3 carga de calefacción es mayor que la capacidad de la bomba térmica (Cortesía de Addison Products Company)

cerrar cualquiera de ellos comenzará, entonces, a trabajar el compresor

El tener calefacción o enfriamiento dependerá de la posición de la primera etapa del termostato de enfriamiento (COOL-1), que controla la posición de la válvula reversible.

La razón de la diferencia mínima de 5°F de temperatura entre el ajuste de calefacción y enfriamiento del termostato es dar unos límites de temperatura para esta operación.

En la posición 5: interruptor de calor de emergencia en el ventilador de emergencia (EMER) en "auto," (figura



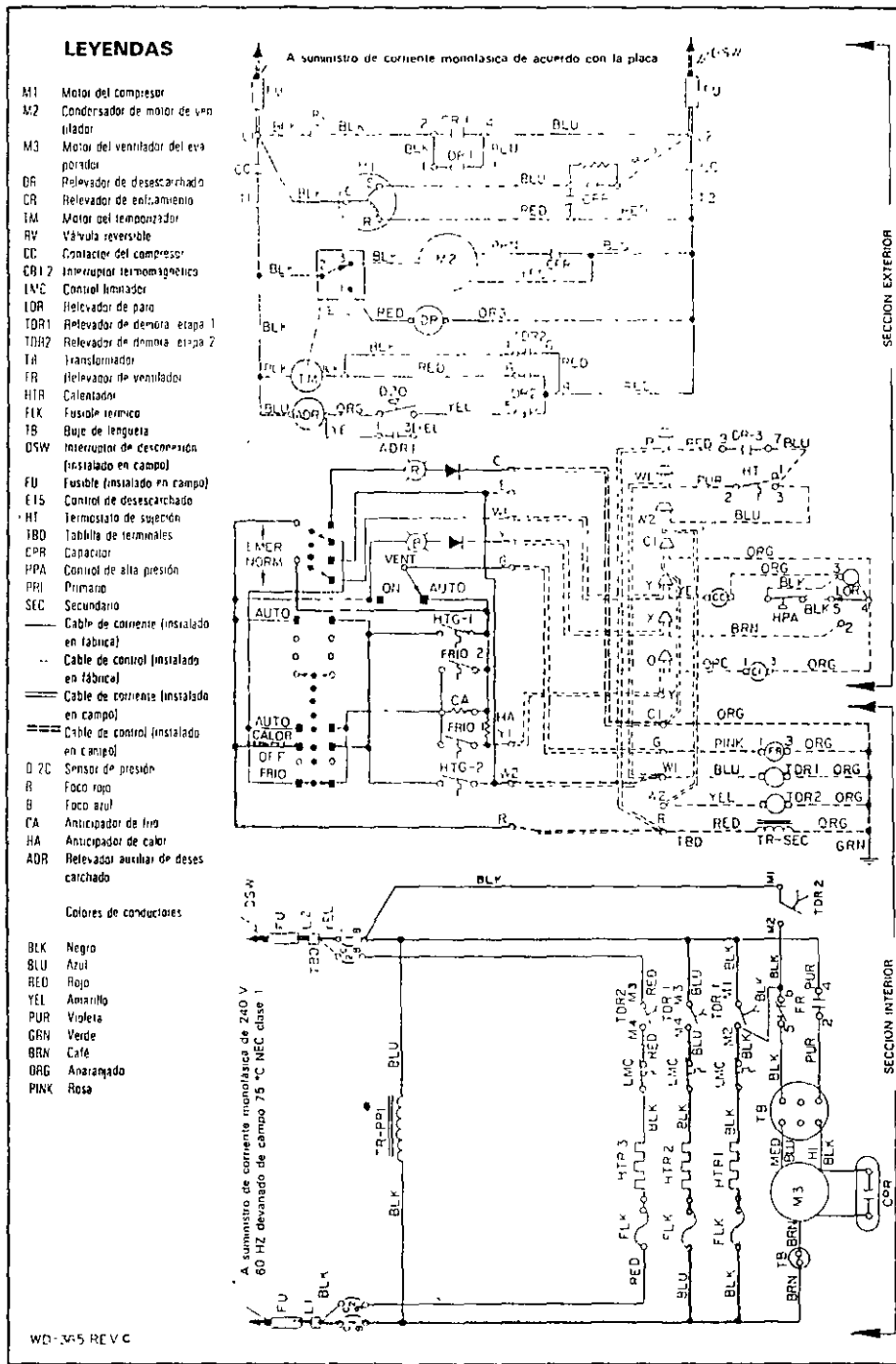
**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-7** Posición 4 interruptor selector en enfriamiento, ventilador en "auto". (Cortesía de Addison Products Company)

B2-8) cuando el interruptor de calor de emergencia se pone en posición "EMER" suceden dos cosas:

1. La corriente pasa directamente al foco "calor de emergencia" (R), y enciende continuamente mientras el interruptor está en la posición "EMER"

2. El circuito de la primera etapa del termostato de calentamiento (HTG-1) se cambia del circuito W1 a E, que alimenta a W2 a través de W1 del manejador eléctrico de aire y conecta el calor de primera etapa mediante el relevador de demora de tiempo (TDR-1). Con ello se

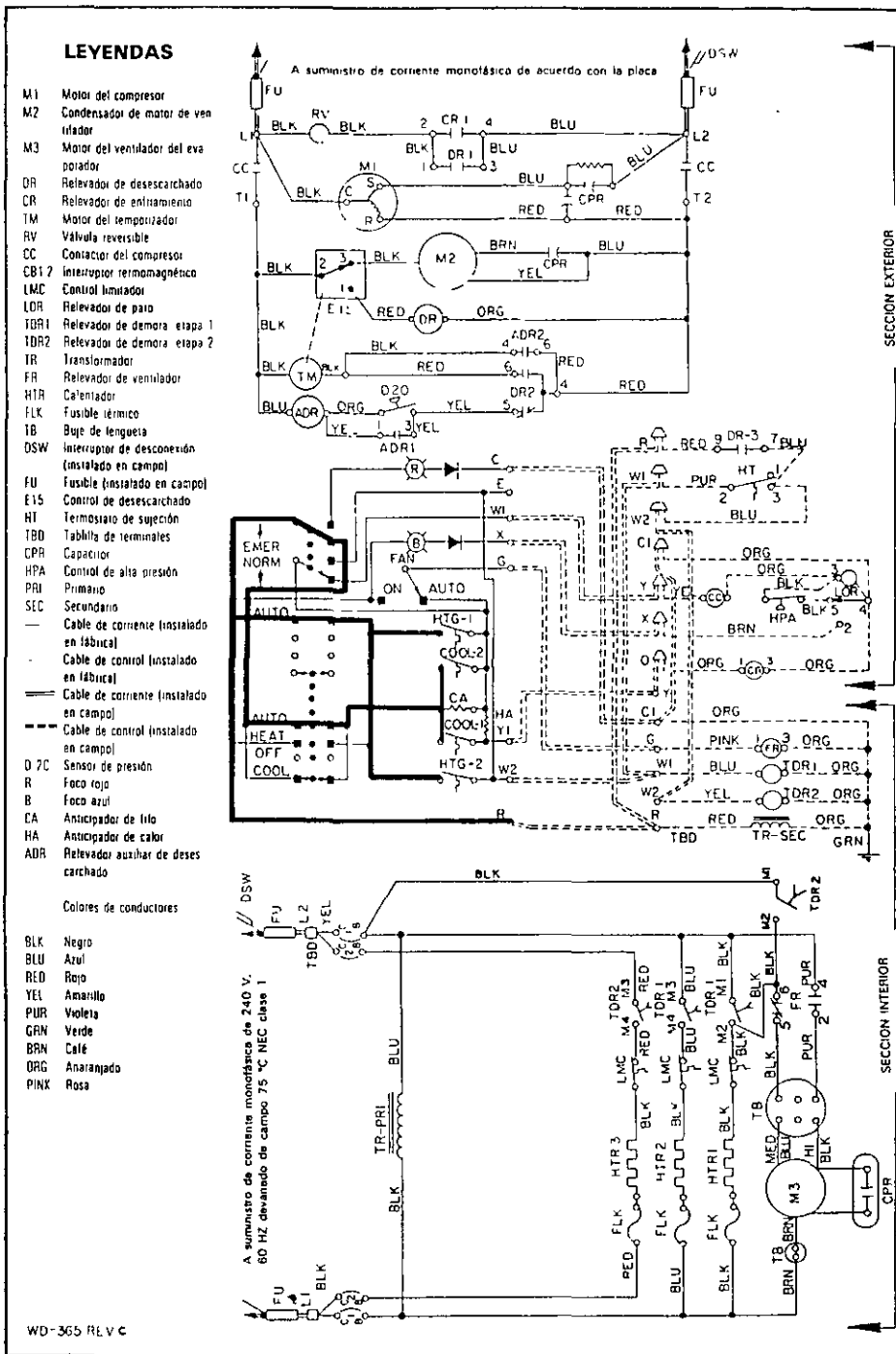


**FIGURA B2-8** Posición 5 interruptor de calor de emergencia en EMER, ventilador en "auto" (Cortesía de Addison Products Company)

obtiene una temperatura del recinto ocupado del ajuste de la primera etapa del termostato si fallara la bomba térmica.

el termostato sólo trabajará dentro de los límites puestos en las zonas individuales de la parte superior del termostato. Cuando se encuentra en automático (auto), las cuatro etapas del termostato se energizan y pueden funcionar si lo necesita la temperatura de la zona (figura B2.9), La secuencia de funcionamiento sería:

Estando el interruptor selector del "auto" del ventilador automático en la posición de calentamiento o enfriamiento,



**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-9** Interruptor selector en automático, ventilador en "auto". (Cortesía de Addison Products Company.)

1. Una temperatura de recinto menor que el ajuste de la segunda etapa del termostato de calefacción significa que el compresor y el calor auxiliar están trabajando. Cuando la temperatura del recinto alcanza 2 °F menos que el ajuste de calefacción, abre HTG-2 y el calor auxiliar se cierra.
2. Cuando la temperatura del recinto ocupado sube los 2°F hasta llegar al ajuste del termostato (HTG-1), el compresor se apaga.
3. Un aumento posterior de 3 °F hace que cierre la primera etapa del termostato de enfriamiento (COOL-1) y energiza la válvula reversible.



- Otro aumento de 2 °F cierra la segunda etapa del termostato (COOL-2) de enfriamiento y el compresor se pone a trabajar

El intervalo de temperaturas de trabajo se puede ampliar sobre los 5 °F, pero no puede ser menor que 5 °F a causa de los diferenciales de operación que necesita cada elemento de termostato.

B2-2 2

**Termostato: temperatura ambiente exterior**

Cuando se necesita segunda etapa de calor, es posible bajar el costo de operación limitando el funcionamiento de los elementos de calefacción eléctrica hasta que la temperatura exterior (la pérdida de calor de la construcción) lo requiera. Para evitar la operación del elemento arriba del punto de pérdida de calor donde no se necesitan, se usan termostatos de temperatura ambiente exterior. En la figura B2-10 se describe el circuito que pasa por el termostato de retención (termostato de intemperie). Es un interruptor accionado por temperatura que está en la unidad a la intemperie, que está conectado entre las conexiones W1 y W2 de la primera y segunda etapa para evitar el paso de corriente al relevador de demora de tiempo de la segunda etapa (TDR 2) cuando la temperatura exterior es mayor que el ajuste del termostato. La selección del punto de ajuste del termostato se describe en el capítulo B5.

B2-3

### **CONTROLES DE DESESCARCHAMIENTO**

Cuando se trabaja en el ciclo de calefacción, si la temperatura y humedad ambientes son tales que se enfría el aire a menos del punto de rocío, se condensará humedad en el serpentín exterior. Si la temperatura de éste es menor que 32 °F (0 °C), la humedad se vuelve escarcha y a veces hielo. Como se forma escarcha entre las aletas del serpentín, aumenta la resistencia al flujo de aire, se reduce la cantidad de aire que pasa por el serpentín, y se reduce la capacidad de la unidad. Por lo tanto, cuando se ha acumulado la suficiente escarcha como para afectar seriamente la eficiencia de la unidad, se debe quitar.

Aunque se han probado muchos sistemas de aire caliente, calentadores, etc., el único modo eficaz es el del gas caliente, o sea invertir el sistema al ciclo de enfriamiento parando el ventilador del exterior. Esto quiere decir que la unidad se hace trabajar como unidad de enfriamiento, tomando calor del aire interior (el recinto ocupado durante el ciclo de desescarchamiento). Esto, naturalmente, origina una baja de temperatura del recinto durante esta operación. Para contrarrestarla, se conecta parte del calor auxiliar para evitar que baje la temperatura del aire.

Esta operación significa que se deben efectuar tres funciones separadas en tres lugares en el sistema de control. Para hacerlo se usa un relevador de conmutación múltiple. Independientemente del método de iniciar el ciclo de deses-

carchado y de terminarlo, interviene algún tipo de relevador de desescarchado.

B2-3 1

**Iniciación por temperatura, terminación por temperatura**

El primer control de desescarchado fue uno de dos temperaturas fabricado por Ranco, Inc., que comparaba la temperatura del serpentín exterior con la del aire que entra a él (figura B2-11). La temperatura del aire exterior se medía con un sensor directo de tubo capilar conectado con un diafragma de presión en el control. La temperatura del serpentín se medía con un elemento sensor de bulbo fijo al codo de 180° de la última vuelta del serpentín. Este circuito sería la última parte en alcanzar la temperatura necesaria para asegurar que el serpentín estuviera libre de escarcha y hielo (figura B2-12).

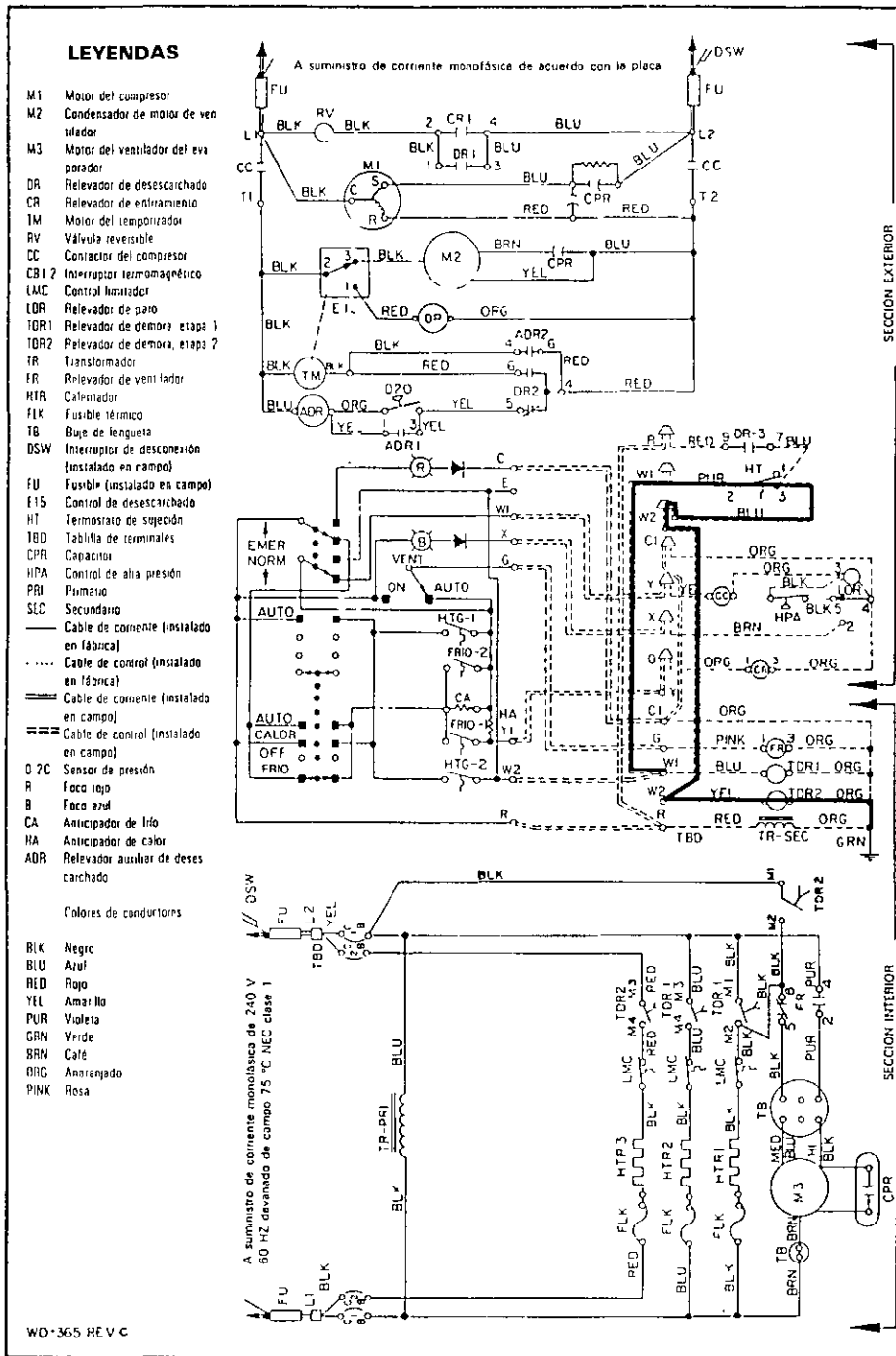
Bajo condiciones normales despejadas, el serpentín que trabaja como de expansión directa funcionaba con un intervalo de temperatura de diseño entre la temperatura del serpentín y la del aire. En la mayor parte de bombas térmicas, ese intervalo variaba de 15°F a 40°F de temperatura del aire, hasta 10 a 10 °F de temperatura del aire. Las pruebas de eficiencia demostraron también que la máxima rapidez de formación de escarcha se tenía en general entre los 45 y los 35 °F de temperatura del aire (7 a 2 °C). A más de 45 a 48 °F (7 a 9 °C), prácticamente no se forma escarcha. Por lo tanto, esos controles tenían el capilar de temperatura de aire, llamado referencia de corriente de aire, con carga adecuada para evitar la operación de desescarchado a temperaturas de aire mayores que 45 a 48 °F.

La parte desafortunada de este control era que dependía de que las temperaturas del serpentín siguieran el cambio correcto de temperatura de acuerdo a la cantidad de aire que pasara por el serpentín. Esto quería decir que las presiones de funcionamiento de succión y descarga debían ser correctas. Desafortunadamente, cuando se usó ese control, las bombas térmicas se conectaban a sistemas interiores de diversas calidades, desde chicos hasta totalmente inadecuados, para manejar la cantidad adecuada de aire. A resultas de ello, las presiones diferenciales de operación eran mayores que lo normal, haciendo que las presiones de funcionamiento del serpentín fueran mayores que las normales. En consecuencia, las altas temperaturas de funcionamiento del serpentín obligaban a formarse mayores cantidades de escarcha antes que el control pudiera sentir las temperaturas necesarias para iniciar el ciclo de desescarchado. Después de muchos intentos de ajustar un control que no era ajustable en campo, se trató de no usarlo.

B2-3 2

**Iniciación por presión, terminación por temperatura**

Este control (figura B2-13) trabaja según el principio de medir la resistencia al flujo de aire a través del serpentín exterior. Un serpentín limpio al flujo nominal tiene una



**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-10** Funcionamiento con termostato exterior (Cortesía de Addison Products Company)

resistencia entre 0.15 y 0.25 pulgadas de columna de agua. Cuando se usaron esos controles, lo que se acostumbraba eran unidades de flujo horizontal de aire. Se conectaban las tomas de presión una en el interior de la caja para medir la presión negativa del aire que sale del serpentín, y la otra conectada fuera de la caja, para medir la presión atmosférica.

ca. Todas las unidades eran del tipo de succión, estando el ventilador aguas abajo del serpentín.

Se debía cumplir con dos requisitos para que la unidad pasara a desescarchamiento:

1. La temperatura del serpentín a la entrada, en el ciclo

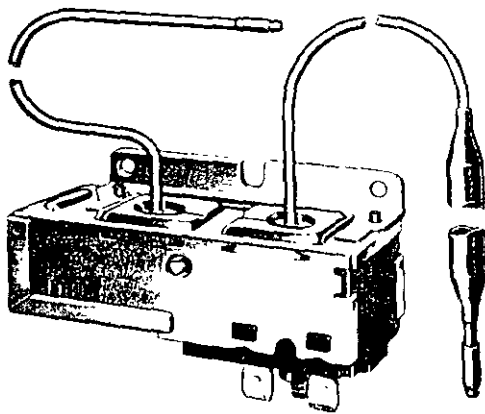


FIGURA B2-11 (Cortesía de Ranco, Inc)

de calefacción (a la salida en el ciclo de enfriamiento) tenía que ser menor que 26 °F (-3 °C)

2. La caída de presión estática a través del serpentín debía alcanzar 0.65" de columna de agua.

Cuando se tenían esas dos condiciones, los contactos cerraban y se energizaba el relevador de desescarchado, llevando a la unidad al ciclo de desescarchado. Cuando la temperatura del bulbo alcanzaba 55 °F, el serpentín debería estar libre de escarcha y hielo, y se abrían los contactos. Con ello terminaba el ciclo de desescarchado y la unidad entraba otra vez al ciclo de calefacción

El problema principal con este control era el viento. Si el viento soplabá contra la descarga del serpentín, evitaba el desarrollo de la caída necesaria de presión, hasta que se acumulaba una gran cantidad de hielo. A veces la unidad no pasaba al ciclo de desescarchado. Si se ajustaba el control para tener mucha presión del viento, podía mandar la unidad a ciclos innecesarios o "molestos" de desescarchado en los períodos con poco viento o calma.

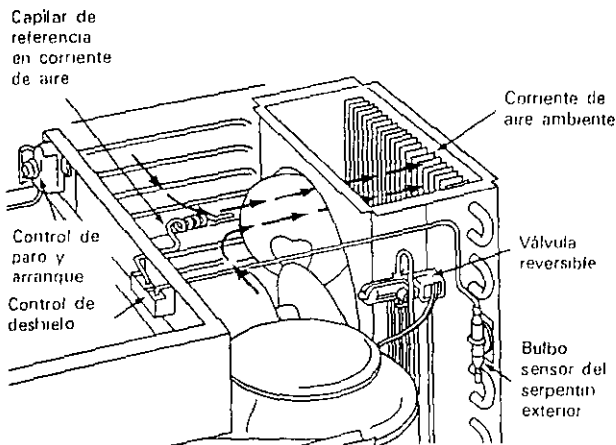


FIGURA B2-12 Control de desescarchado. (Cortesía de Ranco, Inc)

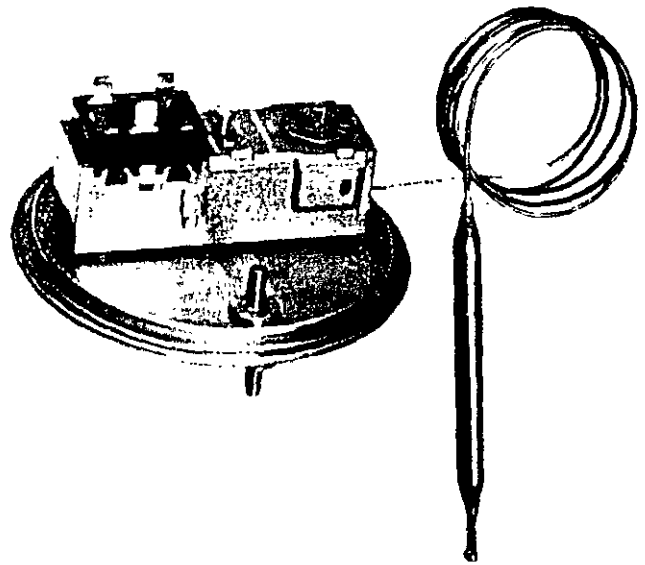


FIGURA B2-13 Control de desescarchado (Cortesía de Ranco, Inc)

- ===== B2-3 3
- ===== **Iniciación por tiempo y terminación por temperatura**

Para eliminar el problema del efecto del viento, la industria usó la teoría de que la bomba térmica necesita descongelarse cada 30 minutos de funcionamiento del compresor. En los climas más secos el intervalo puede ser de 90 minutos. Este lapso, también, es con el termostato de terminación cerrado, indicando que la entrada al serpentín está a menos de 26 °F (-3 °C), lo suficientemente fría para acumular escarcha.

La figura B2-14 muestra una instalación normal de programador o temporizador en el tablero eléctrico de una unidad. El temporizador de descongelado de la esquina superior derecha se usa en conjunto con el relevador de desescarchado y el termostato de terminación (figura B2-15) fijo al circuito de entrada al serpentín exterior. Para determinar el tiempo de ciclo del temporizador, se usaban dos levas de impulsión. Como el tiempo predeterminado era el más corto, la mayor parte de las fábricas embarcaban al temporizador con la leva de 30 minutos instalada, y la de 90 minutos como parte por separado.

La figura B2-16 muestra el arreglo con leva de 30 min en la parte superior, y el de doble leva para 90 min en la parte inferior. En ambos arreglos, la acción de la leva hacía que el punto de contacto cerrara cuando ésta, girando en el sentido de las manecillas del reloj, hacía que el seguidor cayera en la muesca en la leva. Con ello se cierra el contacto, energizando el relevador. Unos 30 segundos después cae el segundo seguidor, abriendo el circuito al relevador. Este tiene un contacto de detención que lo mantiene en estado energizado cuando abre el contacto del temporizador.

La figura B2-17 muestra el circuito de control de desescarchado de los contactos del temporizador, al igual que los contactos del relevador de desescarchado. Este releva-

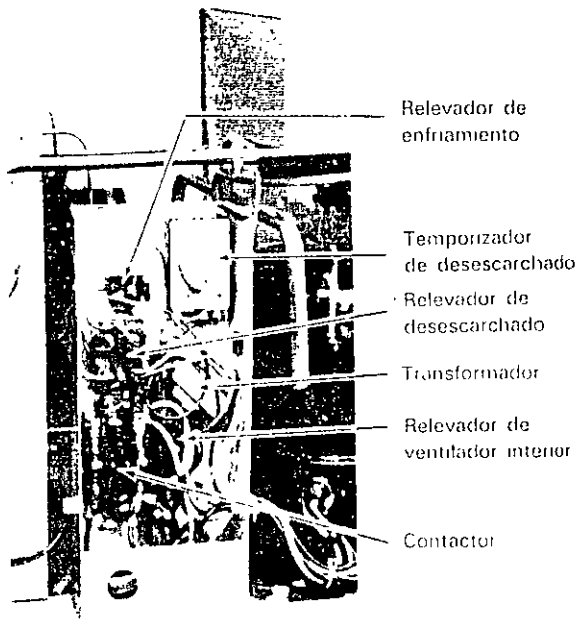


FIGURA B2-14 Temporizador (Cortesía de Addison Products Company)

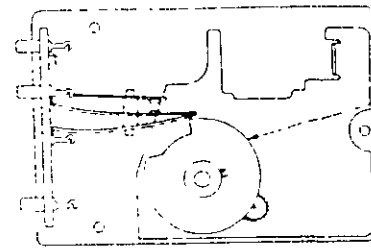
El temporizador controla la acción del motor del serpentín exterior a través del contacto normalmente cerrado de la terminal 4 (común) y la terminal 5. Cuando se energiza el relevador de desescarchado, abre ese contacto y se para el ventilador exterior.

La combinación de terminales de 1 y 3 (normalmente abierta) es el contacto de detención de los contactos iniciales, terminales 3 y 4 del temporizador de desescarchado. Cuando ese temporizador completa el tiempo necesario de marcha del compresor, ya sean 30 o 90 minutos dependiendo de las levas que se usen, el relevador se energiza. Con ello se cierra el contacto entre las terminales 1 y 3. Treinta segundos después, cuando abre el contacto del timer, el circuito del relevador sigue estando cerrado y el relevador permanece energizado.

Además de que el relevador para al motor del ventilador exterior y sostenga el circuito, también energiza la válvula reversible a través de las terminales 2 y 4 del segundo relevador de desescarchado. Con ello se lleva a la unidad al modo de enfriamiento, para tener desescarchado con gas caliente. En unidades posteriores esos dos releva-

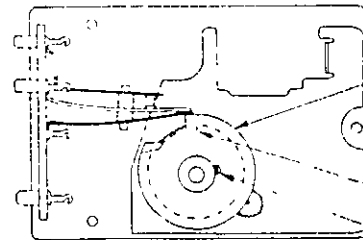


FIGURA B2-15 Termostato de terminación (Cortesía de Addison Products Company)



Leva de 30 min, tal como se suministra

(a)



(b)

Para tener ciclo de desescarchado de 90 min quite la leva de 30 min, instale la leva que se embarca suelta en el fondo como se muestra. Vuelva a colocar la leva de 30 min en la parte superior

**IMPORTANTE**

La muesca de la leva exterior debe seguir a la de la leva interna  $\frac{1}{8}$ " como se muestra. Para tener una interrupción correcta del circuito Apriete el prisionero con llave Allen DE  $\frac{1}{16}$ "

FIGURA B2-16 a) El temporizador con la tapa quitada y la leva de 30 min instalada, como se embarca de fábrica b) El temporizador con la tapa quitada y la leva de 90 minutos instalada (Cortesía de Addison Products Company)

dores están combinados en un conjunto. Se mantiene el modo de enfriamiento hasta que el termostato de desescarchado (figura B2-15) abre porque el refrigerante líquido de la salida del fondo del serpentín, que ahora trabaja como condensador, alcanza 55 °F (13 °C), que significa que el serpentín está libre de escarcha y hielo.

Sin embargo, si se interrumpiera la corriente al circuito del compresor, o al circuito de control de 24 V, el sistema de control de desescarchado supondría que terminó el proceso de desescarchado, terminando el ciclo correspondiente. Esto se describirá en el capítulo B6. El problema principal con este sistema de control fue el potencial de períodos innecesarios de desescarchado, que tendían a elevar el costo de operación.

===== **B2-3.4**  
===== **Iniciación por presión y tiempo, terminación por temperatura**  
=====

Para mantener al mínimo este costo falso, se ha combinado un interruptor de presión que mide la resistencia del serpentín al flujo del aire con el temporizador y el bulbo de terminación para dar las siguientes acciones:

1. No hay acción sino hasta que la temperatura del serpentín es menor que 26 °F (-3 °C) y el serpentín ha alcanzado un 80% de obstrucción debido a formación de hielo.
2. Un medio de ajuste del tiempo entre los ciclos de

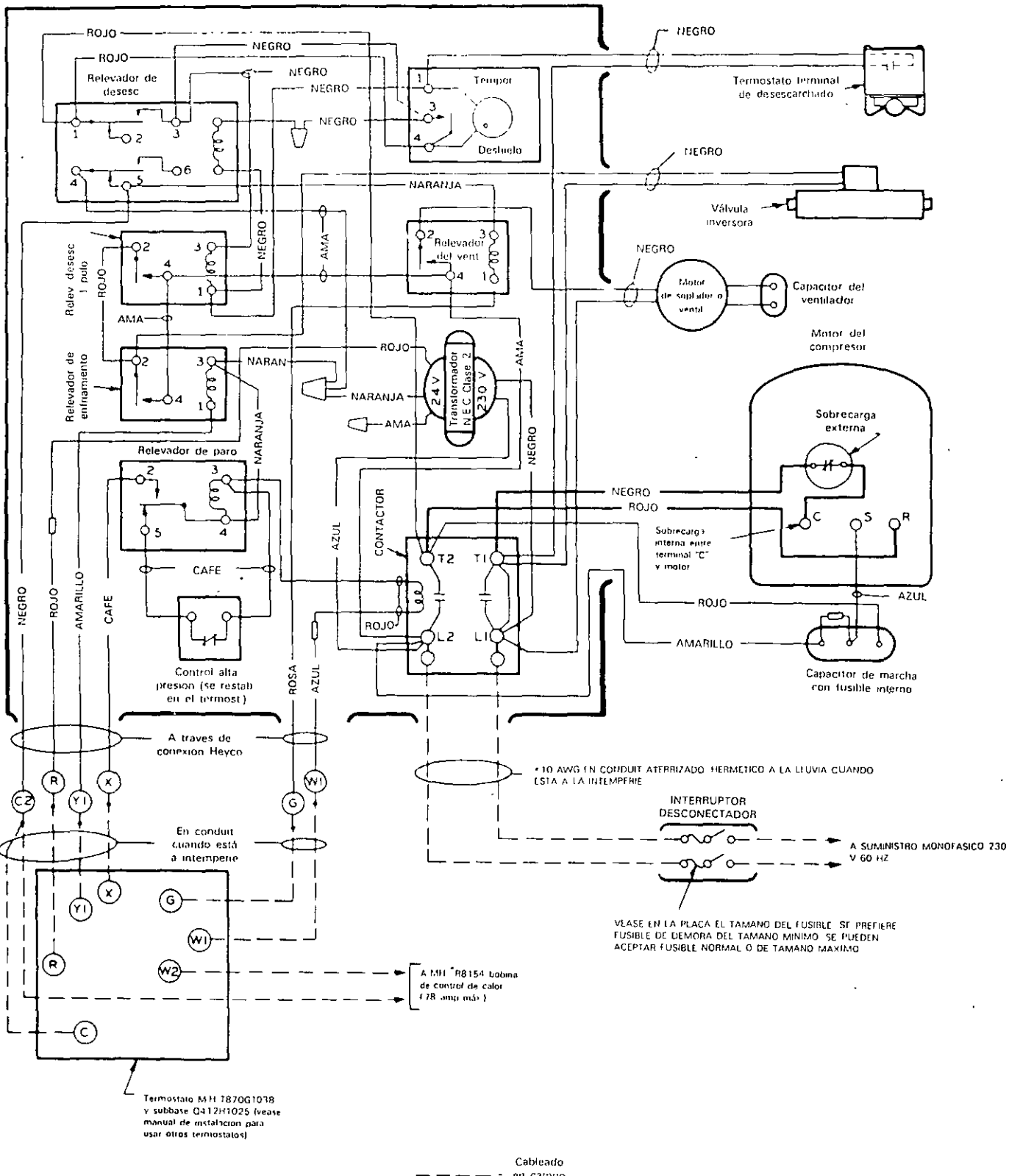
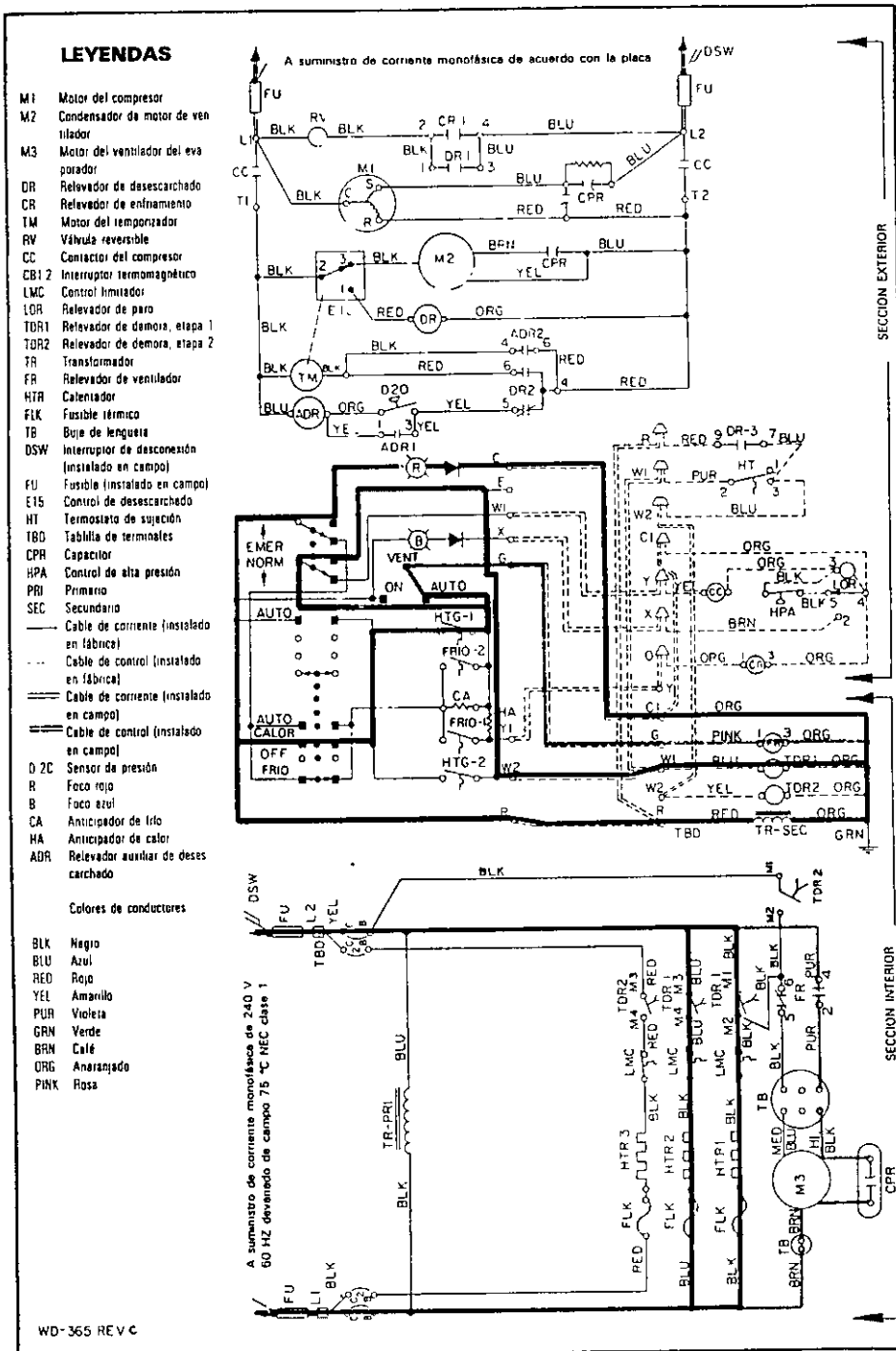


FIGURA B2-17 Control de desescarchado (Cortesía de Addison Products Company)

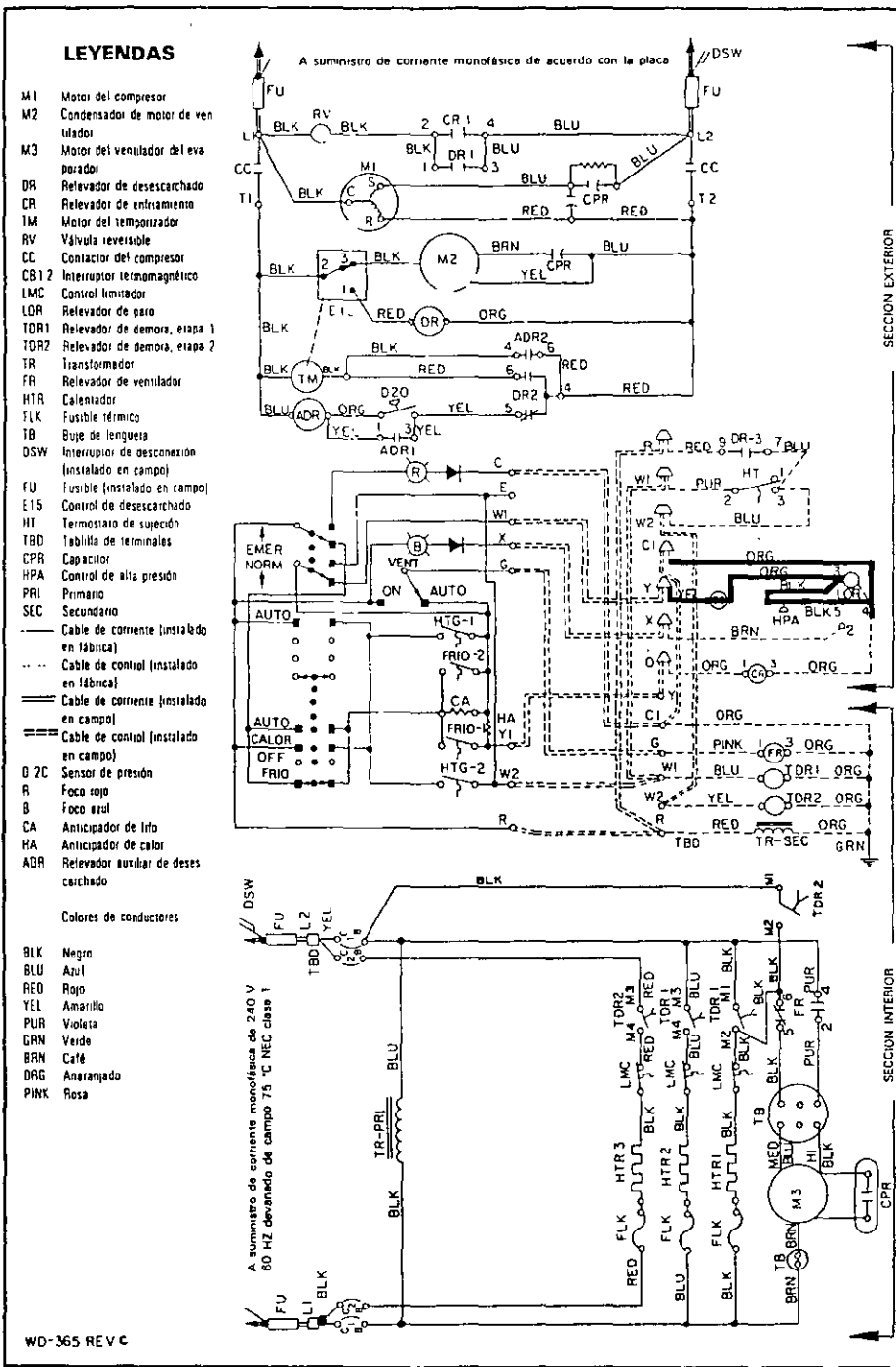


**FIGURA B2-8** Posición 5 interruptor de calor de emergencia en EMER, ventilador en "auto".  
(Cortesía de Addison Products Company.)

desescarchado, para permitir una relación más estrecha entre la duración necesaria de ese ciclo y la frecuencia.

- Un medio de terminar el ciclo de desescarchado en caso de mucho viento y baja temperatura a la intemperie.

La figura B2-18 muestra el diagrama eléctrico que se usa en la parte del termostato con el circuito de control de desescarchado al igual que el sistema de relevador auxiliar. Este sistema lo han agregado algunos fabricantes para eliminar la interferencia de alta frecuencia a los receptores de TV y radio. Esa interferencia era originada por el rápido



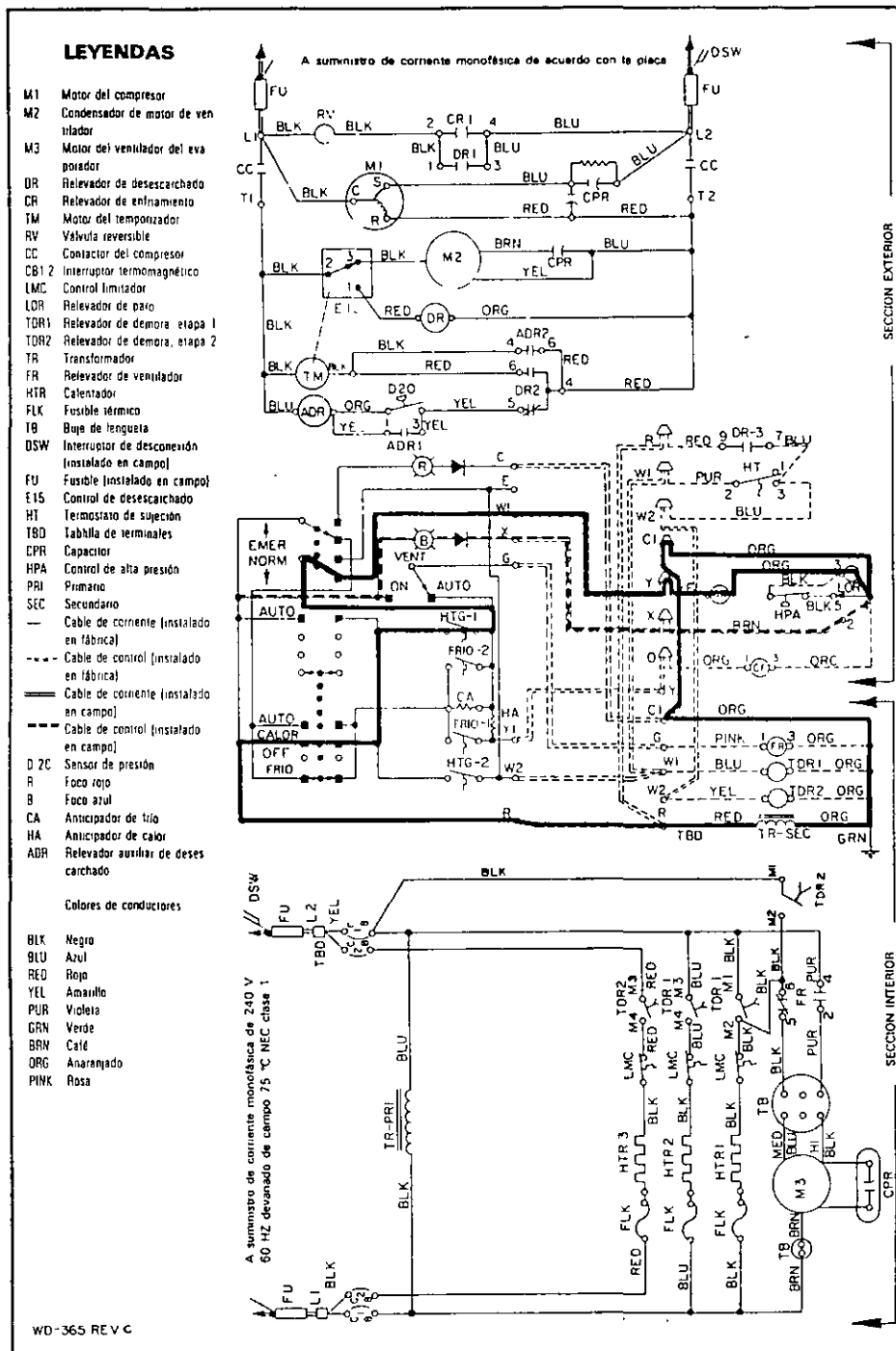
**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-19** Paro por alta presión (Cortesía de Addison Products Company.)

abrir y cerrar del interruptor de presión con alto voltaje (D20) antes que el aumento de presión fuera suficiente para cerrar el interruptor con firmeza.

La acción de este tipo de sistema se lleva a cabo en los pasos siguientes:

1. La acumulación de escarcha es suficiente para hacer que cierren los contactos en el interruptor de presión (D20).
2. Al cerrar estos contactos se energiza el relevarador auxiliar de desescarchado (ADR). Cuando sucede esto se



**DIAGRAMA ELECTRICO DEL SISTEMA: 2 A 3 TON CON 15 KW**

**FIGURA B2-20** Paro por alta presión, con interruptor de alta presión abierto (Cortesía de Addison Products Company)

cierra el contacto entre las terminales 1 y 3, lo cual pone en corto y saca al interruptor de presión y mantiene activo al circuito.

- Además, los contactos entre las terminales 4 y 6 del relevador auxiliar de desescarchado cierran y energizan al motor del temporizador de desescarchado.

Después de un lapso adecuado, si la temperatura del bulbo de terminación es menor que 26 °F, acciona la parte mecánica del interruptor del motor del ventilador del condensador y energiza el relevador de desescarchado.



4. El relevador de desescarchado lleva a cabo las funciones siguientes:
  - a. Energiza la válvula reversible llevándola al modo de enfriamiento.
  - b. Conecta al calor auxiliar para mantener al aire de suministro al recinto a mayor temperatura que el nivel de confort.
  - c. Desconecta al circuito del relevador auxiliar de desescarchado al abrir el contacto entre las terminales 4 y 6. Esto mantiene la corriente al motor del temporizador porque la formación original de contacto entre las terminales 4 y 6 en el relevador auxiliar de desescarchado se abrirá cuando este relevador sale.
5. Cuando la temperatura del bulbo de terminación del termostato alcanza 55 °F, la parte mecánica del control de desescarchado hace que abran los contactos entre las terminales 2 y 1, desenergizando al relevador de desescarchado y haciendo cerrar los contactos entre las terminales 2 y 3, con lo cual se energiza el motor del ventilador exterior.

El relevador desenergizado regresa a los contactos a su posición original. La válvula reversible regresa al modo de calefacción, el calor auxiliar se apaga y cierra el contacto que controla al relevador auxiliar de desescarchado (ADR), poniendo listo el sistema para el siguiente período de desescarchado. Este control de desescarchado es el del modelo E15, fabricado por Ranco Controls de Plain City, Ohio.

===== B2-4

### ===== **PARO POR ALTA PRESION** =====

En la descripción del termostato, el punto G es el foco de prueba que indica que la unidad exterior ha salido debido a demasiada presión en el condensador. Algo ha originado demasiada presión diferencial en el ajuste de "control de alta presión" (HPA). Para tener restablecimiento manual de este control, como lo piden los UL (*Underwriters' Laboratories*), sin necesidad de desmontar los tableros de la unidad

exterior, se dispone de un medio de restablecimiento a través del termostato.

La figura B2-19 muestra el diagrama eléctrico de la unidad donde se hace resaltar el circuito de paro. En el circuito de la bobina del contactor del compresor, el "control de alta presión" (HPA) se conecta entre las terminales de la bobina del relevador de paro. Es la posición normal de funcionamiento del control. La bobina de paro, que tiene una resistencia muy alta, no está en el circuito. Cuando el termostato pide que funcione el compresor cerrando HTG-1 en el modo de calefacción o COOL-2 en el modo de enfriamiento, los 24 V del circuito de control se establecen entre las terminales de la bobina del contactor del compresor (CC). La bobina se energiza totalmente y ejerce la fuerza suficiente para cerrar los contactos.

Si abre el interruptor "alta presión" como se ve en el circuito realizado de la figura B2-20, la bobina del relevador de paro se conecta en serie con la del contactor del compresor. La adición de la bobina del relevador de paro aumenta la resistencia total de la carga y reduce el paso de corriente por el circuito. El amperaje que resulta es suficiente para que entre el relevador de paro, pero sale el contactor del compresor y se para el compresor.

Estando parado el compresor, la unidad se enfría reduciendo la presión diferencial y cerrando el "control de alta presión". Sin embargo, el relevador de paro ha interrumpido el circuito que pasa por el control al abrir los contactos normalmente cerrados entre las terminales 4 y 5. Al mismo tiempo, los contactos normalmente abiertos entre las terminales 2 y 4 cierran. Esto da un circuito completo que pasa por el foco azul (B) en el termostato, que prende e indica que la unidad está "off" en "paro".

La unidad permanecerá en este estado siempre que la corriente entre por el termostato. Para restablecer el control, sólo se necesita interrupción de corriente. Esto se puede llevar a cabo poniendo en "off" al interruptor de control de funciones, y regresándolo después al modo original de funcionamiento. Si se repite la acción del sistema de paro, se debe poner en calor de emergencia y llamar al técnico de servicio para revisar lo que causó el paro.

Todos los demás controles se han descrito en las secciones de refrigeración y aire acondicionado.

## ===== PROBLEMAS =====

B2-1. En las bombas térmicas se usan dos tipos de control de temperatura. ¿Cuáles son?

B2-2. En las bombas térmicas se han usado cuatro tipos de sistemas de control de desescarchado. ¿Cuáles son?

B2-3. Los termostatos normales de recinto para sistema de bombas térmicas tienen ocho funciones. ¿Cuáles son?

B2-4. En los termostatos mecánicos de dos etapas, la diferen-

cia de temperaturas que guardan las etapas en general es de \_\_\_\_\_ °F.

B2-5. Se emplea un mínimo de 5 °F entre las palancas de enfriamiento y calefacción del termostato mecánico normal. ¿Por qué?

B2-6. A este intervalo de 5 °F de temperatura se le llama \_\_\_\_\_.

- B2-7.** ¿Cuál es el objeto principal de un termostato para temperatura ambiente exterior?
- B2-8.** El relevador de desescarchado tiene tres funciones separadas. ¿Cuáles son?
- B2-9.** El control de desescarchado por iniciación por temperatura y terminación por temperatura usaba dos temperaturas. ¿Cuáles son?
- B2-10.** La mayor rapidez de formación de escarcha se presenta en general cuando la temperatura ambiente exterior está entre \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ °F.
- B2-11.** ¿Qué presión necesita en el sistema de desescarchado iniciado por presión y terminado por temperatura, para iniciar el ciclo?
- B2-12.** ¿Qué temperatura se usa en el sistema de desescarchado iniciado por presión y terminado por temperatura para finalizar el ciclo?
- B2-13.** En un sistema de desescarchado iniciado por tiempo y terminado por temperatura, ¿cuál es el intervalo en el cual trabaja el motor del temporizador?
- B2-14.** En un sistema de desescarchado iniciado por presión y tiempo y terminado por temperatura, ¿en qué intervalo se basa el funcionamiento del motor del temporizador?
- B2-15.** El restablecimiento de un control de alta presión de restablecimiento automático lo da un dispositivo que se llama \_\_\_\_\_.
- B2-16.** Cuando acciona el relevador de paro en serie con el contactor, ¿por qué sale el contactor y permanece conectado el relevador?
- B2-17.** Para restablecer un relevador de paro, sólo es necesario \_\_\_\_\_.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

#### **B 3 EQUIPO DE BOMBAS TÉRMICAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# B3

## Equipo de bombas térmicas

==== B3-1

### GENERALIDADES

El equipo de bombas térmicas se vende en sistemas unitarios (paquete completo) y en sistemas divididos (la parte externa y la parte interna). El aspecto del equipo es exactamente igual al de su contraparte de aire acondicionado. Naturalmente, la diferencia está en el diseño de los dos serpentines que intervienen, al igual que los controles adicionales de flujo de refrigerante que se necesitaron para la acción inversa.

El producto que predomina ha sido el tipo de paquete, pero el dividido o remoto ha ganado popularidad rápidamente debido a la facilidad de instalación así como a su versatilidad. En ambos diseños, se duplican los tipos de fuente de calor. La fuente de calor que se usa al igual que la capacidad de inversión determina la clasificación general de la unidad en particular.

Las bombas térmicas se clasifican como sigue:

1. Operación dual aire a aire
2. Operación dual líquido a aire
3. Operación sencilla aire a aire
4. Operación sencilla líquido a aire
5. Operación sencilla aire a líquido

==== B3-2

### OPERACION DUAL AIRE A AIRE

La bomba térmica de operación dual aire a aire es el tipo más predominante que se vende. Sus posibilidades de calefacción y enfriamiento le permite trabajar todo el año. Debido a sus ahorros de energía y costo de operación cuando tiene calor con resistencia eléctrica, aumentó su popularidad cuando se incrementaron los costos de la energía. La bomba térmica aire a aire se vende tanto en paquete, con todos los componentes en el paquete, como el tipo dividido, con un manejador (ventilador) de aire en el recinto

y el conjunto de compresor y cambiador de calor a la intemperie.

La figura B3-1 muestra una bomba térmica autocontenida o paquete, donde se ve la caja, y también una vista interior, donde se ve el circuito del refrigerante y los componentes eléctricos. Están incluidas las bandas eléctricas de calentamiento de la zona de descarga del ventilador. Se necesita algo de calor auxiliar, excepto en los climas semi-tropicales. Lo más fácil es incluir las bandas de calefacción en el conjunto de bomba térmica.

La figura B3-2 muestra tanto el manejador de aire con una banda de calentamiento eléctrico como la sección exterior. Aunque no se ve, la banda de calentamiento eléctrico está ubicada en la parte superior de la zona de descarga del soplador, detrás del conjunto de control y del tablero de cierre.

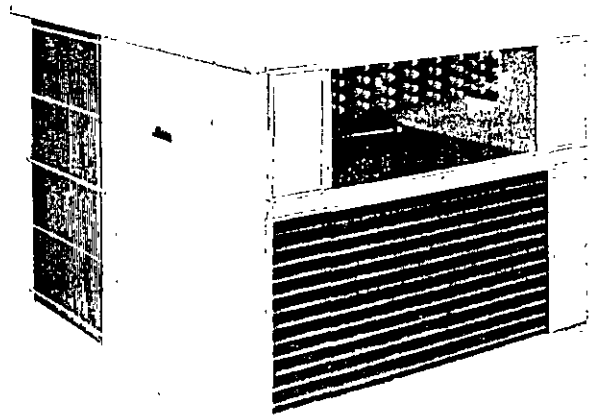
Ambos tipos de equipo tienen sus ventajas y desventajas. La unidad de paquete no tiene costo de instalación de tubo de refrigerante, pero su aplicación es limitada. Se puede usar el sistema dividido en una amplia variedad de aplicaciones verticales, horizontales o de flujo descendente, pero su costo de instalación es mayor. Sin embargo, ambos tipos de sistemas tienen su lugar en el mercado.

==== B3-3

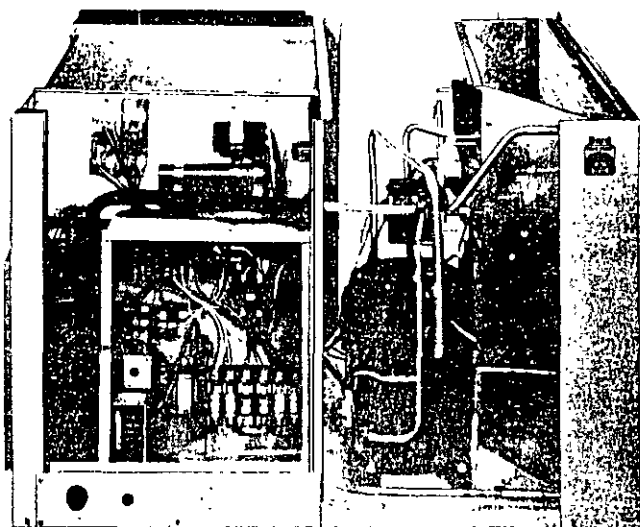
### OPERACION DUAL LIQUIDO A AIRE

Cuando se dispone de agua subterránea, estas unidades son populares. Además de usar agua subterránea como fuente de calor, este sistema se usa en los sistemas indirectos de líquido. En ellos, se bombea un líquido por serpentines sepultados en el terreno, u otra fuente de calor. Sus ventajas de aplicación son el control de las características del agua mediante el serpentín de la bomba térmica, así como el empleo de medios de almacenamiento de calor, como por ejemplo uno calentado por el sol. La bomba de calor líquido a aire se vende en ambas configuraciones: paquete y dividida.

Una unidad vertical de paquete se ve en la figura B3-3 y una horizontal en la figura B3-4. Este tipo de unidad se



(a)



(b)

FIGURA B3-1 Bomba térmica paquete (Cortesía de Baird Manufacturing Company)

ubica totalmente dentro de la zona acondicionada. La única conexión a la zona exterior sería el suministro y el drenado del agua.

La figura B3-5 muestra el arreglo de las partes interiores del modelo vertical de la figura B3-3. La sección superior de la unidad contiene el serpentín interior con los controles necesarios del refrigerante, así como el conjunto de motor y soplador para movimiento de aire interior. El compartimiento del fondo tiene al conjunto motor-compresor, el cambiador de calor agua a refrigerante, la válvula reversible y los controles de operación. Una unidad líquido a aire no contiene sistema de control de desescarchado, porque no está diseñado para trabajar con superficies de intercambio agua a refrigerante a menos de 32 °F (0 °C). Esta unidad emplea un cambiador de calor tipo tubos concéntricos, al igual que una válvula reguladora de agua para controlar el flujo de agua y una bomba de condensado para

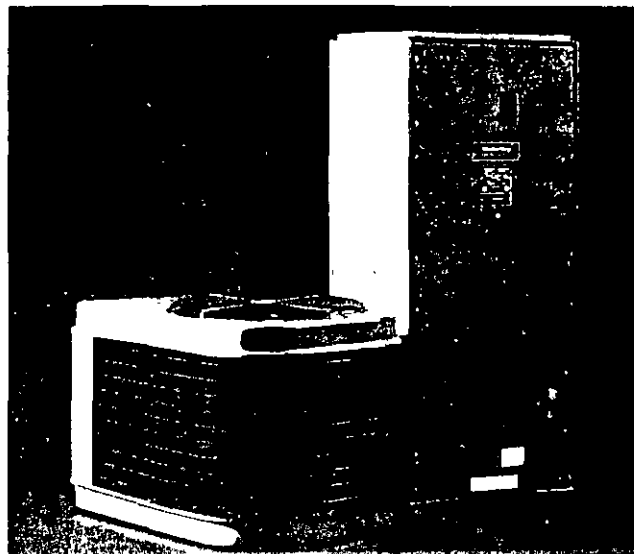


FIGURA B3-2 Bomba térmica. Manejador de aire y sección exterior (Cortesía de Addison Products Company.)

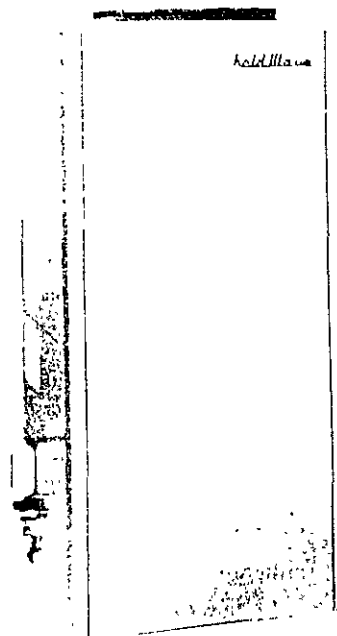


FIGURA B3-3 Unidad vertical de paquete (Cortesía de Koldwave Division, Heat Exchangers, Inc)

sacar el condensado del serpentín interior hacia los drenajes elevados sobre la unidad.

La figura B3-6 muestra el arreglo de partes interiores de la unidad horizontal que se mostró en la figura B3-4.

==== B3-4

==== **OPERACION SENCILLA AIRE A AIRE**

Algunas empresas venden una bomba térmica de operación sencilla. Esa unidad da un solo ciclo de calefacción.

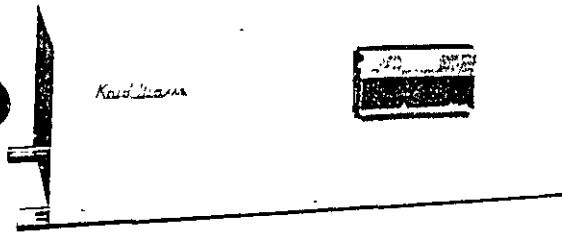


FIGURA B3-4 Unidad horizontal de paquete (Cortesía de Koldwave Division, Heat Exchangers, Inc)

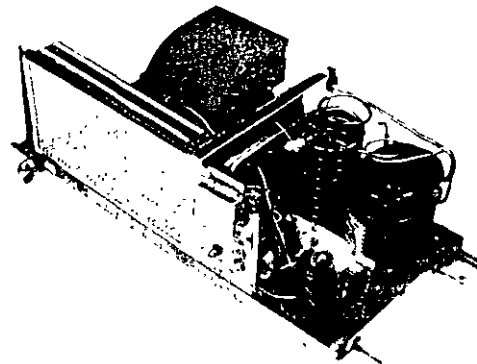


FIGURA B3-6 Interior de una unidad horizontal de paquete (Cortesía de Koldwave Division, Heat Exchangers, Inc.)

Por lo tanto, no tiene válvula reversible ni la combinación de dispositivo de reducción de presión y válvula de retención en el serpentín interior. Tampoco tiene válvula de retención junto al dispositivo de reducción de presión en el serpentín exterior. Se coloca en zonas en las que la carga de enfriamiento es ligera o no existe.

B3-5

**OPERACION SENCILLA LIQUIDO A AIRE**

Al igual que el sistema aire a aire de operación sencilla, esta unidad está diseñada sólo para calefacción en lugares demasiado fríos, con temperaturas de agua ligeramente arriba del punto de congelación. El cambiador de calor de agua a refrigerante es mayor y tiene más superficie para dar el intercambio de calor necesario con muy poca caída de

temperatura del agua. Las unidades de líquido a aire de operación doble trabajan con una  $\Delta T$  de 8 a 10 °F en el agua a través del cambiador de calor. Las unidades líquido a aire de operación sencilla trabajan sólo con  $\Delta T$  de 2 a 3 °F en el agua que pasa por el cambiador. Se circula bastante más agua, pero la unidad trabaja en las zonas donde el agua es más fría.

B3-6

**OPERACION SENCILLA AIRE A LIQUIDO**

La mayor parte de las aplicaciones de aire a líquido han sido para calentar agua caliente doméstica. El aumento en el empleo de albercas con calentamiento de agua ha abierto un mercado para grandes capacidades de Btu/hr en este tipo de bomba térmica. La figura B3-7 muestra una unidad doméstica de calentamiento de agua, más pequeña. Esta

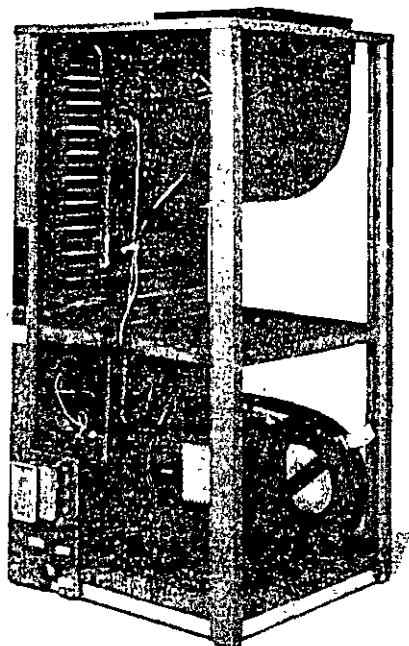


FIGURA B3-5 Interior de una unidad vertical de paquete (Cortesía de Koldwave Division, Heat Exchangers, Inc)

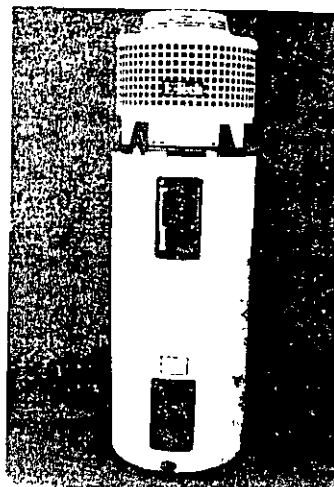
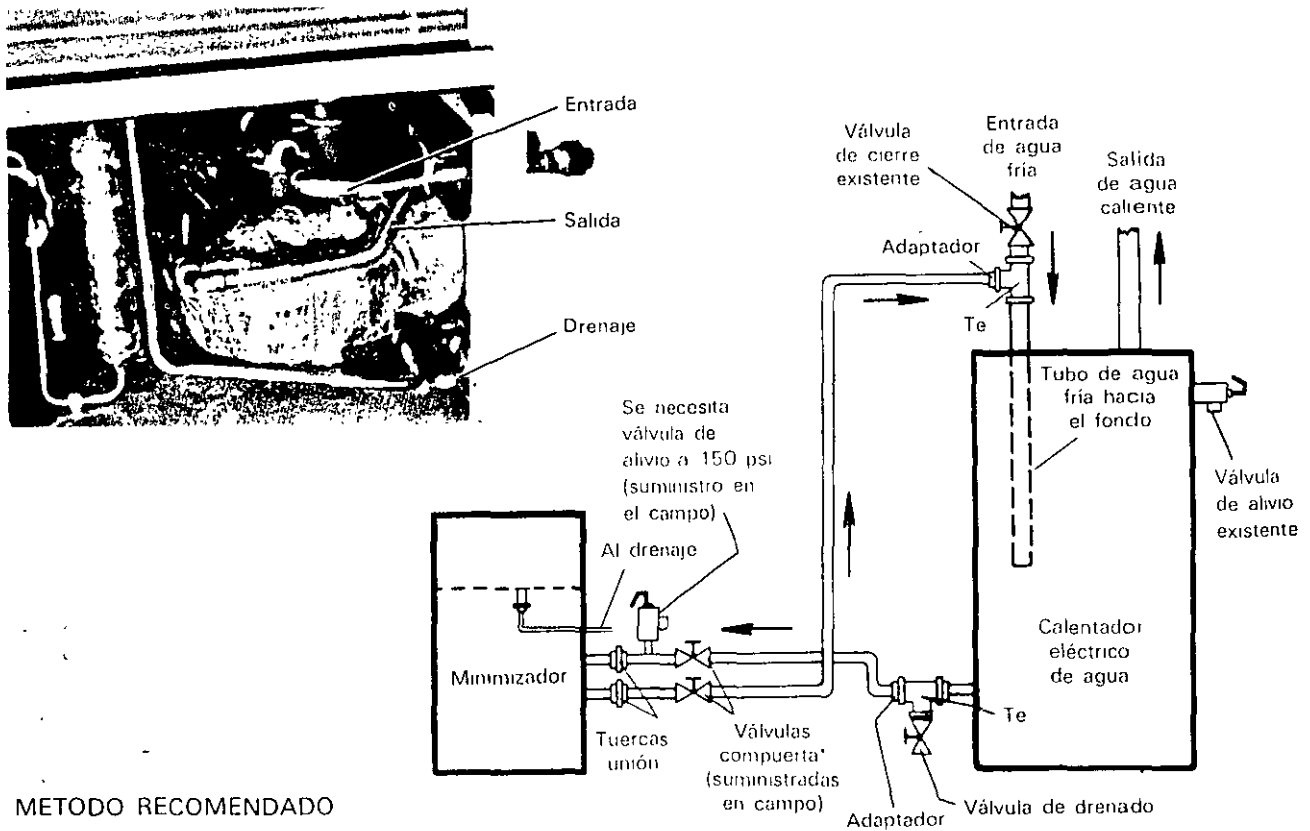


FIGURA B3-7 Unidad doméstica para calentamiento de agua. (Cortesía de E-Tech, Inc)

# TUBERIAS DE CAMPO



METODO RECOMENDADO

\* NOTA: Esas válvulas de cierre permiten dar servicio al minimizador y/o limpiarlo sin vaciar el tanque del calentador de agua.

FIGURA B3-8 Tuberias de campo (Cortesía de Borg-Warner Environmental Systems, Inc.)

unidad está diseñada para colocarse sobre un calentador normal de agua. Se calienta el agua al tomar calor del aire ambiente calentándola con una relación de eficiencia energética de 2.9, y por lo tanto se tiene más agua caliente por menos costo de energía.

Algunas unidades se diseñan para conectarse al sistema de circulación de agua del calentador doméstico de agua. En la figura B3-8 se ve una unidad tipo remoto. En esta aplicación, se usa manguera de plástico (o tubo de cobre o galvanizado cuando lo pidan los reglamentos) para conectar a la bomba con el tanque de agua caliente. La bomba se

ajusta para mantener una temperatura de agua mayor que los ajustes de los termostatos del calentador de agua, de gas o eléctrico. Esto significa que la bomba térmica es el medio primario de calentar agua. La fuente auxiliar de calor, eléctrica o de gas, sólo entra si la bomba térmica no puede dar suficiente capacidad de calentamiento para el agua que se toma en determinado tiempo.

En general, los termostatos se ajustan a 130 °F (55 °C) para la bomba térmica y 120 °F (49 °C) para la fuente auxiliar de calor. Los ajustes exactos varían con cada tipo de equipo, y se deben seguir las instrucciones del fabricante.

## PROBLEMAS

- B3-1. Las bombas térmicas se clasifican en cinco tipos. ¿Cuáles son?
- B3-2. Las unidades aire a aire se venden en dos tipos. ¿Cuáles son?

- B3-3. La forma más común de calor auxiliar es: \_\_\_\_\_
- B3-4. La ventaja de una unidad tipo paquete es que \_\_\_\_\_.
- B3-5. La ventaja del sistema dividido es \_\_\_\_\_.

- B3-6.** Las unidades líquido a aire se fabrican en las mismas configuraciones que las aire a aire, y tienen las mismas ventajas. ¿Cierto o falso?
- B3-7.** ¿Cuál tipo de unidad es el de más fácil empleo en una aplicación con calentamiento solar?
- B3-8.** Las unidades líquido a aire se deben colocar en el recinto acondicionado. ¿Por qué?
- B3-9.** En una unidad líquido a aire, se usan dos válvulas reguladoras de agua. ¿Cuál es su objeto?
- B3-10.** Las unidades de operación sencilla líquido a aire trabajan con una  $\Delta T$  de 2 a 3 °F en el agua a través del evaporador. ¿A qué se debe esto?
- B3-11.** ¿En qué condiciones se usan principalmente las unidades aire a líquido de operación sencilla?





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**Mecánica e Industrial**

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **B 4 EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBAS PARA BOMBAS TÉRMICAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

# Equipo de medición y pruebas para bombas térmicas

===== B4-1

## GENERALIDADES

En los capítulos R22, A13 y A16 se ha descrito el empleo de termómetros y manómetros, y también instrumentos eléctricos. Repetir esa descripción sería aumentar muchas páginas al libro. El lector debe consultar esos capítulos para obtener información acerca de este tema. Sin embargo, hay algunos instrumentos y accesorios especiales que se han difundido a causa del crecimiento de la industria de bombas térmicas.

===== B4-2

## MEDICION DE TEMPERATURA

Las mediciones de las temperaturas de trabajo en un sistema de bomba térmica son semejantes a las de los sistemas de refrigeración o aire acondicionado. La temperatura del aire a través de los serpentines interior y exterior, así como las temperaturas del líquido refrigerante son importantes, independientemente de si la bomba térmica se encuentra en ciclo de calefacción o de enfriamiento. Los termómetros que trabajan entre amplios límites se necesitan en aplicaciones de bombas térmicas, aunque los límites normales del termómetro tipo carátula son suficientes para aire acondicionado y bombas térmicas. Los sistemas de refrigeración pueden trabajar a menores temperaturas que los límites normales y necesitarían un termómetro con otros límites. Por otro lado, los termómetros que se emplean para comprobar las unidades de calefacción de petróleo trabajan con un margen más amplio de temperaturas.

Son preferibles los termómetros de rango amplio si se desea mantener al mínimo el número de termómetros. Sin embargo, se sacrifica exactitud si se tienen unos límites demasiado amplios. En el capítulo B5 se describen las temperaturas reales que existen en las bombas térmicas.

===== B4-3

## MEDICION DE PRESION

Se necesitan las mismas mediciones de presión que en las unidades de aire acondicionado, en la succión y en la descarga, para poder analizar los problemas en forma ade-

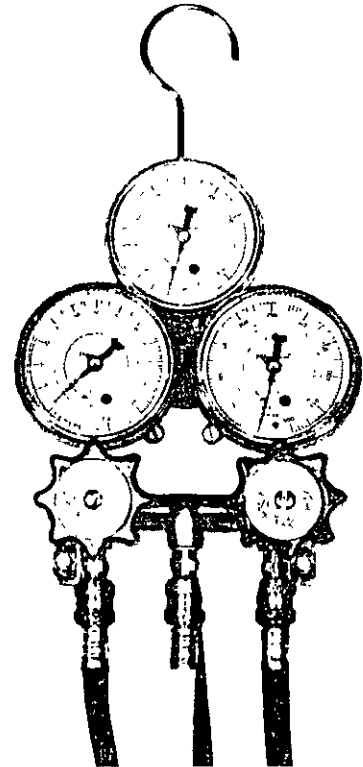
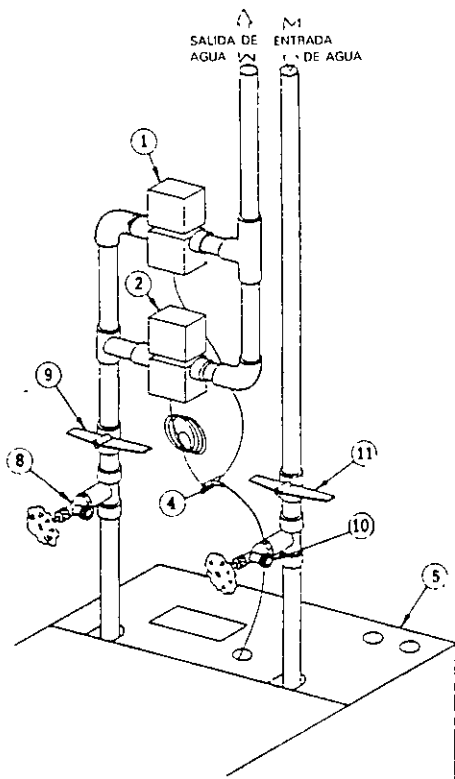
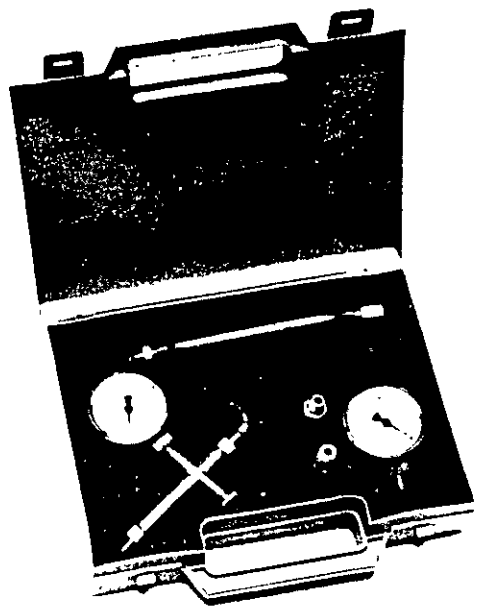


FIGURA B4-1 Juego de manómetros para bombas térmicas (Cortesía de Robmar Manufacturing Corporation, Division of Kent Moore)



**FIGURA B4-2** Arreglo de tuberías  
(Cortesía de Bard Manufacturing Company)



**FIGURA B4-3** Juego de manómetros para agua.

presión de descarga. La diferencia entre las indicaciones de este manómetro y los demás es parte de la información que se usa para diagnosticar los problemas.

===== B4-4  
===== **MEDICION DE PRESION: SUMINISTRO DE AGUA**  
=====

cuada. Además, se necesita una tercera indicación de presión. Es la del tubo de vapor entre el serpentín exterior y la válvula reversible. Este tubo, que es el *tubo de vapor*, tiene la presión de succión durante el ciclo de enfriamiento y la presión de descarga durante el ciclo de calefacción.

La figura B4-1 muestra un conjunto de tres manómetros que se usa en el servicio de bombas térmicas. El manómetro del lado izquierdo inferior es el compuesto para medir la presión en la succión. Para obtener la indicación se coloca una conexión para manómetro en el tubo entre la línea central de la válvula reversible y la entrada al compresor. Este tubo tiene presión de succión, independiente del modo en que esté trabajando la unidad.

El manómetro del lado derecho inferior es uno normal de 0 a 500 psi que se usa para medir la presión del tubo de líquido. Está conectado al tubo de líquido y mide la presión más adelante del condensador, independientemente de si el serpentín interior o el exterior es el que está haciendo funciones de condensador.

El tercer manómetro, el de arriba, se conecta con el tubo de vapor. Este, en el modo de enfriamiento, indicará la presión de succión, y en el modo de calefacción, la

En las bombas térmicas con suministro de agua es importante el factor de ensuciamiento (acumulación de incrustación) en el serpentín exterior, para localizar fallas. Por lo tanto, se usan manómetros en los lados de entrada y salida de ese serpentín. La figura B4-2 muestra el arreglo de tuberías para suministro y retorno de agua en una unidad normal de calentamiento de la misma.

Además de las válvulas de cierre (de compuerta o de bola) en los tubos principales de suministro y retorno, se tienen válvulas de cierre en los ramales de las tes en esos tubos, para conectar manómetros como los que se ven en la figura B4-3. Este juego de manómetros, con un conector para manguera flexible, mide de -30 a 150 psig y trabaja en forma muy satisfactoria para medir presión de agua. Si se usa una válvula de flujo constante (N<sup>o</sup>7), se necesitan juegos de tres manómetros para tener el cuadro completo de la presión. *No use juegos de manómetros para refrigeración. El agua en el sistema de refrigeración se vuelve un problema.* Las presiones de funcionamiento se describen en el capítulo B5.

---

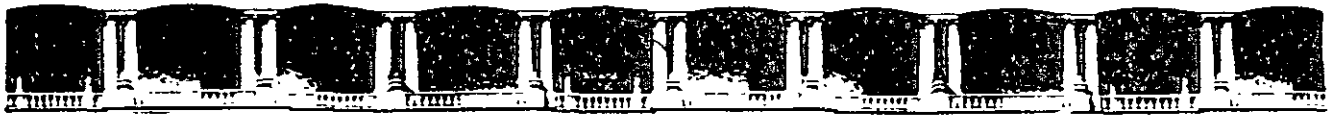
---

## PROBLEMAS

---

---

- B4-1.** ¿Qué presiones debe poder indicar un conjunto de manómetros en una bomba térmica?
- B4-2.** En el modo de calefacción, la presión en el tubo de vapor será cercana a la presión de \_\_\_\_\_
- B4-3.** En las unidades líquido a aire ¿qué quiere decir "factor de ensuciamiento"?
- B4-4.** ¿Cómo se puede determinar el factor de ensuciamiento?
- B4-5.** ¿Qué tipos de válvulas se recomiendan para empleo en el circuito de líquido?



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

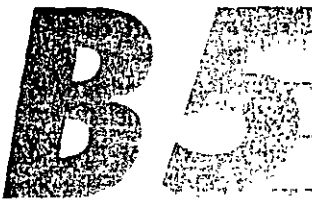
### TEMA

**B 5 PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS FUNCIONAMIENTO DE  
BOMBAS TÉRMICAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Puesta en marcha, pruebas y funcionamiento de bombas térmicas

B5-1

## GENERALIDADES

Desde el punto de vista del ciclo de enfriamiento y de calentamiento, es deseable tener una puesta en marcha, revisión y funcionamiento correctos en las unidades de operación dual y en las de funcionamiento sólo de calefacción en las unidades de operación sencilla. En todos los casos se debe suministrar la cantidad correcta de aire o líquido en el serpentín interior y en el exterior para tener el sistema trabajando a eficiencia máxima. Para ver si el sistema está trabajando a la eficiencia máxima cuando se pone en marcha, o durante la revisión o el funcionamiento normal, se necesita información específica. Como esa información es distinta para cada tipo de unidad, se describe por separado según el tipo.

B5-2

## OPERACION DUAL AIRE A AIRE

A continuación presentamos una lista sugerida de la información necesaria para puesta en marcha, revisión y determinación de eficiencia de la bomba térmica de operación dual aire a aire.

1. Número de modelo de la unidad exterior: \_\_\_\_\_
2. Número de serie de la unidad exterior: \_\_\_\_\_
3. Número de modelo de la unidad interior: \_\_\_\_\_
4. Número de serie de la unidad interior: \_\_\_\_\_
5. Tipo de dispositivo reductor de presión

- a. Unidad exterior
  - 1) Válvula de expansión
  - 2) Tubo capilar
- b. Unidad interior
  - 1) Válvula de expansión
  - 2) Tubo capilar

6. Tipo de fusible \_\_\_\_\_ Tamaño: \_\_\_\_\_ amperes
7. Calibre del cable a la unidad exterior: \_\_\_\_\_
8. Calibre del cable a la unidad interior: \_\_\_\_\_
9. Voltaje de línea con la unidad apagada: \_\_\_\_\_ V
10. Estado del filtro: \_\_\_\_\_

Con una bomba térmica de funcionamiento doble se tienen dos conjuntos separados de condiciones de prueba. La unidad tiene límites de operación, y por lo tanto no se puede hacer trabajar o comprobar en las dos fases de operación a menos que la temperatura del exterior esté entre el margen angosto de traslape de temperaturas para cada fase de operación.

En el ciclo de enfriamiento, es posible trabajar hasta 65 °F (18 °C). En el ciclo de calefacción es posible el funcionamiento hasta 70 °F (21 °C). Por lo tanto, la revisión inicial de la unidad puede ser tanto en ciclo de calefacción como de enfriamiento.

11. Voltaje en la unidad de condensación al tratar de arrancar: \_\_\_\_\_ V
12. Consumo de amperes de la unidad en:
  - a. Arranque: \_\_\_\_\_ A
  - b. Marcha: \_\_\_\_\_ A
13. Temperatura y humedad relativa del aire de retorno en la parrilla de aire: \_\_\_\_\_ °F, \_\_\_\_\_ % HR

14. Temperatura y humedad del aire en el serpentín: \_\_\_\_\_ °F, \_\_\_\_\_ %HR
15. Temperatura del aire de suministro en la unidad: \_\_\_\_\_ °F
16. Temperatura del aire de suministro, en el registro de suministro: \_\_\_\_\_ °F
17. Temperatura en el tubo de succión en el serpentín interior: \_\_\_\_\_ °F
18. Presión en la succión del compresor: \_\_\_\_\_ psig
19. Punto de ebullición del refrigerante en el serpentín interior: \_\_\_\_\_ °F
20. Sobrecalentamiento en el serpentín interior \_\_\_\_\_ °F
21. Temperatura en el tubo de succión del compresor: \_\_\_\_\_ °F
22. Temperatura del aire que entra en el serpentín exterior \_\_\_\_\_ °F
23. Presión de descarga del compresor: \_\_\_\_\_ psig
24. Temperatura de condensación en el serpentín exterior: \_\_\_\_\_ °F
25. Serpentín exterior, diferencia de temperatura entre temperatura ambiente y temperatura de condensación: \_\_\_\_\_ °F
26. Subenfriamiento del refrigerante líquido: \_\_\_\_\_ °F
27. Temperatura de salida del serpentín exterior: \_\_\_\_\_ °F
28. Paso de aire por la unidad exterior \_\_\_\_\_ pies<sup>3</sup>/min

===== B5-2 1

===== **Prueba antes de poner en marcha la unidad**

Se usan los puntos 1 al 10 antes de poner en marcha la unidad en el modo de enfriamiento o de calentamiento.

1. Para el archivo de la historia de servicios, se deben anotar el número de modelo (1) y (3), y el número de serie (2) y (4) tanto de la sección exterior como de la interior de la unidad. Se pueden tener en cuenta cualquier asunto de una garantía posible, al igual que la historia de servicios.
5. Se debe anotar el tipo de dispositivos reductores de presión que se usan tanto en la unidad exterior como la interior. Esto puede ser muy importante para revisar y diagnosticar posibles problemas. La acción del sistema es distinta si se usan válvulas termostáticas de expansión o tubos capilares.
6. Tipo de protección de fusibles: si son sólo fusibles o interruptores termomagnéticos. Se deben emplear fusibles o cortacircuitos con retardo en los motores de alta corriente de arranque. Si no son del tipo de retardo, deben cambiarse por ellos antes de poner en funcionamiento la unidad. Si no se hace esto, se tendrán cortes innecesarios.  
¿Son del tamaño adecuado los fusibles o interruptores termomagnéticos de demora de tiempo? Las uni-

dades exterior e interior tienen estampado en su placa el tamaño de fusible. Los fusibles o los interruptores termomagnéticos mayores que los especificados no darán protección para evitar daños eléctricos.

7. Tamaño del conductor a la unidad exterior. Los cables que conducen la electricidad a la unidad exterior deben ser de calibre suficiente para evitar demasiada caída de voltaje cuando trata de ponerse en marcha la unidad. Si el conductor está sobredimensionado, en general también el interruptor termomagnético de protección también estará sobrado, y con ello se reduce la protección de la unidad, y también se origina un aumento innecesario en costos de instalación. Los conductores subdimensionados provocarán demasiada caída de voltaje y problemas de arranque de la unidad.
8. Tamaño del conductor a la unidad interior. El cable a la unidad interior debe soportar la carga de control y del soplador, así como la de calefacción auxiliar. Este equipo también muestra una lista del tamaño de conductor estampada en la placa. Se debe uno apegar a esa lista.
9. Voltaje de línea con la unidad apagada. El voltaje a la unidad, a las secciones tanto interior como exterior (voltaje sin carga) debe estar dentro de los límites de la unidad. Estos son  $\pm 10\%$  del voltaje nominal de la unidad, si es monofásica. Si el voltaje nominal de la unidad es 240 V, quiere decir que los límites son 264 V máximo y 216 V mínimo, que puede tolerar la unidad y seguir trabajando. Esto no significa que el sistema eléctrico tenga la vida máxima de diseño. Para alcanzarla, el voltaje de suministro debe ser el nominal de la unidad.

En las unidades trifásicas de dos voltajes, la tolerancia es +10% y -5%. Esto quiere decir que en una unidad trifásica de margen amplio de 208 a 230 V, el máximo es 230 V más 10%, o sea 253 V, y 208 V como mínimo

10. Estado del filtro de aire. La cantidad de aire que pasa por el serpentín interior afecta mucho la eficiencia del sistema, tanto en modo de enfriamiento como de calefacción. En el modo de enfriamiento, una reducción en los pies<sup>3</sup>/min provocará escarchamiento del serpentín y posible retorno de líquido al compresor. En el modo de calefacción, esa reducción elevará la presión diferencial y corte por el relevador de paro. En los sistemas de bomba térmica se deben cambiar filtros desechables una vez al mes. Recuérdese que el soplador interior se usa todo el año.

===== B5-2 2

===== **Prueba al poner en marcha la unidad**

Se deben llevar a cabo dos mediciones eléctricas al poner en marcha la unidad. Se debe conectar un voltímetro a las terminales de alto voltaje del lado vivo del contactor y un amperímetro de gancho, de preferencia digital, que

tenga un seguro de alto amperaje, abarcando uno de los conductores al contactor.

11. Voltaje a la unidad exterior cuando trata de ponerse en marcha. Cuando la carga de arranque se carga a la línea, el contactor cierra, conectando la carga del compresor y del ventilador del condensador. El voltaje no debe bajar más de 5 V. Si lo hace, podría ser que alguno de los dos casos siguientes fuera el problema:

- a. El tamaño del conductor podría ser demasiado pequeño en comparación con la longitud instalada. La mayor parte de las unidades citan el tamaño de conductor en capacidad en amperes basada en 60 o 100 pies de cable entre el tablero de distribución y la unidad.
- b. El tamaño del conductor de servicio en la construcción puede ser demasiado pequeño. La prueba de puesta en marcha se debe repetir midiendo el voltaje en el interruptor termomagnético del tablero de distribución.

Si la caída de voltaje al arranque en el tablero de distribución es menor de 5 V cuando es más de 5V en la unidad, el calibre del conductor del circuito de ramal de la unidad es demasiado pequeño. Si la caída de voltaje en el arranque en el tablero de distribución es mayor que 5 V, el calibre del conductor de acometida es demasiado pequeño o bien el transformador de distribución es demasiado pequeño o está sobrecargado. Para solucionar este problema se debe hablar con la compañía eléctrica.

12. Consumo de amperes por la unidad, tanto en el arranque como durante la marcha. Siempre que se arranca una carga inductiva (motor), habrá una gran corriente momentánea, y después de 1 segundo esa corriente debe bajar a los amperes a plena carga. Se deben vigilar los amperímetros durante el proceso de arranque para asegurar que todo es correcto y funciona adecuadamente. La unidad debe tomar la corriente adecuada inicial y de marcha para permanecer en línea. Si la corriente no baja a los amperes de plena carga, *desconecte la unidad inmediatamente*.

B5-2.3

### Prueba al arranque: ciclo de enfriamiento

La bomba térmica está dimensionada para la carga de enfriamiento, y no para la de calefacción. Cualquier carga adicional de calefacción la maneja el equipo auxiliar de calor. Los dispositivos de calentamiento más comunes son los elementos de resistencia eléctrica. Sin embargo, las unidades de gas o de petróleo se usan a veces cuando la bomba térmica no puede manejar la carga.

Como la unidad se selecciona para la carga de enfriamiento, los pies<sup>3</sup>/min que pasan por el serpentín interior durante ese ciclo se deben corregir para las condiciones de diseño del clima local. Con los pies<sup>3</sup>/min correctos por el serpentín, la unidad producirá la caída de temperatura deseada en el aire. Sólo es necesario medir la  $\Delta T$ , °F del aire

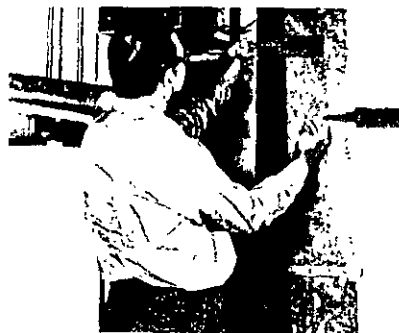


FIGURA B5-1 Medición de la  $\Delta T$  °F del aire a través del serpentín

a través del serpentín. La figura B5-1 muestra la ubicación que se sugiere para los termómetros de carátula que se usan para medir esas temperaturas.

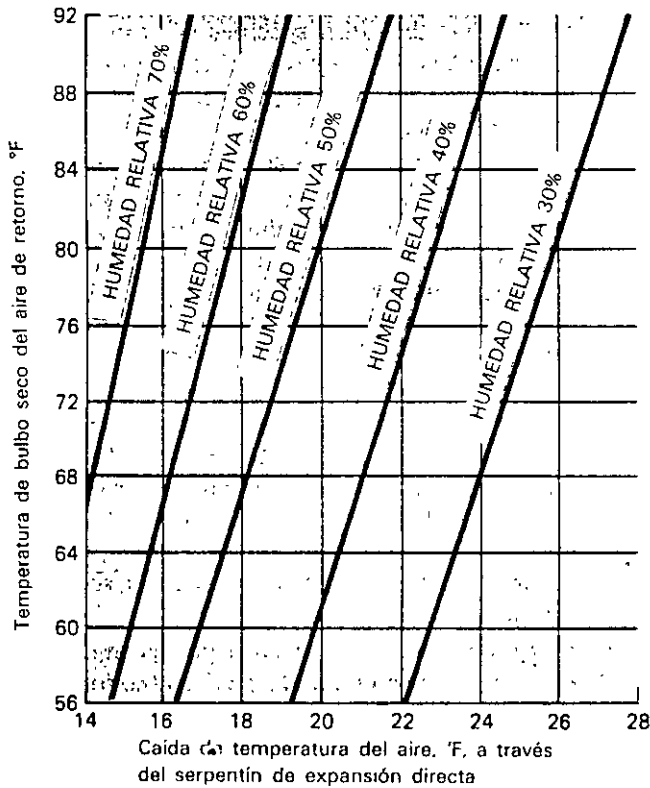
A 80 °F de bulbo seco y 50% de humedad relativa en el aire que entra en el serpentín interior, la caída de temperatura de aire correcta sería de 20 °F. Debido al contenido de calor del aire cambiará con cualquier cambio en la temperatura y/o humedad relativa, la cantidad de aire correcta producirá diferentes caídas de temperatura de aire.

Si aumenta la temperatura y/o la humedad, la caída de temperatura disminuirá. Si disminuyen las anteriores, la caída aumentará. El sistema sólo eliminará una cantidad determinada de calor. Por lo tanto, mientras mayor sea la cantidad de calor en el aire, menos calor se eliminará por pie cúbico. Como la eliminación de humedad (calor latente) no afecta la temperatura, el cambio de humedad relativa tendrá un efecto mayor en la caída de temperatura del aire. Para determinar la carga correcta en el serpentín interior, los pies<sup>3</sup>/min correctos, se debe determinar la caída correcta de temperatura. Esta se determina empleando una carta psicrométrica y una gráfica de relación de carga. La gráfica de la figura B5-2 se ha trazado para las diversas condiciones del aire dentro de los límites de operación de la unidad. En esa gráfica se dan humedades relativas de 30 a 70% y temperaturas de bulbo seco de 65 a 92 °F. Con un psicrómetro de honda, se miden las temperaturas de bulbo húmedo y seco del aire que entra al serpentín; se determina entonces la humedad relativa mediante la carta psicrométrica. Ya se explicó esa carta en el capítulo A3. La figura B5-3 es la carta psicrométrica que usaremos en nuestros ejemplos.

Supondremos que la zona que se va a enfriar, en el arranque de la unidad, tiene temperatura de bulbo seco de 30 °C y 26 °C. Inmediatamente las convertimos a 86 °F y 79 °F, respectivamente. Deseamos conocer la caída correcta de temperatura del aire que pasa por el serpentín interior. Con la carta psicrométrica (figura B5-3) encontramos que la línea vertical de 88 °F de bulbo seco y la inclinada de 79 °F se intersectan a una humedad relativa de 68%.

Empleando la caída de temperatura del aire de la gráfica de relaciones de carga (figura B5-2), cuando pasamos del punto en el que la línea horizontal de 80 °F de bulbo seco y la inclinada de 68% de humedad relativa, hacia abajo a la escala de caída de temperatura, vemos que se desea una





**FIGURA B5-2** Caídas de temperatura de aire para varias relaciones de carga

caída de temperatura de 17 °F. Las condiciones deseadas que deseamos mantener, que son las mismas que se usan en pruebas ARI, tendrían una caída de temperatura de 20 °F.

Si suponemos que las condiciones iniciales de la carga eran 31 °C (88 °F) y 40% de humedad relativa, la falta de calor latente haría que la unidad enfriara más el aire, tomando más calor sensible, y la caída de temperatura del aire aumentaría a 24.1 °F (15.6 °C).

13. Temperatura y humedad relativa del aire de retorno en la parrilla. Con el psicrómetro de honda (véase figura A16-4), las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo del aire en la parrilla de aire de retorno así como el punto de prueba 14.
14. Temperatura y humedad relativa del aire en el serpentín interior. Indicará cualquier fuga de aire en el sistema de retorno de aire. Si se indica un aumento de temperatura entre el aire de retorno en la parrilla y el serpentín de más de 2 °F (1 °C), se debe revisar el sistema de ductos de retorno para ver si hay escapes o tiene el aislamiento correcto.
15. Temperatura de suministro de aire en el serpentín. Esta temperatura se toma para obtener la información correcta sobre caída de temperatura. Se debe comparar con la del aire en el registro de suministro.
16. Temperatura del aire de suministro en el registro. Esta temperatura en el extremo del sistema de ductos, lo

más alejado del serpentín, debe tomarse y compararse con la temperatura del aire que sale del serpentín. Si se encuentra un aumento de temperatura de más de 3 °F (1.5 °C), el sistema de ductos de suministro se debe aislar. Cuando la caída de temperatura del aire a través del serpentín es de 20 °F, cada 1 °F de aumento en la temperatura del aire de suministro representa una pérdida del 5% en la capacidad de la unidad.

17. Temperatura en el tubo de succión en la salida de succión del serpentín interior. Para determinar el sobrecalentamiento de operación del serpentín interior en el ciclo de enfriamiento, se debe medir la temperatura en el tubo de succión en un punto no más alejado que 15 cm del cabezal de succión.
18. Presión en la succión del compresor. Esta presión se mide en la toma que está entre la válvula reversible y la entrada de la succión del compresor. Es el verdadero tubo de succión, en los modos tanto de enfriamiento como de calefacción.
19. Punto de ebullición del refrigerante. Con una tabla presión-temperatura, la presión en la succión del compresor se convierte a punto de ebullición del refrigerante. Como el acumulador y la válvula reversible, y también una caída de presión en el tubo de succión (en especial en sistemas divididos) se encuentran entre el serpentín y el compresor, puede haber una caída de presión entre 5 a 15 psig, dependiendo de la carga. Por lo tanto, no es muy exacta la medición de sobrecalentamiento en los sistemas de bomba térmica.
20. Sobrecalentamiento en el serpentín interior. Restando la temperatura equivalente a la presión de operación del serpentín (el punto de ebullición del refrigerante) de la temperatura en el tubo de succión se obtendrá el sobrecalentamiento bajo las condiciones de operación de la unidad. De acuerdo con las condiciones normales de operación ARI, la mayor parte de las bombas térmicas en ciclo de enfriamiento trabajan con sobrecalentamientos de 10 a 15 °F (5 a 8 °C) con una temperatura ambiente exterior de 95 °F (35 °C). El sobrecalentamiento variará mucho si se usan tubos capilares como dispositivos de reducción de presión. Como se explicó en el punto 18 de la sección A17-4, son muy semejantes las características de operación con tubos capilares o válvulas termostáticas de expansión en unidades sólo de aire acondicionado, o de bombas térmicas aire a aire en el modo de enfriamiento.
21. Temperatura del tubo de succión en el compresor. Esta temperatura se debe medir y comparar con la temperatura del tubo de succión en el serpentín interior. Cualquier aumento en la temperatura del tubo indica una ganancia de calor en el gas en la succión. Habrá algo de ganancia, aún cuando ese tubo esté aislado y ubicado en forma correcta. La ganancia debe mantenerse al mínimo que sea absolutamente posible. Si el aumento de temperatura es más de 10 °F, se debe investigar la causa. Este tubo es el de gas caliente en el ciclo de calefacción, y cualquier parte de él que quede expuesta

# CARTA PSICROMETRICA ASHRAE N°1

TEMPERATURAS NORMALES  
 PRESION BAROMETRICA 29.921 PULGADAS DE MERCURIO  
 COPYRIGHT 1963



AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC

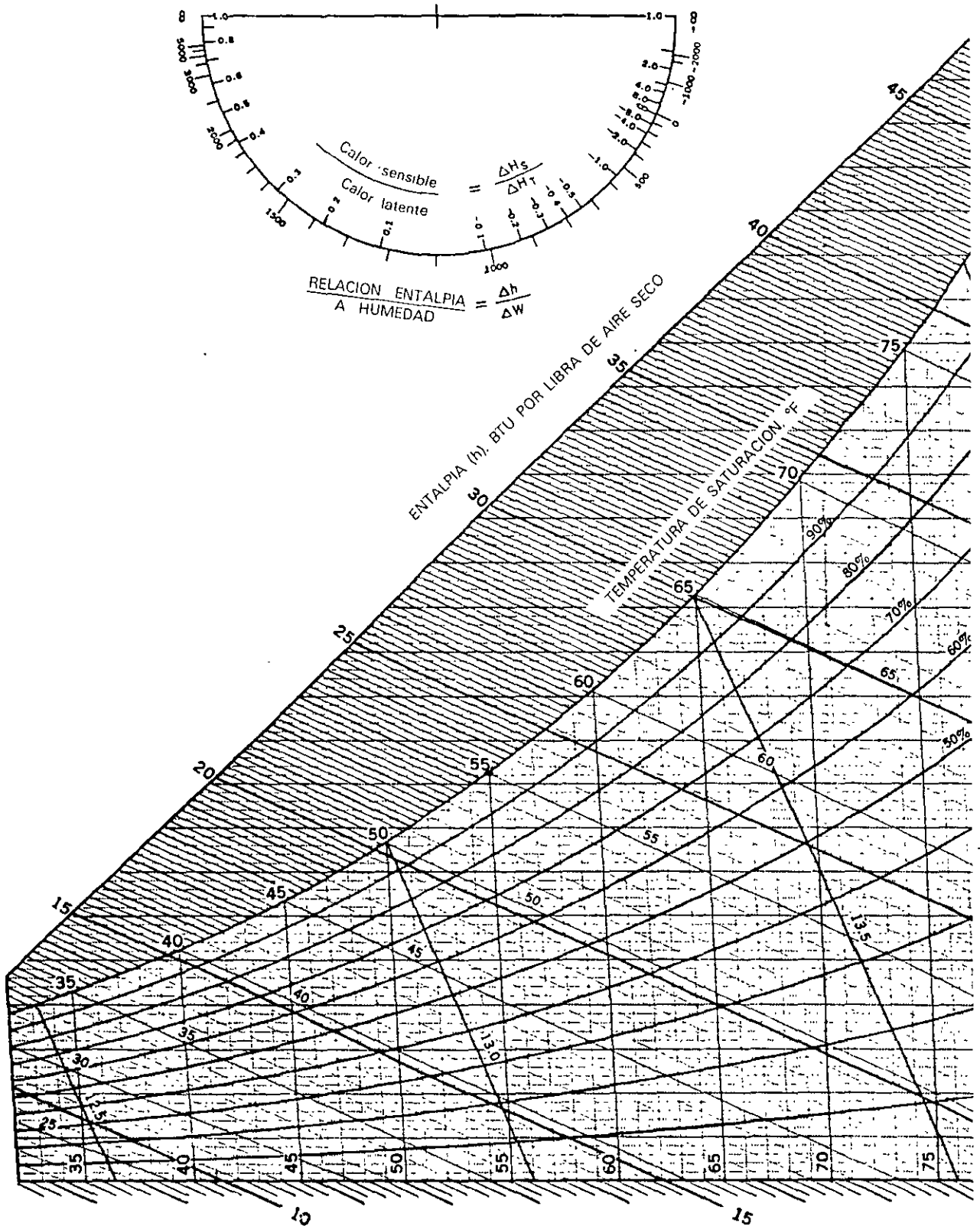


FIGURA B5-3 Carta psicrométrica  
 Puesta en marcha, pruebas y funcionamiento de bombas térmicas

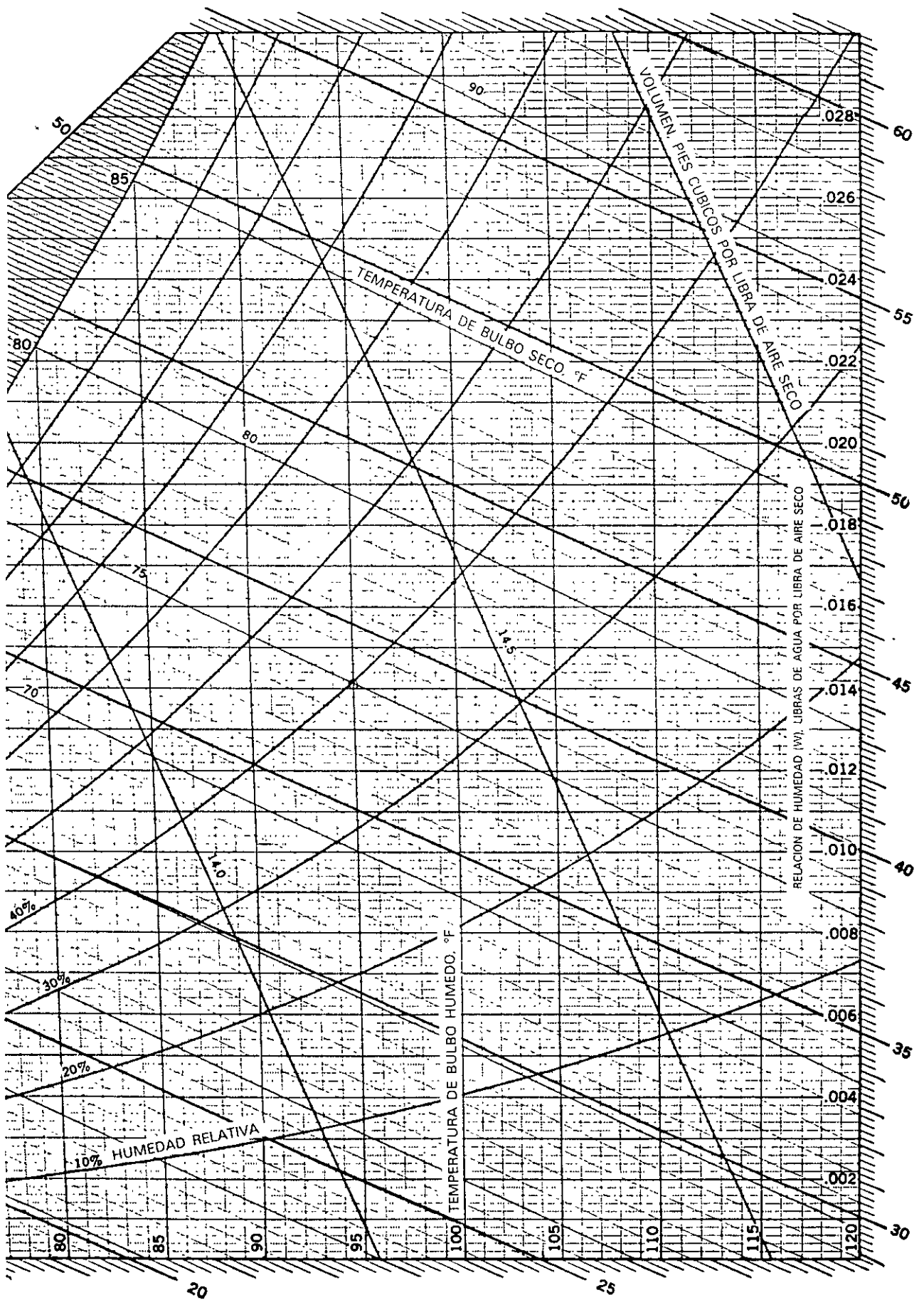


FIGURA B5-3 (Continuación)

ENTALPIA (h), BTU POR LIBRA DE AIRE SECO

sin aislamiento es una pérdida costosa e innecesaria de capacidad de la unidad.

22. Temperatura del aire que entra al serpentín exterior. Se debe tomar esa temperatura en un lugar directamente frente a la entrada al serpentín, pero a una distancia mayor que 15 cm de su superficie. En las unidades de flujo forzado, sería a la entrada del ventilador o soplador. En las de aire inducido, se debe tomar en distintos lugares y calcular el promedio. Por ejemplo, en los serpentines en forma de U, las indicaciones de temperatura se deben tomar a ambos lados y en el punto medio de la U. Se emplea el promedio de las tres temperaturas como temperatura del aire que entra.
23. Presión de descarga del compresor. Después que la unidad ha trabajado durante un período suficiente para que se establezcan las presiones de operación, se anota la presión de descarga. Si la unidad tiene una toma de presión en el tubo de descarga del compresor entre éste y la válvula reversible, se debe usar para anotar la presión de descarga. Si se usa la toma de presión en el tubo de líquido, alguna dificultad con las válvulas de retención que no funcionen en forma correcta puede dar falsas indicaciones de presión diferencial. A veces es necesario instalar una toma de presión en ese tubo. Algunos fabricantes ya suministran esa conexión.
24. Temperatura de condensación en el serpentín exterior. Al convertir la presión a temperatura (algunos manómetros ya lo hacen, y su escala es una tabla de presiones y temperaturas) se obtendrá esa temperatura para el refrigerante en el serpentín exterior. Esa temperatura, menos la del aire que entra al serpentín exterior, dará la "división" del serpentín en las condiciones de operación. Para juzgar la exactitud de la división, debe usted tener las especificaciones del fabricante para la unidad de que se trate.
25. Temperatura ambiente del serpentín exterior. Como se explicó en el punto 24, la temperatura de condensación menos la ambiente en el serpentín exterior dará la división del serpentín.
26. Subenfriamiento de líquido. Para obtener el grado de subenfriamiento del refrigerante líquido, se mide la temperatura de éste. Esta medida se debe hacer con el termómetro a no más de 15 cm de la salida de líquido del serpentín exterior. La temperatura del líquido restante de la de condensación debe dar el subenfriamiento. Como en las unidades normales de aire acondicionado, la mayor parte de las bombas térmicas trabajan mejor entre 18 y 20 °F de subenfriamiento.
27. Temperatura de descarga del serpentín exterior. Esta temperatura se debe anotar para determinar la capacidad de la unidad en el ciclo de enfriamiento. Al determinar la temperatura de descarga del aire en el serpentín exterior, se debe calcular un promedio de las indicaciones en varios lugares.

En las unidades exteriores que usan aire forzado (figura B5-4), se debe tomar una red de temperaturas. Como la cantidad de aire que pasa por las diversas

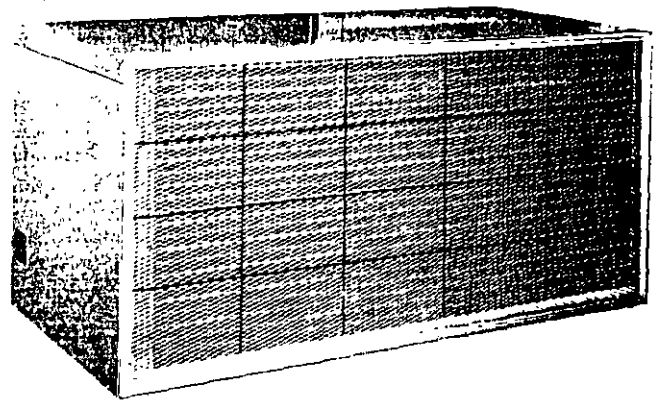


FIGURA B5-4 Unidad de aire forzado. (Cortesía de Addison Products Company)

secciones del serpentín exterior varía dependiendo de la posición del ventilador, el aumento de temperatura del aire también varía. Se marcan los puntos donde se tomará la temperatura en la salida del serpentín para obtener un promedio de temperatura tan exacto como sea posible. En la unidad que se ve en la figura se usarían 15 indicaciones de esa temperatura.

En unidades de aire inducido y descarga vertical, hay termómetros en las parrillas de descarga. Se debe hacer un mínimo de tres lecturas, y una de ellas siempre debe estar en el punto medio del serpentín exterior. Las demás se ubican a modo de dividir por igual el círculo (véase figura B5-5). Se obtiene el promedio de tres o más indicaciones. Esta temperatura menos la del aire que entra al serpentín, o sea la ambiente exterior, dará el aumento de temperatura a través del serpentín.

28. Pies<sup>3</sup>/min que pasan por el serpentín exterior. A menos que se use equipo complicado de prueba, es muy difícil determinar el volumen de aire a través de la unidad exterior. Esta información se puede tomar de la publicación del fabricante. La figura B5-6 muestra una tabla

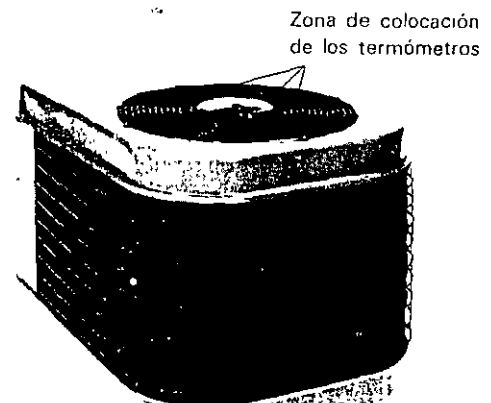


FIGURA B5-5 Unidad de aire inducido con descarga vertical (Cortesía de Addison Products Company.)

**FIGURA B5-6**

Especificaciones de la sección exterior

Modelo	Características eléctricas	Corriente nominal (Amp) (1)	Cable mínimo de campo (AWG) (2)	Long. máx de cable (pies) (3)	Tam. mín. de fusible (retardo)	Corriente al com- presor	Sup. de intercam. del conden. (pies <sup>2</sup> )	CFM por el vent. del conden	Motor del ventilador	Peso Embar. Neto
QH818-1D	1-60-230/208	11 1/11.8	14	33	20A	42	9 1	2670	PSC- $\frac{1}{4}$	166 192
QH824-1D	1-60-230/208	13 9/13 9	12	42	20A	53	9 1	2670	PSC- $\frac{1}{4}$	166 192
QH830-1D	1-60-230/208	17.2/17.2	10	48	25A	75	9 1	2670	PSC- $\frac{1}{4}$	189 215
QH836-1D	1-60-230/208	19.5/21 0	10	43	30A	81	9 1	3680	PSC- $\frac{1}{3}$	197 228
QH842-1D	1-60-230/208	23 0/23.0	10	35	35A	97	13 0	3620	PSC- $\frac{1}{3}$	242 297
QH848-1D	1-60-230/208	26 5/26 5	8	50	40A	118	13 0	3920	PSC- $\frac{1}{3}$	267 322
QH848-3D	3-60-230/208	19.0/19.0	10	40	30A	90	13 0	3950	PSC- $\frac{1}{3}$	267 322
QH860-1D	1-60-230/208	32 9/32 9	6	66	50A	139	13.0	4450	PSC- $\frac{1}{2}$	293 348
QH860-3D	3-60-230/208	20.4/20 4	10	34	30A	104	13.0	4450	PSC- $\frac{1}{2}$	293 348

(1) De acuerdo con condiciones de evaluación de norma ARI 240 (2) Sólo cable de cobre (3) Para mayores distancias aumente un número el calibre del conductor

Fuente Addison Products Company

de especificación de una unidad exterior. Los pies<sup>3</sup>/min del ventilador exterior (del condensador) aparecen en la tercera columna desde la derecha. Esta información se usa para determinar la capacidad de la unidad, lo cual se explicará en la sección B5-2.5.

para acondicionamiento de aire durante invierno y verano), y el Manual H. *Heat Pump Equipment Selection and Application* (Selección y aplicación de equipos de bombas térmicas), publicados por Air-Conditioning Contractors of America (ACCA), 1228 17th Street N. W., Washington, D. C. 20036.

Sin embargo, es necesario estar seguros que la bomba térmica está entregando la capacidad nominal para emplear tanto como sea posible sus ventajas en el costo de operación. Se debe revisar la unidad y anotar la información aún cuando algo de ella se aplique a algunas partes distintas del sistema.

La parte de información que se aplica al ciclo tanto de calefacción como de enfriamiento, puntos 1 a 12, no se repetirá aquí. Se marcarán otros puntos en la parte restante de la lista que no se aplican al ciclo de calefacción o que tienen aplicación limitada.

13. Temperatura del aire de retorno en la parrilla correspondiente. En el ciclo de calefacción el aumento de temperatura a través del serpentín interior, que ahora es el condensador, es lo importante. La humedad relativa tiene tan poco efecto sobre el funcionamiento del serpentín interior que no se toma en cuenta.
14. Temperatura de aire de retorno en el serpentín interior. Un método de determinar la hermeticidad y la calidad del aislamiento en el sistema de retorno de aire es la medición de la temperatura de ese aire. Un aumento de más de 3 °F (1.5 °C) quiere decir que se debe revisar y corregir el sistema.
15. Temperatura de aire de suministro que sale del serpen-

#### B5-2.4

#### Operación-ciclo de enfriamiento

Después que la unidad se ha revisado y ajustado en forma adecuada, se puede determinar la eficiencia de operación del sistema. Trabajando como unidad de aire acondicionado, en el ciclo de enfriamiento, se puede determinar la capacidad neta con el mismo método que se describió en la sección A17-5. Se debe repasar el capítulo A17 completamente para comprender con más claridad la operación de una bomba térmica aire a aire en el ciclo de enfriamiento.

#### B5-2.5

#### Pruebas al arranque-ciclo de calefacción

Como la unidad está dimensionada para la carga de enfriamiento, podrá no alcanzar a manejar la carga de calefacción. Si éste es el caso, es necesario un suministro auxiliar de calor para dar el nivel de confort necesario en el recinto ocupado. Para el cálculo de las necesidades de calefacción, así como para aplicaciones adecuadas de las bombas térmicas, consulte el Manual J, *Load Calculation for Winter and Summer Air Conditioning* (Cálculo de carga

tín interior. Esta medición de temperatura y la del aire del serpentín interior dan una indicación de la eficiencia del sistema. Como el trabajo de una bomba térmica varía con la temperatura exterior, baja a medida que baja esa temperatura. No se puede usar un solo aumento de temperatura para calificar la eficiencia. La cantidad de aire que pasa por este serpentín también influye para determinar el aumento de temperatura. En general, no se toma en cuenta la temperatura del aire que sale, a menos que sea demasiado alta, lo cual podría originar una alta presión diferencial y el paro de la unidad por alta presión.

La mayor parte de las bombas térmicas trabajan con una temperatura de aire a la salida del serpentín interior de 100 a 105 °F (38 a 40 °C) a 70 °C a la intemperie, hasta 80 a 85 °F (24 a 29 °C) interiores con -10 °F (-23 °C) exteriores. Si el aumento de temperatura a través del serpentín está entre los límites especificados por el fabricante y la unidad entrega los Btu/h nominales, se puede suponer que está trabajando en forma adecuada. La prueba final de cantidad de aire se debe hacer durante la siguiente estación con enfriamiento.

16. Temperatura de aire de suministro en el registro. Como en el enfriamiento, cualquier pérdida de calor en el sistema significa mayor costo de operación. Una pérdida de 3 °F (1.5 °C) en un sistema con combustible fósil, con 80 °F (44 °C) de aumento de temperatura, sólo representa una pérdida de 3.75%. Sin embargo, esa misma pérdida en un sistema de bomba térmica es el 10% de 70 °F (21 °C) y 20% a -10 °F (-23 °C) en el exterior. Es necesidad absoluta tener un ducto hermético y bien aislado.
17. Temperatura del tubo de succión en la salida del serpentín exterior a la succión. El serpentín exterior es ahora el evaporador. Para determinar el sobrecalentamiento de operación del ciclo de calefacción, se mide la temperatura del tubo de salida del serpentín exterior. Se debe tomar la indicación de temperatura a menos de 15 cm de la salida del serpentín.
18. Presión de succión del compresor. Con el manómetro compuesto conectado a la conexión que está en el tubo de succión entre la válvula reversible y el compresor, se lee la presión de succión en operación. Como hay un acumulador y válvula reversible en el circuito entre el serpentín exterior (en el ciclo de calefacción es el evaporador) y el compresor, la presión de succión indicada puede quedar entre 5 a 15 psig menos que la presión real del serpentín. Por lo tanto, esta indicación no es exacta a menos que se encuentre una gran diferencia. Se usa ésta para analizar los problemas del sistema.
19. Punto de ebullición del refrigerante. Al convertir la presión de succión a una temperatura de punto de ebullición se obtendrá el punto de ebullición operativo del serpentín. Esto se hace después de tomar en cuenta los límites de caída de presión

20. Sobrecalentamiento en el serpentín exterior. Al restar el equivalente de temperatura de la presión de operación del serpentín, de la temperatura de salida de éste, se determinarán los límites de sobrecalentamiento bajo las condiciones de operación. Como la caída de presión a través del acumulador y válvula reversible será mayor a 60 °F (15 °C) exteriores que a 0 °F (-18 °C) exteriores, el error en el sobrecalentamiento será mayor a los 60 °F.
21. Temperatura del tubo de succión en el compresor. Esta temperatura no es importante, porque es mayor que la de la salida del serpentín sólo a causa del calor que se ganó en el acumulador y la válvula reversible. La única importancia es la diferencia mínima. Si las dos temperaturas son muy cercanas, el sobrecalentamiento del serpentín es bajo o no existe porque sale líquido del serpentín. Este líquido podría ser suficiente para llenar el acumulador e inundar la válvula reversible.
22. Temperatura del aire que entra al serpentín exterior. Es la temperatura ambiente, y es importante para determinar la capacidad nominal de la unidad. La figura B5-7 muestra las capacidades nominales a diversas temperaturas exteriores entre 70 y -10 °F (21 y -23 °C). Se dan la capacidad de calefacción en Btu/hr y el COP (coeficiente de desempeño). Esto se usa para determinar el tamaño de la unidad cuando se aplica a determinado trabajo, al igual que para comparar los resultados de una prueba de operación.
23. Presión de descarga del compresor. Esta presión refleja el estado del filtro en la unidad interior, y también el estado del serpentín y del sistema de distribución de aire. Cualquier cosa que afecte la cantidad de aire a través del serpentín interior se reflejará en la presión de descarga del compresor.  
Si la unidad tiene una toma de presión entre la salida de la descarga y la válvula reversible (algunos fabricantes la ponen), la indicación de presión de descarga en ese punto ayuda a diagnosticar problemas en la válvula de retención del serpentín interior.  
Si la presión de descarga del compresor se mide en el tubo de líquido, se debe medir al mismo tiempo el consumo de corriente en amperes. Esto se describe más adelante en el capítulo B6.
24. Temperatura de condensación en el serpentín interior. Para determinar la cantidad de sobreenfriamiento en el ciclo de calefacción, se convierte la presión de descarga del compresor a temperatura de condensación. Esta temperatura también se usa junto con la temperatura del aire que entra al serpentín interior para determinar la división de ese serpentín.
25. Temperatura ambiente para el serpentín interior. En este modo de operación, esta temperatura y la del aire de retorno son iguales.
26. Subenfriamiento del líquido. La temperatura de condensación del refrigerante menos la temperatura del refrigerante líquido que sale del serpentín interior es el subenfriamiento. La temperatura del líquido se debe

**FIGURA B5-7**  
Capacidades en calefacción

Modelo	Temperatura ambiente exterior (°F BS)																	
	-10°		0°		10°		20°		30°		40°		50°		60°		70°	
	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP	BTUH	COP
QH824/AH65HD	7200	1.27	9100	1.46	11200	1.68	13500	1.92	17000	2.20	21800	2.44	25900	2.73	29200	2.82	30900	2.98
QH830/AH65HE	10200	1.3	12200	1.5	16300	1.8	19900	2.1	24000	2.35	29500	2.65	34000	2.9	36900	3.1	38500	3.2
QH386/AH68HF	16200	1.35	18700	1.6	21400	1.85	25000	2.08	29500	2.35	35000	2.6	40000	2.85	43500	3.0	46000	3.1
QH842/AH68HG	18000	1.3	20500	1.55	24000	1.8	28000	2.05	33000	2.35	39000	2.65	45500	2.9	50500	3.05	53000	3.2
QH848/AH68HH	19500	1.3	23000	1.55	27000	1.75	31500	2.0	37000	2.25	43500	2.5	50000	2.75	56000	2.95	60000	3.05
QH860/AH68HK	2200	1.2	27000	1.4	33000	1.6	40000	1.9	50000	2.2	60500	2.55	71500	2.85	79000	3.05	83500	3.15

(1) A flujo de aire normal de calibración a 70 °F de temperatura de entrada

Fuente: Addison Products Company

**FIGURA B5-8**  
Especificaciones de la sección interior

Modelo	Motor del soplador	CFM POR EL SERPENTIN EVAPORADOR (1)								PESO	
		@ LAS PRESIONES ESTATICAS EXTERNAS (PULG DE AGUA)								Neto	Embar.
		.10	.15	.20	.25	.30	.40	.50			
AH65HD	$\frac{1}{4}$	870	840	810	780	750	690	620	113	128	
AH65HE	$\frac{1}{2}$	1260	1240	1220	1195	1170	1100	1025	121	136	
AH68HF	$\frac{1}{2}$	1410	1380	1350	1310	1290	1220	1150	158	173	
AH68HG	$\frac{3}{4}$	1760	1740	1720	1685	1650	1575	1450	155	170	
AH68HH	$\frac{3}{4}$	1870	1845	1830	1790	1750	1690	1590	160	175	
AH68HK	$\frac{3}{4}$	1870	1845	1830	1790	1750	1690	1590	170	186	

(1) Como el filtro se proporciona con la unidad presión estática a la entrada disponible para ductos y parrillas

Fuente: Addison Products Company

medir a menos de 15 cm de la salida del serpentín. En general hay una conexión inmediatamente a la salida del serpentín de la caja. La mayor parte de las bombas térmicas que tienen un subenfriamiento de 18 a 20 °F (10 a 11 °C) en el ciclo de enfriamiento trabajan con un subenfriamiento de 13 a 15 °F (7 a 8 °C) en el ciclo de calefacción.

27. Temperatura de descarga del serpentín interior. Es la temperatura de suministro de aire de la unidad en la zona acondicionada. Esta indicación de temperatura, junto con la temperatura ambiente para el serpentín interior, dan el aumento de temperatura del aire a través del serpentín interior. Esta información es útil para comprobar las temperaturas de operación del aire y también para determinar la cantidad de aire que pasa por el serpentín.

28. Pies<sup>3</sup>/min por el serpentín interior. Se puede determinar este flujo mediante medidas de presión estática o una prueba con calor auxiliar. Si el calor auxiliar es de elementos de resistencia eléctrica, el proceso es muy sencillo. Si el calor auxiliar procede de combustible fósil, el proceso es más complicado y se aconseja usar el método de presión estática.

a. Para usar el método de la presión estática, se deben conocer las características de funcionamiento de la unidad. Todos los fabricantes publican esta información en sus especificaciones, porque se necesita para aplicar en forma satisfactoria su unidad al sistema de ductos de distribución de aire. La figura B5-8 muestra los pies<sup>3</sup>/min que entrega una unidad contra la presión estática total externa a la unidad. Al medir la presión de suministro y presión de retorno, y sumarlas, se calcula la presión estática. El número de modelo de caja da el tamaño de soplador y el caballaje del motor. Siguiendo el renglón del número de modelo de caja y la columna de la presión estática externa, los pies<sup>3</sup>/min que pasan por el serpentín aparecen en el cruce del renglón y la columna. Por ejemplo, si una unidad AH68F tiene una presión estática externa de 0.25 pulg. de columna de agua, la cantidad de aire que pasa por ella es 1310 pies<sup>3</sup>/min.

b. Si no se dispone de la tabla característica de pies<sup>3</sup>/min con el fabricante, se puede usar el método de aumento de temperatura con calor auxiliar.

- 1) Haga trabajar el sistema en la segunda etapa del termostato apagando la corriente a la unidad externa y ajustando el termostato tan alto como se pueda.
- 2) Con termómetros en el aire de suministro y el de retorno, haga trabajar la unidad hasta que se establezcan las temperaturas en ellos.
- 3) Mientras espera que se establezcan los termómetros, mida el voltaje en las terminales de la unidad auxiliar y el paso total de amperes del conjunto de calefactores.
- 4) Después de medir los volts, amperes y eleva-

ción de temperatura del aire, se usa la fórmula siguiente para determinar los pies<sup>3</sup>/min:

$$\text{pies}^3/\text{min} = \frac{\text{volts} \times \text{amperes} \times 3.414/\text{watts}}{\Delta T \text{ } ^\circ\text{F del aire a través del serpentín} \times 1.08}$$

Los volts multiplicados por los amperes son los watts que toman los elementos. Como es una carga de resistencia (resistiva), no interviene factor de potencia alguno. Estos watts por 3.414/W son los Btu/hr que entrega la unidad al aire. Esto entonces se transforma en la fórmula normal de manejo de aire:

$$\text{pies}^3/\text{min} = \frac{\text{Btu/hr}}{\Delta T \text{ } ^\circ\text{F} \times 1.08}$$

Con ella se obtienen los pies<sup>3</sup>/min a través del serpentín interior, en calefacción y enfriamiento.



B5-2 6

**Capacidad neta en enfriamiento**

Para calcular la capacidad neta en el ciclo de enfriamiento se usa el mismo método que se explicó en la sección A17-5. La bomba térmica en ciclo de enfriamiento se valoriza igual que una unidad de aire acondicionado de acuerdo con la norma ASHRAE 210/240-84, "Unitary Air-Conditioning and Air Source Heat Pump Equipment" (Equipo unitario de acondicionamiento de aire y bomba térmica con suministro de aire).



B5-2 7

**Capacidad bruta en calefacción**

En el ciclo de calefacción, la cantidad de calor del serpentín interno es la capacidad nominal de la unidad. Esta cantidad de calor consiste en el calor tomado en el serpentín externo (la capacidad neta) más el calor de la energía eléctrica que entra al compresor y al motor del soplador (la entrada de calor a los motores).

Para calcular la capacidad bruta sólo es necesario conocer los pies<sup>3</sup>/min de aire a través del serpentín interno y el aumento de temperatura en el aire que se origina por el funcionamiento del sistema. Los pies<sup>3</sup>/min se obtienen siguiendo el proceso delineado en el punto 29. Después de haberlos calculado y estando trabajando la unidad en ciclo de calefacción hasta que se hayan estabilizado los termómetros de aire de suministro y de retorno, se usa la fórmula normal del aire para calcular la capacidad de calefacción de la unidad:

$$\text{Btu/hr} = \text{pies}^3/\text{min} \times \Delta T \text{ } ^\circ\text{F} \times 1.08$$



**OPERACION DUAL LIQUIDO A AIRE**

La lista de comprobación para operación dual líquido a aire es la misma que la de operación dual aire a aire, con la excepción de los siguientes puntos:

- 22. Temperatura del líquido que entra al serpentín de líquido a refrigerante
- 27. Temperatura del líquido que sale del serpentín de líquido a refrigerante.
- 28. Peso del líquido que pasa por el serpentín de líquido a refrigerante
- 29. Calor específico del líquido que pasa por el serpentín de líquido a refrigerante (Btu/lb).<sup>1</sup>

El proceso de comprobación de la unidad líquido a aire es exactamente el mismo que para el sistema aire a aire en lo que respecta a la operación del serpentín interior y el sistema de flujo de refrigerante. La variación reside en el ajuste y prueba del serpentín de líquido a refrigerante.

**Ciclo de enfriamiento líquido a aire**

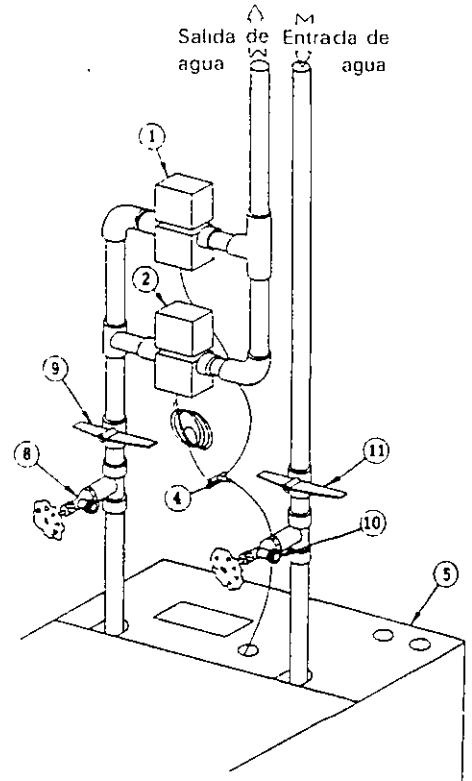
En el ciclo de enfriamiento, el serpentín líquido a refrigerante es el condensador enfriado por líquido. Como la mayor parte de ellos emplean agua como receptor de calor para enfriamiento o como fuente de calor para calefacción, usaremos agua en la descripción de estas unidades. Esto no quiere decir que sólo se usa agua en este tipo de unidad. Esas unidades se han usado con soluciones glicol-agua de recipientes de almacenamiento con calefacción solar, al igual que con aceite y sustancias químicas líquidas de fuentes de calor de desecho. Lo único que se debe conocer es el calor específico (Btu/lb) para poder aplicar esta descripción.

En las unidades líquido a aire el flujo de líquido a través del serpentín de líquido a refrigerante se controla mediante dos válvulas de regulación de flujo. Esas válvulas se conectan con el tubo de vapor entre el serpentín y la válvula reversible.

Una de las válvulas es de presión máxima, que se abre cuando aumenta la presión, y la otra es de presión mínima, que se abre al disminuir la presión. La figura B5-9 muestra un entubado típico de las válvulas, las válvulas de cierre y las de prueba en una unidad. Las válvulas de regulación de agua (Nº 1 y 2) se conectan con una te (4) y después al tubo de vapor de la unidad (5) para aislarla con fines de prueba y mantenimiento. Se instalan válvulas manuales de cierre en el lado de entrada del serpentín (11) y el de salida (9) antes de las válvulas de regulación.

Se instalan otras válvulas manuales entre las anteriores

<sup>1</sup> N del T.: Se recuerda al lector que el calor específico tiene el mismo valor en Btu/lb que en Cal/kg.



**FIGURA B5-9** Válvulas y tuberías de una unidad de líquido a aire (Cortesía de Bard Manufacturing Company)

y la unidad en el ramal de las tes. Esas válvulas (8 y 10) se usan para instalar manómetros para indicar las condiciones de flujo del serpentín de líquido. Esto se describe en el capítulo B6.

Para ajustar la unidad en el ciclo de enfriamiento, la caída de temperatura a través del serpentín interior es la misma que para una unidad aire a aire. Se determina la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa del aire que entra al serpentín interior, el aire de retorno, y se ajusta la  $\Delta T$  °F a través del serpentín de acuerdo a la caída de temperatura del aire en la gráfica para varias cargas (figura B5-2).

La presión de descarga del compresor se ajusta regulando la cantidad de líquido a través del serpentín de líquido a refrigerante. El ajuste más común es igual que en las unidades enfriadas por agua, 81 °F de temperatura de condensación. A esa temperatura, la presión de descarga del compresor sería 126.6 psig para R-11, 210.8 psig para R-22 y 231.7 psig para R-502.

**Capacidad neta en enfriamiento**

Para determinar la capacidad neta en el ciclo de enfriamiento, el proceso es igual que para la unidad de aire a aire, a excepción del cálculo de la capacidad bruta de la unidad.

=====  
 B5-3.3  
 Capacidad bruta en enfriamiento

Para calcular la capacidad bruta de la unidad, se usa la siguiente fórmula

$$\text{Btu/hr bruta} = \text{gal/hr} \times \text{lb/gal} \times \text{calor específico} \times \Delta T \text{ } ^\circ\text{F}$$

en la cual

Btu/hr bruta = cantidad total de calor que se rechaza del sistema; esa capacidad consiste en el calor tomado en el serpentín interior más el calor que entra al motor

gal/hr = cantidad de líquido que pasa por el serpentín en 1 hora; esta cantidad se mide normalmente en gal/min, y el resultado se multiplica por 60

lb/gal = libras de líquido por galón empleado, para el agua, lb/gal es 8.33

calor específico = cantidad de calor en Btu que se necesita para cambiar la temperatura de 1 lb del líquido 1 °F; el calor específico del agua es 1

$\Delta T \text{ } ^\circ\text{F}$  = cambio de temperatura en el líquido entre la entrada y la salida del serpentín

Por ejemplo, si el flujo del agua es 4 gal/min y el aumento de temperatura es 16 °F, la capacidad bruta sería

$$\text{Btu/hr} = 4 \times 60 \times 8.33 \times 1 \times 16 = 31.987 \text{ Btu/hr}$$

=====  
 B5-3.4  
 Consumo del motor

Al igual que para la unidad de aire a aire, o la unidad sólo de aire acondicionado, el consumo del motor es la cantidad de energía eléctrica que usa la sección de condensación de la unidad. El voltaje medido en el contactor del compresor por el amperaje tomado por el factor de potencia y por 3.414 Btu/W es el consumo del motor.

$$\text{consumo del motor, Btu/hr} = \text{volts} \times \text{amperes} \times \text{FP} \times 3.414 \text{ Btu/W}$$

El factor de potencia de un motor de marcha con capacitor se supone será 90% o 0.9. Suponiendo que el voltaje aplicado fuera de 232 V y el compresor tomara 16A, el consumo de Btu/hr del motor sería

$$\text{consumo del motor, Btu/hr} = 232 \text{ V} \times 12 \text{ A} \times 0.9 \text{ FP} \times 3.414 \text{ Btu/W}$$

En este caso, el consumo del motor sería 11,405 Btu/hr

=====  
 B5-3.5  
 Capacidad neta de la unidad

La capacidad bruta de la unidad menos el consumo del motor es la capacidad neta. En el ejemplo:

Capacidad bruta de la unidad	31,987 Btu/hr
menos consumo del motor	<u>11,554 Btu/hr</u>
Capacidad neta de la unidad	20,433 Btu/hr

Siempre que la capacidad neta de la unidad sea  $\pm 5\%$  de la capacidad nominal, su operación es satisfactoria

=====  
 B5-3.6  
 Capacidad bruta en calentamiento

La salida de calefacción, la salida nominal, es la capacidad bruta de la unidad. Esta salida de calefacción es igual a la cantidad de calor eliminado del líquido a través del serpentín exterior más el calor del motor. Por lo tanto, esta capacidad de calefacción se puede medir con uno de los siguientes dos métodos:

1. En forma directa empleando los pies<sup>3</sup>/min a través del serpentín interior y el aumento de temperatura del aire a través de ese serpentín (véase sección B5-3).
2. En forma indirecta, midiendo la capacidad neta del serpentín de líquido a refrigerante y sumando el calor que entra al motor.

Para obtener la cantidad de calor absorbido del líquido que pasa por el serpentín externo, se usaría la fórmula que se empleó en la sección B5-3.3, con la única diferencia que se usaría una caída de temperatura en lugar de un aumento de temperatura.

$$\text{capacidad neta, Btu/hr} = \text{gal/hr} \times \text{lb/gal} \times \text{calor específico} \times \Delta T \text{ } ^\circ\text{F}$$

en la cual

capacidad neta, Btu/hr = cantidad de calor tomada por el líquido que pasa por el serpentín de líquido a refrigerante.

gal/hr = cantidad de líquido en galones por hora; esta cantidad se mide generalmente en galones por minuto, y se multiplica por 60; si se usan recipiente y báscula, se mide en forma directa la cantidad en libras por hora.<sup>2</sup>

lb/gal = cantidad de galones por hora

<sup>2</sup> N. del T. Cuando la báscula está en kilogramos, para obtener libras se multiplican los kilogramos por 2.207

multiplicados por el peso del líquido por galón: para el agua, el peso es 8.33 lb/galón.

calor específico = cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura de 1 lb de agua 1 °F. El calor específico del agua es 1

$\Delta T$  °F = caída de temperatura del agua al pasar por el serpentín, es la temperatura del agua que entra menos la del agua que sale

Si, por ejemplo, el flujo de la unidad en ciclo de calefacción fuera 5 gal/min  $\times$  60 o sea 300 gal/hr, con una caída de 9 °F de temperatura, la capacidad neta de la unidad serían 22,491 Btu/hr

$$22,491 \text{ Btu/hr} = 5 \text{ gal/min} \times 60 \text{ min} \times 8.33 \text{ lb/gal} \times 9 \text{ °F } \Delta T$$

El consumo del motor se mide y se calcula como se describió en la sección B5-5.2. Si la unidad de nuestro ejemplo tuviera un paso de corriente de 11 A a 232 V, el total de la capacidad neta (22,491 Btu/hr) y el consumo del motor (7841 Btu/hr) sería 30,332 Btu/hr, que es la capacidad bruta o nominal de la unidad

#### B5-4 **OPERACION SENCILLA AIRE A AIRE**

Algunos fabricantes venden una unidad de operación sencilla aire a aire sólo con ciclo de calefacción. Esas unidades no tienen válvulas reversibles, pero sí tienen sistemas de control de desescarchado. El arranque, pruebas y operación de esos sistemas sería el mismo que para una unidad dual operando en ciclo de calefacción. La única diferencia es que el tubo grande de vapor del compresor al serpentín interior es siempre el tubo de gas caliente, y se elimina la caída de presión a través de la válvula reversible. Para ver la explicación del arranque, revisión y operación, repase la operación en ciclo de calentamiento de las unidades de operación dual en la sección B5-2.

#### B5-5 **OPERACION SENCILLA LIQUIDO A AIRE**

Al igual que la unidad que se describió en la sección anterior, la de líquido a aire es un sistema sólo de calefacción. No se tiene válvula reversible y no se necesitan controles de desescarchamiento. El arranque, revisión y operación de estos sistemas se describe en la parte de calefacción de la sección B5-3.

#### B5-6 **OPERACION SENCILLA AIRE A LIQUIDO**

Estos sistemas de bomba térmica sólo de calefacción se encuentran principalmente en el mercado doméstico y de unidades comerciales pequeñas. Por ejemplo, en la figura B5-10 se muestra una unidad tipo de adosar. Está diseñada para conectarse directamente con el sistema de agua caliente doméstica. Con tubos flexibles de plástico (donde lo permitan los reglamentos locales), el sistema emplea la válvula normal de alivio de presión y el lugar normal de la válvula de drenado del calentador de agua. En algunos lugares se pide emplear tubo de cobre o de acero galvanizado. La figura B5-11 muestra una instalación donde se usan manguetas flexibles que se proporcionan con la unidad. Esas unidades se fabrican con un sistema de refrigeración completamente sellado siguiendo las mismas directrices que los acondicionadores de aire de ventana. No es posible medir cómodamente las presiones de succión y descarga, ni es necesario hacerlo. Como la salida, o capacidad bruta, es la rapidez a la cual calienta agua, sólo es necesario medir el tiempo que tarda en elevar la temperatura de una cantidad determinada de agua. Por ejemplo, si la unidad calienta agua de un tanque de calentador de 30 galones, de 55 °F a 120 °F en 2 horas y 20 minutos, la capacidad de la unidad es 6961 Btu/hr. Este resultado se debe aproximar a  $\pm$  10% de la capacidad de placa. La capacidad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{capacidad bruta} = \frac{\text{cantidad} \times 8.33 \times (T \text{ °F apagado} - T \text{ °F encendido})}{\text{tiempo (min)}}$$

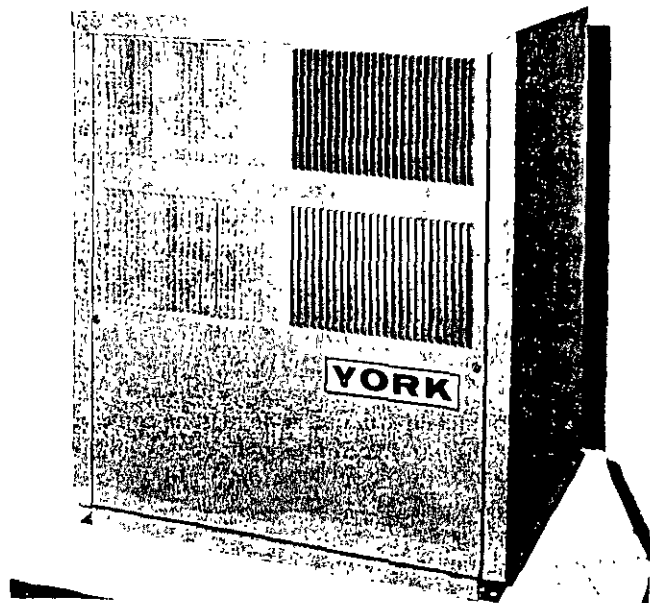
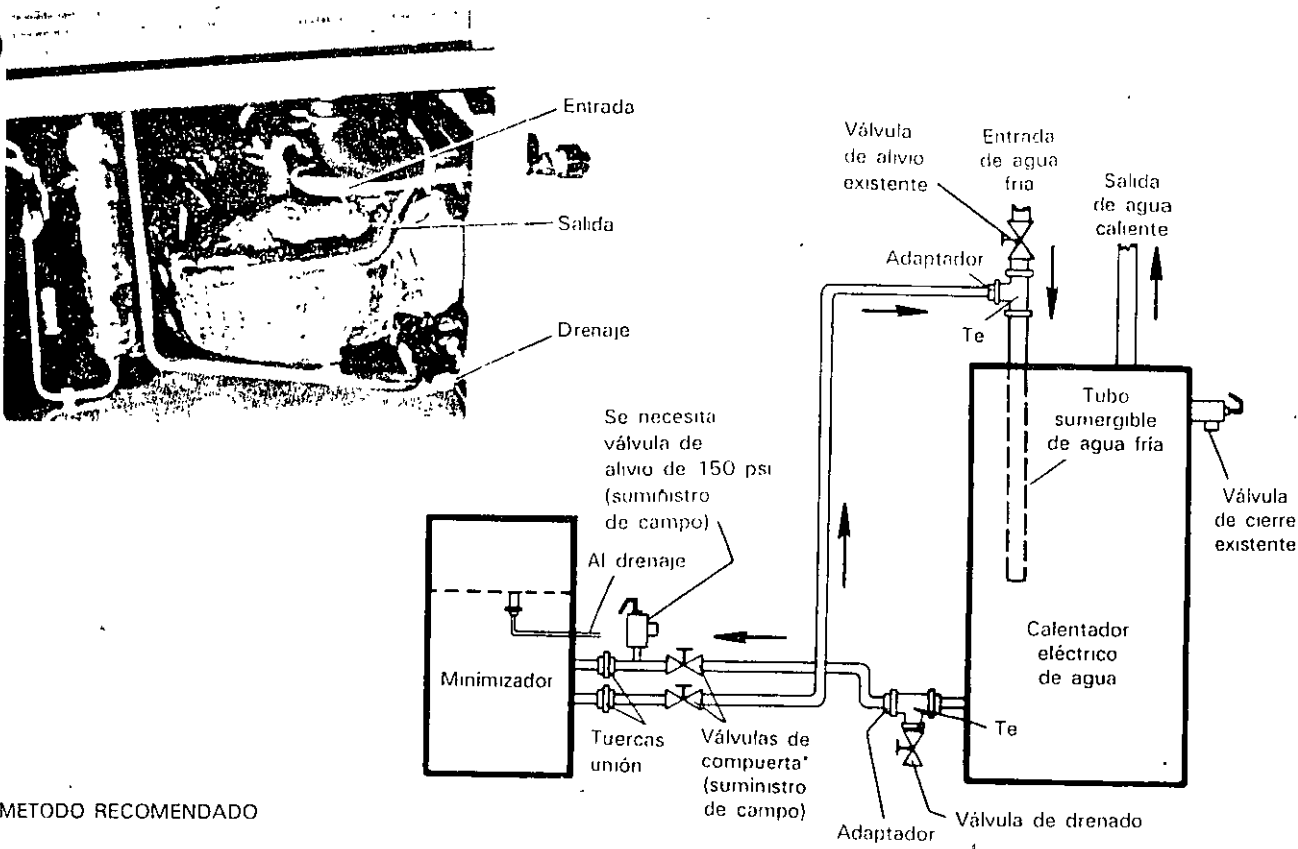


FIGURA B5-10 Bomba térmica para calentar agua (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc.)

# TUBERIAS DE CAMPO



METODO RECOMENDADO

NOTA: Estas válvulas de cierre permiten dar servicio y/o limpieza al minimizador sin vaciar el tanque del calentador de agua.

FIGURA B5-11 Tuberías de campo (Cortesía de Borg-Warner Central Environmental Systems, Inc)

en la cual

capacidad bruta = cantidad de calor total que la unidad está agregando al agua durante una hora; es la capacidad nominal de la unidad.

cantidad = cantidad de agua que se va a calentar; se debe tener cuidado para evitar tomar agua del tanque durante el período de prueba.

8.33 = libras de agua por galón

$T$  °F apagado = temperatura del agua en la salida de suministro cuando la unidad se apaga con su control interconstruido.

$T$  °F encendido = temperatura del agua antes de iniciar la prueba, en la salida de suministro.

60 = minutos por hora; es necesario calcular la capacidad de la unidad en

Btu/min para convertirla entonces en Btu/hr.

tiempo, min = tiempo que tarda la unidad en elevar la temperatura del agua.

El procedimiento de cálculo sería el siguiente: 30 galones (capacidad del tanque) por 8.33 es igual a 249.9 lb de agua en el tanque. La temperatura de apagado de 120 °F menos la temperatura de encendido de 55 °F es igual a 65 °F de aumento de temperatura. La capacidad total de la unidad es  $249.9 \times 65 = 16,243.5$  Btu.

Para calcular la capacidad en Btu/hr se divide la capacidad total entre el número de minutos que tarda en entregar los 16,243.5 Btu. Esto da como resultado Btu/min.

$$\frac{16,243.5 \text{ Btu}}{2 \text{ hr} + 20 \text{ min} = 140 \text{ min}} = 116.025 \text{ Btu/min}$$

Las Btu/hr se calculan entonces multiplicando por 60 las Btu/min:

Btu brutos/hr = 116 025 Btu/min  $\times$  60 = 6961.5 Btu/hr

Cualquier problema que tengan las unidades de este tipo que

reduzca la capacidad bruta ocasionará un tiempo prolongado de funcionamiento para completar la capacidad nominal. Esto se describe en el siguiente capítulo.

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- B5-1.** Para comprobar la capacidad de operación de una unidad aire a aire o líquido a líquido, ¿qué se debe determinar primero?
- B5-2.** El voltaje aplicado a una bomba térmica es el nominal más o menos \_\_\_\_\_ %.
- B5-3.** Una bomba térmica aire a aire se puede comprobar en los modos de calefacción o enfriamiento, independientemente de las condiciones exteriores. ¿Cierto o falso?
- B5-4.** Una bomba térmica líquido a aire se puede comprobar en los modos de calefacción o enfriamiento, independientemente de las condiciones exteriores. ¿Cierto o falso?
- B5-5.** ¿Con qué frecuencia se deben cambiar los filtros desechables en los sistemas de bombas térmicas?
- B5-6.** ¿Con qué frecuencia se deben cambiar los filtros electrónicos?
- B5-7.** Cuando se pone en marcha la unidad, el voltaje en la unidad cae 12 V y en el tablero de distribución baja 9 V. ¿Cuál es el problema?
- B5-8.** Al ajustar la caída de temperatura a través de la unidad en el modo de enfriamiento, ¿se necesitan distintas caídas de temperatura para las bombas térmicas en comparación de las de los sistemas de aire acondicionado?
- B5-9.** El aumento máximo permisible de temperatura del aire en el ducto de retorno es \_\_\_\_\_ °F
- B5-10.** Para determinar el sobrecalentamiento del evaporador en el modo de calefacción, ¿dónde se debe fijar el termómetro para tomar la temperatura en el tubo de succión?
- B5-11.** El aumento en la temperatura del gas en la succión, en modo de enfriamiento, no debe ser mayor que 10 °F. ¿Por qué?
- B5-12.** ¿Cuál es el mejor lugar para obtener los pies<sup>3</sup>/min de aire a través de la parte exterior de una unidad aire a aire?
- B5-13.** Independientemente de la temperatura exterior de una unidad aire a aire, la temperatura del aire de suministro a la zona acondicionada permanecerá constante. ¿Cierto o falso?
- B5-14.** Independientemente de la temperatura exterior en una unidad líquido a aire, la temperatura del aire de suministro a la zona acondicionada permanecerá constante. ¿Cierto o falso?
- B5-15.** En el modo de calefacción, ¿en cuál serpentín se debe medir el subenfriamiento de líquido?
- B5-16.** Para una unidad con calor eléctrico auxiliar, ¿cuál es la fórmula para calcular los pies<sup>3</sup>/min que pasan a través del serpentín interior?
- B5-17.** En el modo de calefacción, ¿es la capacidad nominal de la unidad la capacidad bruta o la neta?
- B5-18.** ¿La capacidad calculada en calentamiento se forma de qué fuente de calor?
- B5-19.** ¿Cuál es la capacidad de enfriamiento de una unidad líquido a aire que use 8 gal de agua/min con 12 °F de aumento de temperatura, si la unidad toma 16A a 240 V?
- B5-20.** Calcular la capacidad de calefacción de una bomba térmica aire a líquido que caliente 40 gal de agua de 70 °F a 135 °F en 3 horas y 20 minutos.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

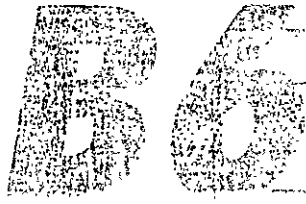
### **TEMA**

#### **B 6 SERVICIO A BOMBAS TÉRMICAS Y ANÁLISIS DE PROBLEMAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**



# Servicio a bombas térmicas y análisis de problemas

B6-1

## GENERALIDADES

La mayor parte de los problemas de las bombas térmicas se encuentran en los sistemas de refrigeración y circulación de aire. Los del sistema de refrigeración que no son los puntos exclusivos de las bombas térmicas se describen en los capítulos R24 a R26. Los problemas del sistema de aire se describen en los capítulos A16 a A18. En esos seis capítulos, se describen los equipos de prueba que se usan en las tres categorías. Las bombas térmicas se incluyen en esas listas porque se aplican a las partes de refrigeración y manejo de aire del sistema, con algunas excepciones, que serían:

1. Juego de manómetros y cabezal. Si bien para aire acondicionado o refrigeración sólo se necesitan dos manómetros, se requiere un mínimo de tres para una bomba térmica. Los manómetros son: uno compuesto para vacío y presión, y dos sencillos de 0 a 500 psig para medir la presión de tubo de descarga y de tubo de vapor. Algunos fabricantes han agregado una toma de presión en el tubo de gas caliente que sale del compresor, con lo que se requiere un tercer manómetro directo. Esto indica que necesitamos cuatro manómetros. La cuarta toma facilita mucho el análisis de problemas, y se debería usar.
2. Ocho termómetros más un psicrómetro de honda para medición de temperatura de refrigerante y de aire.
  - a. Temperatura del aire que sale del serpentín interior.
  - b. Temperatura del tubo de succión en el tubo central de la válvula reversible.
  - c. Temperatura del tubo de succión entre el serpentín

que funciona como evaporador y la válvula reversible. Este lugar cambia cuando cambia el ciclo de calefacción a enfriamiento, y viceversa.

- d. Temperatura de tubo de líquido a la salida del serpentín que trabaje como condensador. Al igual que el termómetro en la entrada del tubo de succión a la válvula reversible, este termómetro alternará entre la salida del serpentín interior y exterior, dependiendo del funcionamiento en el ciclo de calefacción o enfriamiento. En ambos casos, el termómetro debe estar a menos de 16 cm de la salida del serpentín y bien aislado.
- e. Temperatura del aire que entra al serpentín exterior. Será la del aire que entra al condensador en el ciclo de enfriamiento, o al evaporador en el ciclo de calefacción. Se puede usar el psicrómetro de onda para medir la temperatura.
- f. Tres o más termómetros colocados en el lado de descarga del serpentín exterior para medir el promedio de la temperatura del aire que sale. El objeto es medir el aumento de temperatura en el ciclo de enfriamiento, o la caída de temperatura en el ciclo de calefacción.
- g. Un psicrómetro de onda para medir las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo en el aire de retorno al serpentín interior durante el ciclo de enfriamiento o sólo la temperatura de bulbo seco en el ciclo de calefacción.

A diferencia de una unidad de aire acondicionado, que puede desarrollar problemas en el sistema de refrigeración o en el de aire, la bomba térmica puede desarrollar problemas en el ciclo de enfriamiento, en el de calefacción o en ambos.

## PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE AIRE

Cuando está en el ciclo de enfriamiento, el serpentín interno debe ser capaz de producir la cantidad correcta de calor sensible y latente para producir las condiciones deseadas en el recinto. Suponiendo que el sistema se ha ajustado antes a la caída necesaria de temperatura, la primera prueba será la caída de temperatura a través del evaporador (véase sección A18-3). Si la diferencia de temperatura ha aumentado, la cantidad de aire que pasa por el serpentín ha disminuido. La capacidad del sistema de refrigeración no aumentará; por lo tanto, se ha presentado una reducción en los pies<sup>3</sup>/min.

Si la unidad está en ciclo de calefacción, el aumento de temperatura del aire que pasa por el serpentín interior, que ahora es el condensador, indica una reducción de la cantidad de aire. La reducción puede ser lo suficientemente fuerte como para hacer que la unidad se pare debido al sistema del relevador de paro por alta presión diferencial. Los paros repetitivos en los que se enciende el foco de paro del termostato los debe investigar un técnico competente de servicio antes que se originen daños al compresor.

*Filtros de aire.* La bomba térmica trabaja todo el año y la cantidad de aire que pasa por el serpentín interior es más crítica que en un sistema de calefacción para acondicionamiento de aire. Los filtros desechables se deben cambiar cada 30 días. Se aconseja emplear limpiadores eléctricos con las bombas térmicas a causa de su baja resistencia estática, aún cuando el aire esté muy sucio.

*Motor y transmisión del ventilador.* Se debe hacer una revisión del soplador y su impulsión cuando menos una vez al año. Se deben lubricar los cojinetes del motor del soplador y del soplador mismo cuando mucho con 10 gotas de aceite N° 20 para motores eléctricos. Este aceite es libre de detergentes. No se recomienda usar aceite de automóvil porque tiene detergente (jabón) que cubre la superficie exterior del cojinete de bronce sintetizado y evita que pase el aceite a través de él.

Las restricciones desacostumbradas en el sistema de ductos, como por ejemplo el cierre de recintos que no se usan, al igual que la colocación de muebles o alfombras sobre las rejillas de suministro y/o retorno harán que el serpentín se escarche en el ciclo de enfriamiento y se pare la unidad en el ciclo de calefacción. Esta práctica tiene mayores efectos en el ciclo de calefacción que en el de enfriamiento.

Las fallas en el sistema de ductos también tienen mayores efectos en el ciclo de calefacción que en el de enfriamiento. Con la temperatura en la zona ocupada de 70 °F (21 °C) la temperatura del aire de suministro sólo estará entre los límites de 100 a 105 °F cuando la temperatura exterior es 60 a 65 °F (15 a 18 °C), y baja hasta unos 85 °F (29 °C) cuando el exterior está a -10 °F (-23 °C). Por lo tanto, cualquier fuga o escape en el sistema de ductos reducirá mucho la capacidad de manejo de la carga de calefacción

por parte de la unidad. Como resultado de ello, el costo de operación será mayor que el normal.

## PROBLEMAS CON EL SISTEMA DE REFRIGERACION

Cuando la caída de temperatura medida a través del serpentín interior es menor que lo que debería ser tanto en el ciclo de enfriamiento como en el de calefacción, es posible que la causa sea el sistema de refrigeración. Como en un sistema de aire acondicionado, los problemas se pueden clasificar en 1) cantidad de refrigerante, o 2) flujo de refrigerante. Si el sistema tiene la cantidad adecuada de refrigerante, y está pasando al flujo deseado, el sistema debe trabajar en forma correcta y entregar su capacidad nominal. Cualquier problema en las dos categorías afectará las temperaturas y las presiones que se presentan en la unidad cuando se suministra la cantidad de aire al serpentín interior, de acuerdo con la capacidad de la unidad.

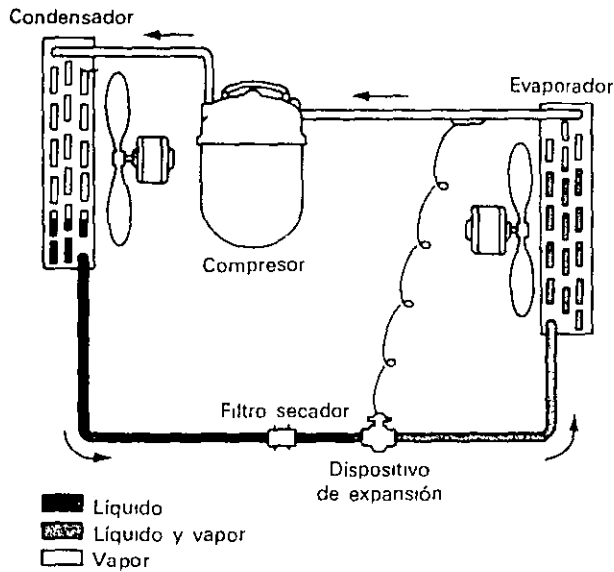
Es obvio que si el sistema tiene poco refrigerante, hay una fuga. Se debe encontrar y reparar, a continuación se debe evacuar completamente el sistema y recargar con la cantidad adecuada de refrigerante. Si el sistema no trabaja, es obvio que hay un problema eléctrico que se debe encontrar y corregir.

Los problemas comunes para refrigeración, aire acondicionado y bombas térmicas se describen en los capítulos R24 a R26, al igual que en los capítulos A16 a A18. Como las bombas térmicas usan más sistemas de control, se repetirá la descripción de algunos de esos problemas en este capítulo. Sin embargo, se debe repasar los capítulos citados arriba junto con las explicaciones en este capítulo.

Para comparar al sistema de aire acondicionado con el de bomba térmica, los dos sistemas se muestran en las figuras B6-1, B6-2 y B6-3. En la figura B6-1 se muestra un sistema convencional de aire acondicionado. Este sistema muestra el flujo de refrigerante de la descarga del compresor al condensador, que es el serpentín exterior. El refrigerante se condensa y pasa del serpentín exterior por el tubo de líquido, el filtro y secador, y el dispositivo de reducción de presión y llega al serpentín interior. El refrigerante se expande, tomando calor en el evaporador, que es el serpentín interior. Del evaporador pasa en forma de vapor al compresor.

En la figura B6-2 se llevan a cabo las mismas acciones, excepto que se han agregado algunos dispositivos. Una válvula reversible en los tubos de succión y descarga para permitir que el sistema invierta el flujo de refrigerante. La posición de la válvula reversible sigue dirigiendo al gas caliente del compresor al serpentín exterior, y al vapor del serpentín interior al compresor. Además, se ha instalado una válvula de retención en paralelo al dispositivo reductor de presión, para alimentar al refrigerante al serpentín interior. Esta válvula de retención se conecta de tal modo que evita el flujo alrededor del dispositivo reductor de presión durante el ciclo de enfriamiento. Abre durante el ciclo de

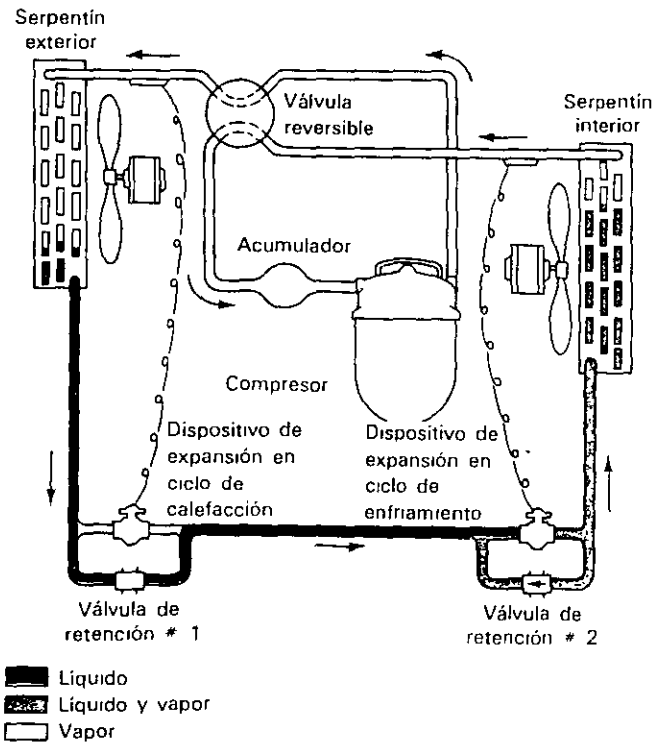




**FIGURA B6-1** Sistema convencional de aire acondicionado.

calefacción para sacar del circuito al dispositivo de reducción de presión.

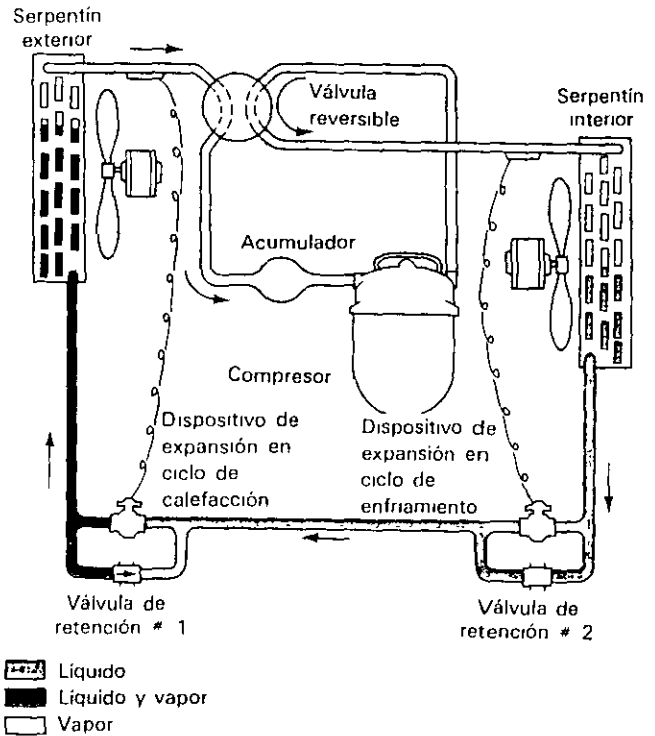
También se ha agregado un dispositivo de reducción de presión al serpentín exterior, porque debe trabajar como evaporador durante el ciclo de calefacción. También se conecta en paralelo con este dispositivo una válvula de retención para eliminar su caída de presión durante el ciclo de enfriamiento.



**FIGURA B6-2** Sistema de bomba térmica trabajando en ciclo de enfriamiento

Si siguiendo al flujo de refrigerante vemos que es el mismo que en la unidad de aire acondicionado. El vapor caliente va del compresor al serpentín exterior, que es el condensador. Después de enfriarse y condensarse, pasa junto al dispositivo reductor de presión conectado al serpentín exterior y al conjunto de válvula de retención y dispositivo de reducción de presión conectado al serpentín interior. La válvula de retención en este conjunto, llamado *trombón*, cierra y hace que el refrigerante líquido pase por el dispositivo de reducción de presión. Con ello se obtiene la reducción necesaria de presión para producir el punto de ebullición que se desea en el refrigerante. De aquí se evapora en el evaporador y pasa por la válvula reversible al compresor.

En la figura B6-3 la válvula reversible cambió de posición. El vapor caliente de refrigerante pasa al serpentín interior, que es el condensador. Este vapor caliente se enfría al ceder su calor al aire suministrado al recinto ocupado, se condensa y sale por la parte inferior del condensador. Estando invertido el flujo, la válvula de retención abre y permite que el refrigerante líquido pase en paralelo al dispositivo de reducción de presión en el serpentín interior para eliminar cualquier pérdida de presión. El refrigerante líquido circula en dirección inversa al trombón en el serpentín exterior. El refrigerante es impulsado a pasar a través del dispositivo reductor de presión del serpentín exterior, que ahora es el evaporador. En ese serpentín el refrigerante, estando a menor presión y con menor punto de ebullición, se evapora y recoge calor del aire exterior. El refrigerante evaporado pasa por la válvula reversible y el acumulador, para llegar al compresor.



**FIGURA B6-3** Sistema de bomba térmica trabajando en ciclo de calefacción

De acuerdo con esta descripción podemos ver que la única inversión del flujo de refrigerante es de la válvula reversible a los serpentines, dispositivos reductores de presión y válvulas de retención. El vapor de refrigerante siempre pasa de la válvula reversible, por el acumulador y el compresor, y regresa a la válvula reversible.

===== B6-4

===== **PROBLEMAS CON EL FLUJO DE REFRIGERANTE**

Hemos visto en la descripción anterior que la única diferencia entre la bomba térmica y el sistema de aire acondicionado es la adición de una válvula reversible, dos válvulas de retención, y un segundo dispositivo de reducción de presión. Nos limitaremos a describir los problemas del refrigerante en esos dispositivos. Se debe repasar las descripciones de los problemas que se presentaron en el capítulo A18 antes de comenzar con esta sección.

===== B6-4 1

===== **Válvulas de retención**

Las válvulas de retención se pueden pegar estando abiertas o cerradas. Por lo tanto, el sistema trabajará en forma correcta en uno de los ciclos, dependiendo de la posición de la válvula en el sistema. Si la válvula hace lo que debería, el sistema trabaja en forma correcta. Si no, el problema será aparente. Por ejemplo.

1. *La válvula de retención en el serpentín interior se pega estando abierta.* El sistema trabaja en forma correcta en el ciclo de calefacción. Se espera que la válvula abra en este ciclo. Sin embargo, en el ciclo de enfriamiento no hay dispositivo reductor de presión en el circuito y por lo tanto, el refrigerante inundará el evaporador, la presión de succión será alta, la de descarga será baja, y el acumulador se llenará de refrigerante líquido. Puede llegar el líquido hasta el compresor, si el tubo de líquido es corto, o se trata de una bomba térmica de paquete.
2. *La válvula de retención en el serpentín interior se pega estando cerrada.* El sistema trabajará bien en el ciclo de enfriamiento. La válvula debe estar cerrada. En el ciclo de calefacción, la presión de succión será mucho menor que la normal. En unidades con tubo capilar, la presión de succión está determinada por los dos capilares en serie. En los sistemas con válvulas termostáticas de expansión, la válvula cerrará y el compresor puede hacer que la presión en la succión sea un alto vacío. Al mismo tiempo, la presión de descarga será baja porque el compresor tiene poco vapor que bombear. *Antes de agregar gas al sistema, revíselo cambiándolo al otro ciclo.*
3. *La válvula de retención en el serpentín exterior se pega estando cerrada.* El sistema trabajará bien en

calefacción. Se supone que la válvula debe estar cerrada. En enfriamiento, se tendrán bajas presiones de succión y descarga.

4. *La válvula de retención en el serpentín exterior se pega estando abierta.* El sistema trabajará en enfriamiento, pero no en calefacción. Se supone que la válvula externa de retención esté abierta en el ciclo de enfriamiento.

**Reparación de la válvula de retención:** En general, una válvula de retención se puede soltar de la posición abierta con un imán colocado en el extremo de salida de la válvula. Al mover el imán hacia el centro de la válvula hará que la bola o palometa se muevan hacia el asiento. Si está en la posición cerrada, coloque el imán en la parte media de la válvula y muévelo hacia el extremo de la salida. Si no tiene éxito, cambie la válvula. Para reducir la posibilidad de problemas en el futuro, use una válvula de retención de bola. Sin embargo, antes de instalar la válvula nueva, agítela. Si cascabelea, instálela. Si no cascabelea, regrésela a quien se la vendió porque está pegada y no trabajará en forma correcta.

===== B6-4.2

===== **Válvulas reversibles**

La figura B6-4 muestra el exterior de una válvula reversible. La conexión del tubo siempre es con la descarga del compresor. La conexión inferior central siempre es a la succión del compresor. Cuando en el circuito hay un acumulador, esta conexión es con la entrada del mismo. La salida de éste se conecta entonces con la succión del compresor. Con ello se coloca el acumulador antes del compresor y se da una protección contra inundaciones, sea en el modo de calefacción o el de enfriamiento.

Las conexiones derecha e izquierda son las de las salidas de los serpentines interior y exterior. Cuál se conecta

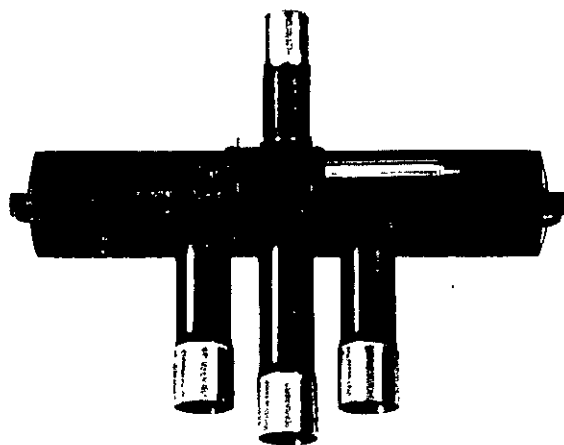


FIGURA B6-4 Válvula reversible (Cortesía Ranco, Inc)

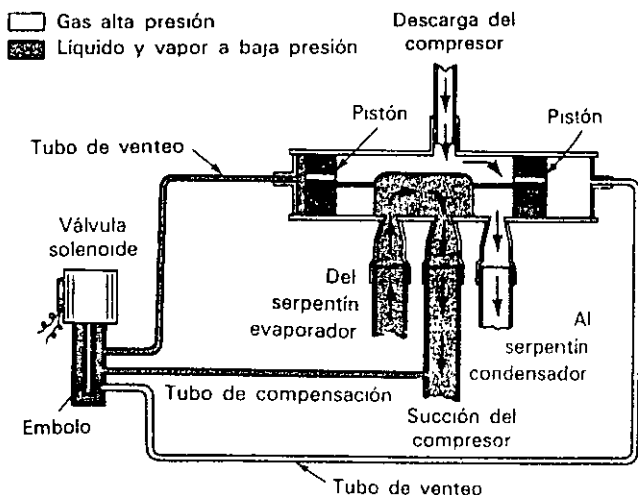
con cuál depende de si el solenoide de la válvula está energizado en calefacción o en enfriamiento. La mayor parte de las bombas térmicas actuales se diseñan para trabajar en climas fríos en los que las horas de funcionamiento en calefacción son más que las de funcionamiento en enfriamiento. Para reducir el tiempo de funcionamiento de la bobina de operación, ésta se energiza durante la estación de enfriamiento. De este modo, el flujo por el serpentín sería de la conexión izquierda hacia la parte media, y de la descarga del compresor hacia la conexión derecha. La conexión izquierda sería con el serpentín interior, el condensador, y la de la derecha con el serpentín exterior (el evaporador).

Estando energizado el solenoide o bobina, el conjunto de corredera de la válvula estaría en la posición opuesta. El gas caliente del compresor pasaría por la conexión izquierda al serpentín exterior, que ahora es el condensador. El gas frío del serpentín interior, que ahora es el evaporador, pasa por la conexión del lado derecho a la conexión del centro que va al acumulador, y de allí al compresor.

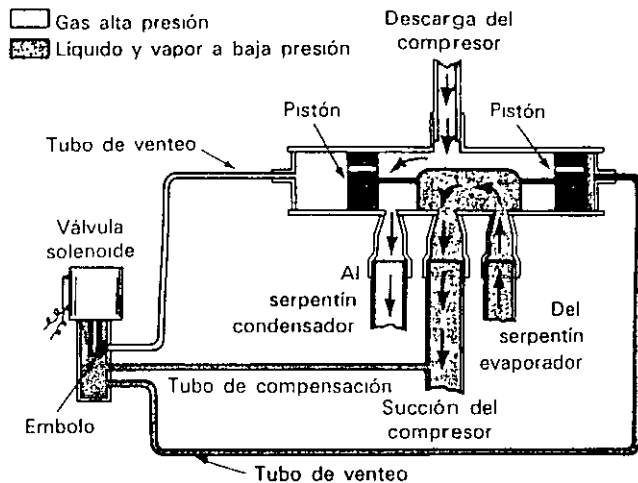
Si se invierte la acción de la válvula, la bobina se energiza durante el ciclo de calefacción y se deben invertir las conexiones exteriores. Antes de comprobar las posiciones de funcionamiento de la válvula, se debe revisar el sistema eléctrico para determinar las necesidades de operación de la válvula.

**Operación:** Veamos la figura B6-5. La válvula solenoide es en realidad una de una vía y doble acción. La conexión central va al tubo de succión y alivia la presión de la válvula. La conexión inferior está cerrada. Se considera que esa conexión está "normalmente cerrada". Debido a que esa conexión está cerrada, la presión de descarga del compresor se acumula detrás del pistón de la válvula principal y en este tubo.

La conexión de arriba está abierta y la presión en este tubo se ha descargado al tubo de succión. Como la presión de descarga está en el lado derecho del pistón izquierdo en



**FIGURA B6-5** Válvula reversible con válvula piloto desenergizada. (Cortesía Ranco, Inc.)



**FIGURA B6-6** Válvula reversible con válvula piloto energizada (Cortesía Ranco, Inc.)

la válvula principal y la presión de succión en el lado izquierdo, el pistón ha sido empujado hacia el lado izquierdo del cilindro principal. Esto movió la válvula de derivación y cubrió las salidas de en medio y del lado izquierdo. No se ve el punto V del extremo del pistón que asienta en la salida para cerrar el flujo de gas que pasa por la conexión del pistón al tubo de ventilación.

Cuando la válvula piloto (válvula solenoide) se energiza (figura B6-6), las conexiones en la válvula piloto se invierten: la válvula inferior abre y la válvula superior cierra. Esto baja la presión en el extremo derecho del cilindro principal, que alcanza la presión de succión. La diferencia de presión que se desarrolla a través del pistón derecho empuja al pistón hacia el extremo derecho del cilindro principal. La válvula de derivación se mueve y cubre las salidas central y del lado derecho. Cuando se termina la carrera del pistón, el pico que entra al asiento de la válvula de salida cierra el flujo de gas.

De lo anterior vemos que el pistón de la válvula principal está controlado por la acción de la válvula piloto que libera la presión de los extremos del pistón de la válvula principal hacia el lado de la succión del compresor. La válvula trabaja debido a la presión diferencial del compresor. La presión mínima necesaria para hacer trabajar la válvula es 75 a 100 psig. Esto quiere decir que el sistema de refrigeración debe estar completamente cargado de refrigerante y trabajando el tiempo suficiente para desarrollar una diferencia de 75 psig entre las presiones de succión y descarga.

**Pruebas:** Los problemas con las válvulas reversibles son mecánicos o eléctricos. Los problemas eléctricos se limitan a la bobina solenoide de la válvula piloto. Cuando se supone que el solenoide está energizado y no sucede nada, pruebe la bobina como sigue:

1. Asegúrese que haya voltaje en la bobina. Algunas unidades tienen la bobina en la parte de 240 V del sistema, mientras que otras lo tienen en la de 24 V.

Revise el diagrama de conexiones para conocer este voltaje antes de aplicar las puntas de prueba de su voltímetro. También, inicie la prueba con el voltímetro ajustado a la escala mayor. Con ello se ayuda a evitar que se queme el instrumento.

2. Con voltaje aplicado a la bobina, quite su tuerca de sujeción y trate de jalarla para sacarla de la caja del émbolo de la válvula piloto. Si siente resistencia al sacarla la bobina está activa. Si no se siente jalón, la bobina está muerta. Apague la corriente, quite las cabezas de la bobina y mida si hay continuidad con un óhmetro. Si no la hay, cambie la bobina. Si existe circuito, revise la continuidad de las terminales y conexiones.

Si la bobina está activa, al quitarla se debe oír un "click" al regresar el émbolo del piloto a su posición normalmente cerrada. Al volver a poner la bobina, también se debe oír un chasquido al levantar el émbolo del piloto a su posición de abierto. Si no se oyen chasquidos, la válvula piloto está atorada. Lo único que se puede hacer es cambiar la válvula reversible.

3. Cuando la válvula piloto está bien y la válvula principal no se mueve, asegúrese que la diferencia entre las presiones de descarga sea mayor que 100 psig. Si la válvula está en la posición de enfriamiento, bloquee el aire al condensador con plástico en el lado de entrada del serpentín. Deje que trabaje la unidad hasta que la presión diferencial alcance 130 °F de temperatura de condensación. Estando trabajando la unidad, encienda y apague la válvula varias veces. En general, con esto se liberará la válvula principal y volverá a trabajar. Si no se obtienen resultados, cambie la válvula.

Al cambiar una válvula reversible, después de sacar todo el refrigerante del sistema, asegúrese de leer las instrucciones de instalación que vienen con la válvula. Cambie la válvula por una de tamaño semejante. Siempre coloque la válvula de tal modo que el pistón principal quede en posición horizontal y la válvula piloto esté más arriba que la válvula principal. Con ello se evita que se acumule el aceite en la válvula piloto y afecte su funcionamiento.

El cuerpo de la válvula *siempre se debe proteger del calor*, envolviéndolo con algún material termoplástico. La temperatura máxima que tolera el cuerpo de la válvula es 250 °F (121 °C).

===== B6-5

## ANÁLISIS DE PROBLEMAS

Al igual que los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, las bombas térmicas tienen problemas que se presentan en el sistema de refrigeración, y también en los sistemas eléctricos básicos de control. Esos problemas se describieron en los capítulos R24 a R26, así como en los A17 y A18. Por lo tanto, sólo se describirán en este capítulo aquellos problemas que son característicos de las bombas térmicas.

===== B6-5 1  
===== **Termostatos**

Una lista de los problemas posibles en esta categoría podría ser la siguiente:

1. *La unidad exterior no arranca, en enfriamiento o en calefacción, independientemente de la posición del interruptor selector de operación.* Con un problema de este tipo, el sistema trabajará en la primera etapa del calor eléctrico auxiliar. El problema que se encuentra aquí es la igualación de los números de terminal en las bombas térmicas de sistema dividido. La nomenclatura de terminales en el termostato, manejador interno de aire y del compresor externo no coinciden. En las bombas térmicas de paquetes, el fabricante hace la interconexión, y por ello este problema no existe en este caso.

La solución a este problema es la revisión minuciosa del diagrama eléctrico en cuanto al uso de terminales del sistema. La designación normal para el calentamiento de primera etapa en el caso de resistencias eléctricas sería calor eléctrico de primera etapa (W1). Cuando se agrega una bomba térmica a las resistencias, la primera etapa del termostato energiza el circuito Y del contactor del compresor para hacer trabajar al compresor de la bomba térmica.

La figura B6-7 muestra un arreglo típico de cableado de campo. La única conexión equivocada que se tiene es en

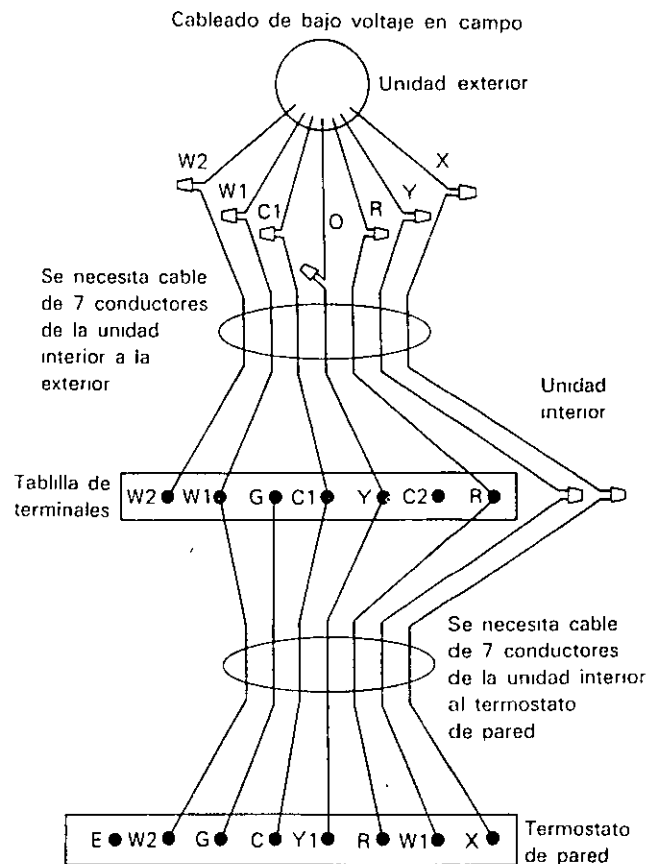
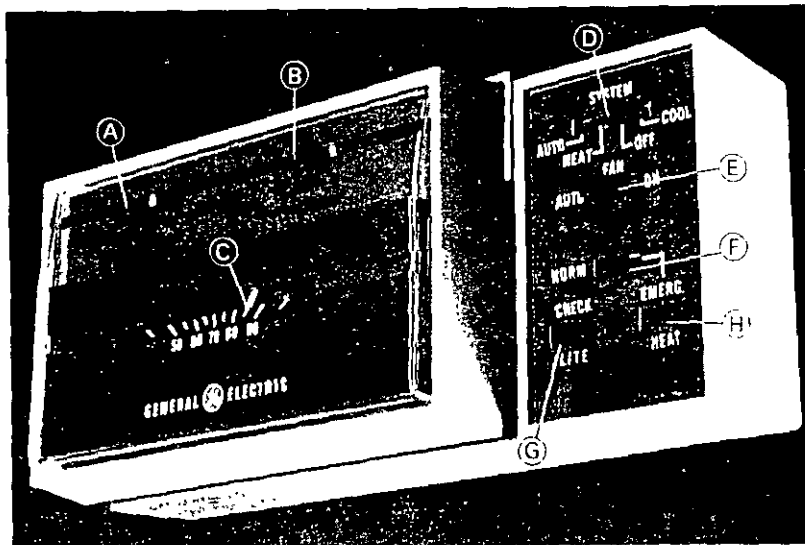


FIGURA B6-7 Cableado de campo en bajo voltaje (Cortesía Addison Products Company)



- (A) Selector de temperatura de calefacción
- (B) Selector de temperatura de enfriamiento
- (C) Indicador de temperatura
- (D) Selector de sistemas
- (E) Interruptor del ventilador
- (F) Interruptor de calor normal-emergencia
- (G) Foco de comprobación
- (H) Foco de calor de emergencia

FIGURA B6-8 Termostato mecánico de control (Cortesía Addison Products Company.)

el control del compresor de la unidad exterior y la válvula reversible. En este caso, la unidad emplea una bobina de alto voltaje controlada por un relevador de 24 V. Este relevador se conecta entre las terminales O de la unidad externa y la terminal virtual Y de la unidad interna con la terminal Y1 del termostato. La terminal W1 del termostato está conectada directamente con la terminal Y que controla al contactor del compresor. Una posterior revisión muestra que la terminal W2 del termostato, la segunda etapa, está conectada con la W1 o primera etapa del calor eléctrico auxiliar. También sale un circuito de esa W1 a la W1 de la unidad externa y de la W2 en la unidad externa de regreso a la W2, segunda etapa del calor en la unidad interna. La unidad externa tiene un termostato ambiente que controla la interconexión de las dos etapas de calor eléctrico.

2. *El foco de alarma se enciende.* El foco que indica problemas en el termostato está controlado por el relevador de paro, el que a su vez está controlado por el control de la presión diferencial. La unidad se sale por alta presión diferencial. Es un problema de refrigeración. Véase la sección R25-4.

3. *La temperatura del recinto baja a determinadas temperaturas a la intemperie.* En los termostatos mecánicos, como el que se ve en la figura B6-8, hay una diferencia de 2 °F entre el cierre de los contactos de la primera y de la segunda etapa. Debido a esa diferencia, cuando la pérdida de calor del recinto acondicionado alcanza la capacidad de la bomba térmica, la temperatura del espacio acondicionado debe caer 2 °F para que entre la segunda etapa del termostato.

La temperatura exterior que produce la pérdida de calor que hace que el funcionamiento de la unidad sea continuo se llama *punto inicial de equilibrio*, o *punto inicial de balance*. Para tener la explicación de cómo determinar el punto de equilibrio, consulte el Manual H, *Heat Pump Selection and Application*, publicado por Air-Conditioning Contractors Association (ACCA), 1228 17th Street, N. W., Washington, D. C. 20036.

Debido a la diferencia mecánica de 2 °F en el termostato, la temperatura del recinto ocupado bajará 2 °F en el punto de equilibrio para que entre la segunda etapa. La temperatura del recinto se mantendrá 2 °F abajo del ajuste de temperatura del termostato.

El cliente tiene tres alternativas en este caso:

1. Tolerar la caída de temperatura de 2 °F.
2. Aumentar el punto de ajuste del termostato la diferencia de 2 °F.
3. Cambiar el termostato por uno de estado sólido que compense este caso midiendo la temperatura a la intemperie e incorporando esa acción en el funcionamiento del control.

===== B6-5 2  
 ===== Sistema de refrigeración

1. *La unidad no cambia el ciclo, de calefacción a enfriamiento o viceversa, independientemente de los ajustes de los interruptores termostáticos.* El cambio del siste-

ma se controla mediante la acción de la válvula reversible, La causa de que no accione este control puede ser eléctrica o mecánica.

**Eléctrica** Una válvula con alto o con bajo voltaje debe tener un voltaje con  $\pm 10\%$  de diferencia máxima con el voltaje nominal para que trabaje en forma correcta. La bobina de operación también debe ser capaz de producir la fuerza magnética adecuada para hacer bajar la válvula piloto (véase sección B6-9).

**Mecánica** El pistón de la válvula principal puede estar atorado en un extremo del cilindro, porque no tiene los cambios adecuados de presión de la válvula piloto. Esto se puede determinar tocando los tubos de conexión con el serpentín estando energizada y desenergizada la bobina. Cualquier atoramiento de la válvula piloto taponará los tubos pequeños entre ella y los extremos de la válvula principal, o bien se necesita cambiar esa válvula principal para remediar los atoramientos.

No se justifica la reparación de la válvula, porque el tiempo y costo de la reparación son altos, y la falla se puede repetir.

2. *La unidad trabaja bien sólo en calefacción, pero mal en enfriamiento.* La causa de este problema en general se debe a las válvulas de retención. Si la presión de succión es mayor que la razonable para la temperatura del aire que sale del serpentín (sección A-18-4), es muy posible que la válvula de retención en el serpentín interior esté atorada abierta. Con ello se saca del circuito el dispositivo reductor de presión y el refrigerante inunda al serpentín. El sobrecalentamiento será bajo o cero, y la temperatura del acumulador, tubos de la válvula reversible y posiblemente la carcasa del compresor, será baja.

Si la presión de succión es menor que la normal, la válvula de retención del serpentín exterior está atorada cerrada. Esto saca del circuito al dispositivo de reducción de presión. Si es una válvula termostática de expansión, cerrará y evitará el paso del refrigerante al tubo de líquido. La presión de succión bajará mucho, a muy alto vacío.

Si los dispositivos de reducción de presión son tubos capilares, el flujo de refrigerante sí se llevará a cabo, pero será mucho menor que lo normal. La unidad tendrá dos conjuntos de tubos capilares en serie con la mayor reducción de presión de ambos. En algunas unidades, la presión diferencial se mide en el tubo de líquido entre los conjuntos de reductor de presión y válvula de retención. Con las válvulas termostáticas de expansión, la indicación alta del manómetro de presión diferencial quiere decir que hay pérdida de refrigerante. En todos los casos, *no agregue refrigerante* hasta que haya medido el subenfriamiento. Se debe encontrar que el subenfriamiento es mucho muy alto debido a que el refrigerante se ha acumulado en el condensador.

3. *La unidad trabaja bien en enfriamiento, pero no trabaja en calefacción.* Sucederá lo mismo que lo que se describió en el problema 2, excepto que la válvula de retención en el serpentín interior (el condensador) puede estar atorada cerrada, o la válvula del serpentín interior (el

evaporador) puede estar atorada abierta. Las presiones de presión y descarga serán iguales.

Otros problemas de refrigeración se describen en los capítulos R24 a R26, A17 y A18.

===== B6-5 3

## ===== Sistema de desescarchado

Para diagnosticar los problemas del sistema de deshielo o desescarchado, es necesario saber de qué sistema se trata. Los cuatro sistemas más empleados se describen a continuación. En aquellos sistemas que usa cada fabricante, se debe consultar con éste para obtener información de servicio.

### *Sistema de desescarchamiento por diferencia de temperaturas:*

1. *La unidad no pasa a desescarchado.* Es la queja más común que se tiene con este control. El control estaba accionado por la diferencia de temperaturas entre la del aire que entra al serpentín exterior, el evaporador, y la de operación del serpentín (véase sección B2-3.1). La principal razón es que la unidad no alcanza una temperatura lo suficientemente baja como para tener un aumento en el diferencial de control y activar el ciclo de desescarchamiento. El principal motivo de ello era que la presión diferencial era demasiado alta, con lo que se obligaba a subir el punto de ebullición en el serpentín, así como su presión. Sólo era necesario un aumento de 2 °F en el punto de ebullición para tener el serpentín completamente cubierto con hielo y escarcha y que se iniciara el ciclo de desescarchamiento. En lugar de corregir el problema del aire, ya que el sistema de ductos era inadecuado o a los ocupantes no les gustaba el aire de descarga de baja temperatura, el técnico de servicio cambiaba el control. Peor aún, trataba de ajustar el control, lo cual no era posible, sin baños de agua con temperatura controlada.

2. *La unidad pasa a desescarchamiento cuando hay muy poca escarcha en la parte inferior del serpentín.* Era crítica la ubicación del bulbo sensor de temperatura del serpentín. Si estaba demasiado cerca del fondo del serpentín, muy cerca a la entrada del refrigerante líquido a baja presión, la menor temperatura de esa parte del serpentín provocaba inicio prematuro del ciclo de desescarchado. El remedio era cambiar el bulbo de temperatura hacia arriba, al siguiente codo de 180° a la vez, hasta que se encontraba el lugar correcto. Una vez iniciado el ciclo de desescarchamiento, el serpentín debía alcanzar una temperatura preestablecida para terminar ese ciclo. En general, esa temperatura era de 50 a 60 °F (10 a 15 °C).

3. *La unidad no desescarcha todo el serpentín; hay un anillo de hielo en la parte inferior de éste.* La acumulación de hielo indica que el bulbo de temperatura está ubicado a demasiada altura del serpentín. El bulbo alcanza la temperatura de terminación del ciclo antes de haber desescarchado por completo al serpentín. Se debe bajar el bulbo un codo de 180° a la vez hasta obtener desescarchamiento completo.

### **Sistema de desescarchamiento por presión y temperatura:**

En este sistema, la diferencia de presión a través del serpentín es la que inicia el ciclo de deshielo y la temperatura del líquido que sale del serpentín es la que lo termina. El termostato del tubo de líquido también controla la posibilidad de un ciclo de desescarchado (véase sección B2-3.2).

Un termostato fijo al tubo de líquido en la salida inferior del serpentín está expuesto al refrigerante líquido en expansión cuando la unidad trabaja en el ciclo de calefacción. Si el serpentín del evaporador trabaja con un líquido que entra a 26 °F o más, hay poca posibilidad que se forme escarcha en el serpentín. Si esa temperatura es menor que 26 °F (-3 °C), el termostato cierra y completa el circuito a través del relevador de desescarchado al interruptor de presión diferencial.

En cuanto la acumulación de escarcha provoca la resistencia suficiente como para cerrar el interruptor de presión diferencial, con ello se inicia el ciclo de desescarchado. Cuando el líquido que sale del serpentín alcanza 55 °F (13 °C), se interrumpe el circuito, abre el relevador de desescarchado y cae el relevador. Con ello se abre el circuito de detención del relevador y se completa el cambio a ciclo de calefacción.

1. *La unidad no pasa a desescarchado.* Hay dos causas posibles que pueden evitar que la unidad pase a desescarchado. La más probable es que el termostato de terminación se haya aflojado del tubo de salida del serpentín. El termostato no puede alcanzar los 29 °F (-3 °C) o menos necesarios para cerrar y permitir que conecte el circuito de desescarchado. La otra causa posible es que las tomas del interruptor de presión diferencial estén taponadas. A veces los insectos tapan esas tomas.

2. *La unidad pasa a desescarchado cuando hay muy poca escarcha en la parte inferior del serpentín.* Debido a que la diferencia de presiones del aire a través del serpentín es el factor determinante para iniciar el ciclo de desescarchado, la limpieza del serpentín y la acumulación de escarcha harán crecer esa caída. Por lo tanto, mientras haya más acumulación de tierra en el serpentín, menos escarcha se tiene que formar para alcanzar la caída de presión necesaria para iniciar el ciclo de desescarchado. Cuando la unidad inicia el desescarchado y tiene poco o nada de escarcha, limpie el serpentín.

3. *La unidad no desescarcha todo el serpentín; se forma un anillo de hielo en su parte inferior.* El hecho de formarse hielo indica que el ciclo de desescarchado se interrumpe antes de completar el ciclo. La causa más común es que hay mucho recalentamiento cuando la unidad pasa a desescarchado, con lo cual se toma el calor de recalentamiento como parte del ciclo de desescarchado. La cantidad de recalentamiento no debe ser mayor que la capacidad sensible del ciclo de enfriamiento de la bomba térmica.

Cuando se deshíela el serpentín, el termostato de terminación corta la corriente al relevador de desescarchado. El contacto de detención del relevador que mantiene energizado a éste se rompe. El sistema debe desarrollar ahora la acumulación necesaria de escarcha para poder cerrar el interruptor de presión.

Si se interrumpe el suministro de corriente al circuito

de desescarchado, sucede la misma acción. Por lo tanto, si el recalentamiento es lo suficientemente grande como para calentar el recinto ocupado y hacer que abra el termostato de recinto antes de completar el ciclo de desescarchado, el ciclo incompleto dejará una acumulación de hielo en la parte inferior del serpentín. El calentamiento y enfriamiento alternados del agua que queda en el serpentín en forma de hielo ocasionará el aplastamiento de sus tubos y la pérdida de refrigerante.

### **Sistema de desescarchado por tiempo y temperatura:**

1. *La unidad no pasa a desescarchado.* Este sistema emplea un temporizador para controlar el ciclo de desescarchado bajo el control del termostato de terminación. La corriente al temporizador (*timer*, programador) la suministra el circuito del compresor. Por lo tanto, el temporizador trabaja hasta cuando el compresor está trabajando y el termostato de terminación está a menos de 26 °F (-3 °C).

La causa más común de este problema es un termostato de terminación flojo. Un mal contacto entre el termostato y el tubo del serpentín evita que la temperatura del termostato baje a menos de 26 °F. Si hace contacto, debe revisarse para determinar si cierra a una temperatura menor que 26 °F. Para lograrlo, se debe sumergir en un baño de hielo y agua salada con un termómetro de inmersión. También se debe revisar el motor del temporizador, para ver si funciona en forma correcta.

2. *La unidad pasa al ciclo de desescarchado cuando hay poca escarcha en la parte inferior del serpentín.* El temporizador puede estar trabajando con un ciclo demasiado corto. La mayor parte de los temporizadores tienen levas para intervalos de 30 y 90 minutos de ciclo. Convierta el ciclo de 30 minutos a uno de 90 minutos.

3. *La unidad no desescarcha todo el serpentín; queda una acumulación de hielo en la parte inferior del serpentín exterior.* La corrección de este problema es reducir la cantidad de recalentamiento que se emplea en el ciclo de desescarchado, hasta un nivel no mayor que la capacidad sensible de la unidad en el ciclo de enfriamiento.

### **Sistema de desescarchado por presión, tiempo y temperatura:**

Este sistema emplea un interruptor de presión diferencial para medir la cantidad de escarcha en el serpentín exterior. Cuando la caída de presión a través del serpentín alcanza una cantidad predeterminada, el interruptor cierra el circuito del temporizador.

Si el termostato de terminación está más abajo de 26 °F, el temporizador trabajará. Este temporizador normalmente necesita 5 minutos de cierre del interruptor de presión para iniciar el ciclo de desescarchado al energizar el relevador de desescarchado. Cuando el termostato de terminación llega a 55 °F, se interrumpe la corriente al relevador del desescarchado y la unidad pasa al ciclo de calefacción.

1. *La unidad no pasa a desescarchado.* La causa más común de falla a pasar a ciclo de desescarchado es un bulbo de terminación flojo o mal conectado en el control de desescarchado. Es muy importante que el bulbo esté bien fijo y que tenga compuesto de transmisión de calor en la

unión, y que esté aislado y sellado contra la humedad. Se puede acumular hielo en este lugar y aflojar al bulbo. La segunda causa puede ser una falla del interruptor de presión debida a tierra y/o insectos en los tubos de conexión de ese interruptor. Siempre hay la posibilidad, aunque remota, de que falle el control de tiempo. Revise los dos puntos anteriores antes de comenzar a remplazar parte alguna.

2. *La unidad pasa a desescarchado con muy poca escarcha en la parte inferior del serpentín.* La causa principal de esta acción es un serpentín exterior sucio. Su resistencia al paso de calor, sin escarcha, es tan alta que se necesita un aumento muy pequeño en la caída de presión

para hacer que inicie el ciclo de desescarchado. Lo indicado es una limpieza minuciosa del serpentín.

3. *La unidad no desescarcha todo el serpentín.* Este sistema tiene una terminación automática de ciclo de desescarchado que puede ser desde 5 a 12 minutos, dependiendo de la rapidez de acumulación de escarcha, según las condiciones del clima.

Como no es posible describir todos los sistemas de desescarchado en un solo libro, recomendamos obtener las publicaciones de los fabricantes para tener información completa.

---

---

## PROBLEMAS

---

---

- B6-1.** El fijar un termómetro al tubo central de una válvula reversible al compresor, y al del serpentín evaporador a la válvula reversible podría ser una comprobación, ¿para qué tipo de problema?
- B6-2.** ¿A qué conjunto se aplica el término "trombón"?
- B6-3.** Los únicos tubos en una bomba térmica en los que el refrigerante pasa de una dirección independientemente del modo de operación son el de \_\_\_\_\_ y el de \_\_\_\_\_.
- B6-4.** Antes de decir que una o varias partes de una bomba térmica están mal, ¿qué se debe hacer al sistema?
- B6-5.** Cuando la unidad de operación dual trabaja en el modo de enfriamiento, ¿cuál válvula de retención estará abierta y cuál cerrada?
- B6-6.** La válvula de retención en el serpentín interior se atora estando abierta. ¿En cuál modo de funcionamiento aparecerá el problema?
- B6-7.** La válvula de retención del serpentín exterior se atora estando cerrada. ¿En qué modo de funcionamiento aparecerá el problema?
- B6-8.** En el modo de calefacción, la indicación de presión diferencial que se toma en el tubo de líquido es baja, la presión en la succión es baja, pero la corriente (amperaje) al motor del compresor es alta. La eficiencia en el modo de enfriamiento es buena. ¿Cuál es el problema del sistema?
- B6-9.** Al colocar su mano en el tubo central de la válvula reversible encuentra usted que la temperatura es mayor que la del tubo que viene del evaporador. ¿En qué consiste el problema?
- B6-10.** ¿Cuánto refrigerante debe haber en el sistema para poder comprobar el funcionamiento de las válvulas de retención?
- B6-11.** ¿Cuál es la diferencia mínima de presión a través de una válvula reversible para que trabaje?
- B6-12.** Cuando se cambia una válvula reversible, ¿cuál es la temperatura máxima que puede tolerar el cuerpo de ésta?
- B6-13.** Al revisar el sistema de bajo voltaje de control y encender la unidad, el termostato conecta la primera etapa de calefacción eléctrica, en lugar del compresor. ¿En qué consiste el problema?
- B6-14.** El control que regula la operación de la segunda etapa del calentamiento auxiliar se llama \_\_\_\_\_.
- B6-15.** La temperatura exterior a la que la pérdida de calor de la construcción es igual a la capacidad de la bomba térmica se llama el \_\_\_\_\_.
- B6-16.** La bomba térmica aire a aire trabaja con un depósito de hielo en la parte inferior del serpentín exterior. ¿Cuál es el problema más probable?
- B6-17.** ¿A qué temperatura abren la mayor parte de los termostatos de terminación?
- B6-18.** En los controles de terminación de desescarchamiento por temperatura, ¿cuál es la causa más probable de falla para pasar al ciclo de desescarchado?
- B6-19.** En un sistema de desescarchado iniciado por presión, la unidad pasa al desescarchado cuando hay muy poca escarcha en el serpentín. ¿En qué consiste el problema?
- B6-20.** ¿Cuál es la cantidad máxima de recalentamiento que se debería usar?





FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

TEMA

**APÉNDICES**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

TABLA 3. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb. por pul. <sup>2</sup>		VOLUMEN por pul. <sup>3</sup>		DENSIDAD lb. por pul. <sup>3</sup>		ENTALPIA** Btu. por lb.			ENTROPIA** Btu. por (lb) (°F)		TEMP F
	Absoluta P	Manométrica p	Líquido v <sub>l</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido l <sub>l</sub>	Vapor l <sub>g</sub>	Líquido h <sub>l</sub>	Latente h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
-25	13.556	2.320*	0.010730	2.7295	93.197	0.36636	3.1724	71.391	74.563	0.007407	0.17164	-25
-24	13.886	1.649*	0.010741	2.6691	93.098	0.37466	3.3848	71.288	74.673	0.007894	0.17151	-24
-23	14.222	0.966*	0.010753	2.6102	92.999	0.38311	3.5973	71.185	74.782	0.008279	0.17139	-23
-22	14.564	0.270*	0.010764	2.5529	92.899	0.39171	3.8100	71.081	74.891	0.008664	0.17126	-22
-21	14.912	0.216	0.010776	2.4972	92.799	0.40045	4.0228	70.978	75.001	0.009348	0.17114	-21
-20	15.267	0.571	0.010788	2.4429	92.699	0.40934	4.2357	70.874	75.110	0.009831	0.17102	-20
-19	15.628	0.932	0.010799	2.3901	92.599	0.41839	4.4487	70.770	75.219	0.010314	0.17090	-19
-18	15.996	1.300	0.010811	2.3387	92.499	0.42758	4.6618	70.666	75.328	0.010795	0.17078	-18
-17	16.371	1.675	0.010823	2.2886	92.399	0.43694	4.8751	70.561	75.436	0.011276	0.17066	-17
-16	16.753	2.057	0.010834	2.2399	92.298	0.44645	5.0885	70.456	75.545	0.011755	0.17055	-16
-15	17.141	2.445	0.010846	2.1924	92.197	0.45612	5.3020	70.352	75.654	0.012234	0.17043	-15
-14	17.536	2.840	0.010858	2.1461	92.096	0.46595	5.5157	70.246	75.762	0.012712	0.17032	-14
-13	17.939	3.243	0.010870	2.1011	91.995	0.47595	5.7295	70.141	75.871	0.013190	0.17021	-13
-12	18.348	3.652	0.010882	2.0572	91.893	0.48611	5.9434	70.036	75.979	0.013666	0.17010	-12
-11	18.765	4.069	0.010894	2.0144	91.791	0.49643	6.1574	69.930	76.087	0.014142	0.16999	-11
-10	19.189	4.493	0.010906	1.9727	91.689	0.50693	6.3716	69.824	76.196	0.014617	0.16989	-10
-9	19.621	4.925	0.010919	1.9320	91.587	0.51759	6.5859	69.718	76.304	0.015091	0.16978	-9
-8	20.059	5.363	0.010931	1.8924	91.485	0.52843	6.8003	69.611	76.411	0.015564	0.16967	-8
-7	20.506	5.810	0.010943	1.8538	91.382	0.53944	7.0149	69.505	76.520	0.016037	0.16957	-7
-6	20.960	6.264	0.010955	1.8161	91.280	0.55063	7.2296	69.397	76.627	0.016508	0.16947	-6
-5	21.422	6.726	0.010968	1.7794	91.177	0.56199	7.4444	69.291	76.735	0.016979	0.16937	-5
-4	21.891	7.195	0.010980	1.7436	91.074	0.57354	7.6594	69.183	76.842	0.017449	0.16927	-4
-3	22.369	7.673	0.010993	1.7086	90.970	0.58526	7.8745	69.075	76.950	0.017919	0.16917	-3
-2	22.854	8.158	0.011005	1.6745	90.867	0.59718	8.0898	68.967	77.057	0.018388	0.16907	-2
-1	23.348	8.652	0.011018	1.6413	90.763	0.60927	8.3052	68.859	77.164	0.018855	0.16897	-1
0	23.849	9.153	0.011030	1.6089	90.659	0.62156	8.5207	68.750	77.271	0.019323	0.16888	0
1	24.359	9.663	0.011043	1.5772	90.554	0.63404	8.7364	68.642	77.378	0.019798	0.16878	1
2	24.878	10.182	0.011056	1.5463	90.450	0.64670	8.9522	68.533	77.485	0.020255	0.16869	2
3	25.404	10.708	0.011069	1.5161	90.345	0.65957	9.1682	68.424	77.592	0.020719	0.16860	3
4	25.939	11.243	0.011082	1.4867	90.240	0.67263	9.3843	68.314	77.698	0.021184	0.16851	4
5	26.483	11.787	0.011094	1.4580	90.135	0.68588	9.6005	68.204	77.805	0.021647	0.16842	5
6	27.036	12.340	0.011107	1.4299	90.030	0.69934	9.8169	68.094	77.911	0.022110	0.16833	6
7	27.597	12.901	0.011121	1.4025	89.924	0.71300	10.033	67.984	78.017	0.022572	0.16824	7
8	28.167	13.471	0.011134	1.3758	89.818	0.72687	10.250	67.873	78.123	0.023033	0.16815	8
9	28.747	14.051	0.011147	1.3496	89.712	0.74094	10.467	67.762	78.229	0.023494	0.16807	9
10	29.335	14.639	0.011160	1.3241	89.606	0.75523	10.684	67.651	78.335	0.023954	0.16798	10
11	29.932	15.236	0.011173	1.2992	89.499	0.76972	10.901	67.539	78.440	0.024413	0.16790	11
12	30.539	15.843	0.011187	1.2748	89.392	0.78443	11.118	67.428	78.546	0.024871	0.16782	12
13	31.155	16.459	0.011200	1.2510	89.285	0.79935	11.336	67.315	78.651	0.025329	0.16774	13
14	31.780	17.084	0.011214	1.2278	89.178	0.81449	11.554	67.203	78.757	0.025786	0.16765	14
15	32.415	17.719	0.011227	1.2050	89.070	0.82986	11.771	67.090	78.861	0.026243	0.16758	15
16	33.060	18.364	0.011241	1.1828	88.962	0.84544	11.989	66.977	78.966	0.026699	0.16750	16
17	33.714	19.018	0.011254	1.1611	88.854	0.86125	12.207	66.864	79.071	0.027154	0.16742	17
18	34.378	19.682	0.011268	1.1399	88.746	0.87729	12.426	66.750	79.176	0.027608	0.16734	18
19	35.052	20.356	0.011282	1.1191	88.637	0.89356	12.644	66.636	79.280	0.028062	0.16727	19
20	35.736	21.040	0.011296	1.0988	88.529	0.91006	12.863	66.522	79.385	0.028515	0.16719	20
21	36.430	21.734	0.011310	1.0790	88.419	0.92679	13.081	66.407	79.488	0.028968	0.16712	21
22	37.135	22.439	0.011324	1.0596	88.310	0.94377	13.300	66.293	79.593	0.029420	0.16704	22
23	37.849	23.153	0.011338	1.0406	88.201	0.96098	13.520	66.177	79.697	0.029871	0.16697	23
24	38.574	23.878	0.011352	1.0220	88.091	0.97843	13.739	66.061	79.800	0.030322	0.16690	24
25	39.310	24.614	0.011366	1.0039	87.981	0.99613	13.958	65.946	79.904	0.030772	0.16683	25
26	40.056	25.360	0.011380	0.98612	87.870	1.0141	14.178	65.829	80.007	0.031221	0.16676	26
27	40.813	26.117	0.011395	0.96874	87.760	1.0323	14.398	65.713	80.111	0.031670	0.16669	27
28	41.580	26.884	0.011409	0.95173	87.649	1.0507	14.618	65.596	80.214	0.032118	0.16662	28
29	42.359	27.663	0.011424	0.93509	87.537	1.0694	14.838	65.478	80.316	0.032566	0.16655	29
30	43.148	28.452	0.011438	0.91880	87.426	1.0884	15.058	65.361	80.419	0.033013	0.16648	30
31	43.948	29.252	0.011453	0.90286	87.314	1.1076	15.279	65.243	80.522	0.033460	0.16642	31
32	44.760	30.064	0.011468	0.88725	87.202	1.1271	15.500	65.124	80.624	0.033905	0.16635	32
33	45.583	30.887	0.011482	0.87197	87.090	1.1468	15.720	65.006	80.726	0.034351	0.16629	33
34	46.417	31.721	0.011497	0.85702	86.977	1.1668	15.942	64.886	80.828	0.034796	0.16622	34
35	47.263	32.567	0.011512	0.84237	86.865	1.1871	16.163	64.767	80.930	0.035240	0.16616	35
36	48.120	33.424	0.011527	0.82803	86.751	1.2077	16.384	64.647	81.031	0.035683	0.16610	36
37	48.989	34.293	0.011542	0.81399	86.638	1.2285	16.606	64.527	81.133	0.036126	0.16604	37
38	49.870	35.174	0.011557	0.80023	86.524	1.2496	16.828	64.406	81.234	0.036569	0.16598	38
39	50.763	36.067	0.011573	0.78676	86.410	1.2710	17.050	64.285	81.335	0.037011	0.16592	39

\* Pulgadas de mercurio bajo una atmósfera estándar.

TABLA 3. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP t	Presión libras por pulg.		Temperatura por grados F.		Temperatura por grados C.		Densidad libras por pulg. <sup>3</sup>			Densidad gramos por cm. <sup>3</sup>		TEMP t
	Absoluta P	Manométrica P <sub>a</sub>	Líquido T <sub>l</sub>	Vapor T <sub>v</sub>	Líquido T <sub>l</sub>	Vapor T <sub>v</sub>	Líquido ρ <sub>l</sub>	Vapor ρ <sub>v</sub>	Vapor ρ <sub>g</sub>	Líquido ρ <sub>l</sub>	Vapor ρ <sub>v</sub>	
40	51.667	36.971	0.011588	0.77357	96.296	1.2927	17.273	64.163	81.436	0.037453	0.16586	40
41	52.584	37.888	.011603	.76064	86.181	1.3147	17.195	64.042	81.537	.037893	.16580	41
42	53.513	38.817	.011619	.74798	86.066	1.3369	17.718	63.919	81.637	.038334	.16574	42
43	54.454	39.758	.011635	.73557	85.951	1.3595	17.941	63.796	81.737	.038774	.16568	43
44	55.407	40.711	.011650	.72341	85.836	1.3823	18.164	63.673	81.837	.039213	.16562	44
45	56.373	41.677	0.011666	0.71149	85.720	1.4055	18.387	63.550	81.937	0.039652	0.16557	45
46	57.352	42.656	.011682	.69982	85.604	1.4289	18.611	63.426	82.037	.040091	.16551	46
47	58.343	43.647	.011698	.68837	85.487	1.4527	18.835	63.301	82.136	.040529	.16546	47
48	59.347	44.651	.011714	.67715	85.371	1.4768	19.059	63.177	82.236	.040966	.16540	48
49	60.364	45.668	.011730	.66616	85.254	1.5012	19.283	63.051	82.334	.041403	.16535	49
50	61.394	46.698	0.011746	0.65537	85.136	1.5258	19.507	62.926	82.433	0.041839	0.16530	50
51	62.437	47.741	.011762	.64480	85.018	1.5509	19.732	62.800	82.532	.042276	.16524	51
52	63.494	48.798	.011779	.63441	84.900	1.5762	19.957	62.673	82.630	.042711	.16519	52
53	64.563	49.867	.011795	.62428	84.782	1.6019	20.182	62.546	82.728	.043146	.16514	53
54	65.646	50.950	.011811	.61431	84.663	1.6278	20.408	62.418	82.826	.043581	.16509	54
55	66.743	52.047	0.011828	0.60453	84.544	1.6542	20.634	62.290	82.924	0.044015	0.16504	55
56	67.853	53.157	.011845	.59495	84.425	1.6808	20.859	62.162	83.021	.044449	.16499	56
57	68.977	54.281	.011862	.58551	84.305	1.7078	21.086	62.033	83.119	.044883	.16494	57
58	70.115	55.419	.011879	.57632	84.185	1.7352	21.312	61.903	83.215	.045316	.16489	58
59	71.267	56.571	.011896	.56727	84.065	1.7628	21.539	61.773	83.312	.045748	.16484	59
60	72.433	57.737	0.011913	0.55839	83.944	1.7909	21.766	61.643	83.409	0.046180	0.16479	60
61	73.613	58.917	.011930	.54967	83.823	1.8193	21.993	61.512	83.505	.046612	.16474	61
62	74.807	60.111	.011947	.54112	83.701	1.8480	22.221	61.380	83.601	.047044	.16470	62
63	76.016	61.320	.011965	.53273	83.580	1.8771	22.448	61.248	83.696	.047475	.16465	63
64	77.239	62.543	.011982	.52450	83.457	1.9066	22.676	61.116	83.792	.047905	.16460	64
65	78.477	63.781	0.012000	0.51642	83.335	1.9364	22.905	60.982	83.887	0.048336	0.16456	65
66	79.729	65.033	.012017	.50848	83.212	1.9666	23.133	60.849	83.982	.048765	.16451	66
67	80.996	66.300	.012035	.50070	83.089	1.9972	23.362	60.715	84.077	.049195	.16447	67
68	82.279	67.583	.012053	.49305	82.965	2.0282	23.591	60.580	84.171	.049624	.16442	68
69	83.576	68.880	.012071	.48555	82.841	2.0595	23.821	60.445	84.266	.050053	.16438	69
70	84.888	70.192	0.012089	0.47818	82.717	2.0913	24.050	60.309	84.359	0.050482	0.16434	70
71	86.216	71.520	.012108	.47094	82.592	2.1234	24.281	60.172	84.453	.050910	.16429	71
72	87.559	72.863	.012126	.46383	82.467	2.1559	24.511	60.035	84.546	.051338	.16425	72
73	88.918	74.222	.012145	.45686	82.341	2.1889	24.741	59.898	84.639	.051766	.16421	73
74	90.292	75.596	.012163	.45000	82.215	2.2222	24.973	59.759	84.732	.052193	.16417	74
75	91.682	76.986	0.012182	0.44327	82.089	2.2560	25.204	59.621	84.825	0.052620	0.16412	75
76	93.087	78.391	.012201	.43666	81.962	2.2901	25.435	59.481	84.916	.053047	.16408	76
77	94.509	79.813	.012220	.43016	81.835	2.3247	25.667	59.341	85.008	.053473	.16404	77
78	95.946	81.250	.012239	.42378	81.707	2.3597	25.899	59.201	85.100	.053900	.16400	78
79	97.400	82.704	.012258	.41751	81.579	2.3951	26.132	59.059	85.191	.054326	.16396	79
80	98.870	84.174	0.012277	0.41135	81.450	2.4310	26.365	58.917	85.282	0.054751	0.16392	80
81	100.36	85.66	.012297	.40530	81.322	2.4673	26.598	58.775	85.373	.055177	.16388	81
82	101.86	87.16	.012316	.39935	81.192	2.5041	26.832	58.631	85.463	.055602	.16384	82
83	103.38	88.68	.012336	.39351	81.063	2.5413	27.065	58.488	85.553	.056027	.16380	83
84	104.92	90.22	.012356	.38776	80.932	2.5789	27.300	58.343	85.643	.056452	.16376	84
85	106.47	91.77	0.012376	0.38212	80.802	2.6170	27.534	58.198	85.732	0.056877	0.16372	85
86	108.04	93.34	.012396	.37657	80.671	2.6556	27.769	58.052	85.821	.057301	.16368	86
87	109.63	94.93	.012416	.37111	80.539	2.6946	28.005	57.905	85.910	.057725	.16364	87
88	111.23	96.53	.012437	.36575	80.407	2.7341	28.241	57.757	85.998	.058149	.16360	88
89	112.85	98.15	.012457	.36047	80.275	2.7741	28.477	57.609	86.086	.058573	.16357	89
90	114.49	99.79	0.012478	0.35529	80.142	2.8146	28.713	57.461	86.174	0.058997	0.16353	90
91	116.15	101.45	.012499	.35019	80.008	2.8556	28.950	57.311	86.261	.059420	.16349	91
92	117.82	103.12	.012520	.34518	79.874	2.8970	29.187	57.161	86.348	.059844	.16345	92
93	119.51	104.81	.012541	.34025	79.740	2.9390	29.425	57.009	86.434	.060267	.16341	93
94	121.22	106.52	.012562	.33540	79.605	2.9815	29.663	56.858	86.521	.060690	.16338	94
95	122.95	108.25	0.012583	0.33063	79.470	3.0245	29.901	56.705	86.606	0.061113	0.16334	95
96	124.70	110.00	.012605	.32594	79.334	3.0680	30.140	56.551	86.691	.061536	.16330	96
97	126.46	111.76	.012627	.32133	79.198	3.1120	30.380	56.397	86.777	.061959	.16326	97
98	128.24	113.54	.012649	.31679	79.061	3.1566	30.619	56.242	86.861	.062381	.16323	98
99	130.04	115.34	.012671	.31233	78.923	3.2017	30.859	56.086	86.945	.062804	.16319	99
100	131.86	117.16	0.012693	0.30794	78.785	3.2474	31.100	55.929	87.029	0.063227	0.16315	100
101	133.70	119.00	.012715	.30362	78.647	3.2936	31.341	55.772	87.113	.063649	.16312	101
102	135.56	120.86	.012738	.29937	78.508	3.3404	31.583	55.613	87.196	.064072	.16308	102
103	137.44	122.74	.012760	.29518	78.368	3.3877	31.824	55.454	87.278	.064494	.16304	103
104	139.33	124.63	0.012783	0.29106	78.228	3.4357	32.067	55.293	87.360	0.064916	0.16301	104

TABLA 3. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb por pulg <sup>2</sup>		VOLUMEN pie <sup>3</sup> por lb		DENSIDAD lb por pie <sup>3</sup>		ENTALPIA** Btu por lb			ENTROPIA** Btu por (lb) (°R)		TEMP F
	Absoluta P	Manomé- trica p	Líquido v <sub>f</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido l/v <sub>f</sub>	Vapor l/v <sub>g</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Latente h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
105	141.25	126.55	0.012806	0.28701	78.088	3.4842	32.310	55.132	87.442	0.065339	0.16297	105
106	143.18	128.48	.012829	.28303	77.946	3.5333	32.553	54.970	87.323	.065761	.16293	106
107	145.13	130.43	.012853	.27910	77.804	3.5829	32.797	54.807	87.604	.066184	.16290	107
108	147.11	132.41	.012876	.27524	77.662	3.6332	33.041	54.643	87.644	.066606	.16286	108
109	149.10	134.40	.012900	.27143	77.519	3.6841	33.286	54.478	87.764	.067029	.16282	109
110	151.11	136.41	0.012924	0.26769	77.376	3.7357	33.531	54.313	87.844	0.067451	0.16279	110
111	153.14	138.44	.012948	.26400	77.231	3.7878	33.777	54.146	87.923	.067873	.16275	111
112	155.19	140.49	.012972	.26037	77.087	3.8406	34.023	53.978	88.001	.068296	.16271	112
113	157.27	142.57	.012997	.25680	76.941	3.8941	34.270	53.809	88.079	.068719	.16268	113
114	159.36	144.66	.013022	.25328	76.795	3.9482	34.517	53.639	88.156	.069141	.16264	114
115	161.47	146.77	0.013047	0.24982	76.649	4.0029	34.765	53.468	88.233	0.069564	0.16260	115
116	163.61	148.91	.013072	.24641	76.501	4.0584	35.014	53.296	88.310	.069987	.16256	116
117	165.76	151.06	.013097	.24304	76.353	4.1145	35.263	53.123	88.386	.070410	.16253	117
118	167.94	153.24	.013123	.23974	76.205	4.1713	35.512	52.949	88.461	.070833	.16249	118
119	170.13	155.43	.013148	.23647	76.056	4.2288	35.762	52.774	88.536	.071257	.16245	119
120	172.35	157.65	0.013174	0.23326	75.906	4.2870	36.013	52.597	88.610	0.071680	0.16241	120
121	174.59	159.89	.013200	.23010	75.755	4.3459	36.264	52.420	88.684	.072104	.16237	121
122	176.85	162.15	.013227	.22698	75.604	4.4056	36.516	52.241	88.757	.072528	.16234	122
123	179.13	164.43	.013254	.22391	75.452	4.4660	36.768	52.062	88.830	.072952	.16230	123
124	181.43	166.73	.013280	.22089	75.299	4.5272	37.021	51.881	88.902	.073376	.16226	124
125	183.76	169.06	0.013308	0.21791	75.145	4.5891	37.275	51.698	88.973	0.073800	0.16222	125
126	186.10	171.40	.013335	.21497	74.991	4.6518	37.529	51.515	89.044	.074225	.16218	126
127	188.47	173.77	.013363	.21207	74.836	4.7153	37.785	51.330	89.115	.074650	.16214	127
128	190.86	176.16	.013390	.20922	74.680	4.7796	38.040	51.144	89.184	.075075	.16210	128
129	193.27	178.57	.013419	.20641	74.524	4.8448	38.296	50.957	89.253	.075501	.16206	129
130	195.71	181.01	0.013447	0.20364	74.367	4.9107	38.553	50.768	89.321	0.075927	0.16202	130
131	198.16	183.46	.013476	.20091	74.209	4.9775	38.811	50.578	89.389	.076353	.16198	131
132	200.64	185.94	.013504	.19821	74.050	5.0451	39.069	50.387	89.456	.076779	.16194	132
133	203.15	188.45	.013534	.19556	73.890	5.1136	39.328	50.194	89.522	.077206	.16189	133
134	205.67	190.97	.013563	.19294	73.729	5.1829	39.588	50.000	89.588	.077633	.16185	134
135	208.22	193.52	0.013593	0.19036	73.568	5.2532	39.848	49.805	89.653	0.078061	0.16181	135
136	210.79	196.09	.013623	.18782	73.406	5.3244	40.110	49.608	89.718	.078489	.16177	136
137	213.39	198.69	.013653	.18531	73.243	5.3965	40.372	49.409	89.781	.078917	.16172	137
138	216.01	201.31	.013684	.18283	73.079	5.4695	40.634	49.210	89.844	.079346	.16168	138
139	218.65	203.95	.013715	.18039	72.914	5.5435	40.898	49.008	89.906	.079775	.16163	139
140	221.32	206.62	0.013746	0.17799	72.748	5.6184	41.162	48.805	89.967	0.080205	0.16159	140
141	224.00	209.30	.013778	.17561	72.581	5.6944	41.427	48.601	90.028	.080635	.16154	141
142	226.72	212.02	.013810	.17327	72.413	5.7713	41.693	48.394	90.087	.081065	.16150	142
143	229.46	214.76	.013842	.17096	72.244	5.8493	41.959	48.187	90.146	.081497	.16145	143
144	232.22	217.52	.013874	.16868	72.075	5.9283	42.227	47.977	90.204	.081928	.16140	144
145	235.00	220.30	0.013907	0.16644	71.904	6.0083	42.495	47.766	90.261	0.082361	0.16135	145
146	237.82	223.12	.013941	.16422	71.732	6.0895	42.765	47.553	90.318	.082794	.16130	146
147	240.65	225.95	.013974	.16203	71.559	6.1717	43.035	47.338	90.373	.083227	.16125	147
148	243.51	228.81	.014008	.15987	71.386	6.2551	43.306	47.122	90.428	.083661	.16120	148
149	246.40	231.70	.014043	.15774	71.211	6.3395	43.578	46.904	90.482	.084096	.16115	149
150	249.31	234.61	0.014078	0.15564	71.035	6.4252	43.850	46.684	90.534	0.084531	0.16110	150
151	252.24	237.54	.014113	.15356	70.857	6.5120	44.124	46.462	90.586	.084967	.16105	151
152	255.20	240.50	.014148	.15151	70.679	6.6001	44.399	46.238	90.637	.085404	.16099	152
153	258.19	243.49	.014184	.14949	70.500	6.6893	44.675	46.012	90.687	.085842	.16094	153
154	261.20	246.50	.014221	.14750	70.319	6.7799	44.951	45.784	90.735	.086280	.16088	154
155	264.24	249.54	0.014258	0.14552	70.137	6.8717	45.229	45.554	90.783	0.086719	0.16083	155
156	267.30	252.60	.014295	.14358	69.954	6.9648	45.508	45.322	90.830	.087159	.16077	156
157	270.39	255.69	.014333	.14166	69.770	7.0592	45.787	45.088	90.875	.087600	.16071	157
158	273.51	258.81	.014371	.13976	69.584	7.1551	46.068	44.852	90.920	.088041	.16065	158
159	276.65	261.95	.014410	.13789	69.397	7.2523	46.350	44.614	90.964	.088484	.16059	159
160	279.82	265.12	0.014449	0.13604	69.209	7.3509	46.633	44.373	91.006	0.088927	0.16053	160
161	283.02	268.32	.014489	.13421	69.019	7.4510	46.917	44.130	91.047	.089371	.16047	161
162	286.24	271.54	.014529	.13241	68.828	7.5525	47.202	43.885	91.087	.089817	.16040	162
163	289.49	274.79	.014570	.13062	68.635	7.6556	47.489	43.637	91.126	.090263	.16034	163
164	292.77	278.07	.014611	.12886	68.441	7.7602	47.777	43.386	91.163	.090710	.16027	164
165	296.07	281.37	0.014653	0.12712	68.245	7.8665	48.065	43.134	91.199	0.091159	0.16021	165
166	299.40	284.70	.014695	.12540	68.048	7.9743	48.355	42.879	91.234	.091608	.16014	166
167	302.76	288.06	.014738	.12370	67.850	8.0838	48.647	42.620	91.267	.092059	.16007	167
168	306.15	291.45	.014782	.12202	67.649	8.1950	48.939	42.360	91.299	.092511	.16000	168
169	309.56	294.86	0.014826	0.12037	67.447	8.3080	49.233	42.097	91.330	0.092964	0.15992	169

TABLA 7. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb por pulg <sup>2</sup>		VOLUMEN pie <sup>3</sup> por lb		DENSIDAD lb por pie <sup>3</sup>		ENTALPIA** Btu por lb			ENTROPIA** Btu por (lb) (°F)		TEMP F
	Absoluta P	Hanomé- trica P	Líquido v <sub>f</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido l <sub>f</sub>	Vapor l <sub>vg</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Latente h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
-50	11.674	6.154*	0.011235	4.2224	89.004	0.23683	-2.511	101.656	99.144	-0.00604	0.24209	-50
-49	11.996	5.498*	0.011248	4.1166	88.905	0.24292	-2.262	101.519	99.257	-0.00543	0.24176	-49
-48	12.324	4.829*	0.011261	4.0140	88.806	0.24913	-2.012	101.381	99.369	-0.00483	0.24143	-48
-47	12.660	4.144*	0.011273	3.9145	88.707	0.25546	-1.762	101.242	99.480	-0.00422	0.24110	-47
-46	13.004	3.445*	0.011286	3.8179	88.607	0.26192	-1.511	101.103	99.592	-0.00361	0.24078	-46
-45	13.354	2.732*	0.011298	3.7243	88.507	0.26851	-1.260	100.963	99.703	-0.00301	0.24046	-45
-44	13.712	2.002*	0.011311	3.6334	88.407	0.27523	-1.009	100.823	99.814	-0.00241	0.24014	-44
-43	14.078	1.258*	0.011324	3.5452	88.307	0.28207	-0.757	100.683	99.925	-0.00181	0.23982	-43
-42	14.451	0.498*	0.011337	3.4586	88.207	0.28905	-0.505	100.541	100.036	-0.00120	0.23951	-42
-41	14.833	0.137	0.011350	3.3764	88.107	0.29617	-0.253	100.399	100.147	-0.00060	0.23919	-41
-40	15.222	0.526	0.011363	3.2957	88.006	0.30342	0.000	100.257	100.257	0.00000	0.23888	-40
-39	15.619	0.923	0.011376	3.2173	87.905	0.31082	0.253	100.114	100.367	0.00060	0.23858	-39
-38	16.024	1.328	0.011389	3.1412	87.805	0.31835	0.506	99.971	100.477	0.00120	0.23827	-38
-37	16.437	1.741	0.011402	3.0673	87.703	0.32602	0.760	99.826	100.587	0.00180	0.23797	-37
-36	16.859	2.163	0.011415	2.9954	87.602	0.33384	1.014	99.682	100.696	0.00240	0.23767	-36
-35	17.290	2.594	0.011428	2.9256	87.501	0.34181	1.269	99.536	100.805	0.00300	0.23737	-35
-34	17.728	3.032	0.011442	2.8578	87.399	0.34992	1.524	99.391	100.914	0.00359	0.23707	-34
-33	18.176	3.480	0.011455	2.7919	87.297	0.35818	1.779	99.244	101.023	0.00419	0.23678	-33
-32	18.633	3.937	0.011469	2.7278	87.195	0.36660	2.035	99.097	101.132	0.00479	0.23649	-32
-31	19.098	4.402	0.011482	2.6655	87.093	0.37517	2.291	98.949	101.240	0.00538	0.23620	-31
-30	19.573	4.877	0.011495	2.6049	86.991	0.38389	2.547	98.801	101.348	0.00598	0.23591	-30
-29	20.056	5.360	0.011509	2.5460	86.888	0.39278	2.804	98.652	101.456	0.00657	0.23563	-29
-28	20.549	5.853	0.011523	2.4887	86.785	0.40182	3.061	98.503	101.564	0.00716	0.23534	-28
-27	21.052	6.356	0.011536	2.4329	86.682	0.41103	3.318	98.353	101.671	0.00776	0.23506	-27
-26	21.564	6.868	0.011550	2.3787	86.579	0.42040	3.576	98.202	101.778	0.00835	0.23478	-26
-25	22.086	7.390	0.011564	2.3260	86.476	0.42993	3.834	98.051	101.885	0.00894	0.23451	-25
-24	22.617	7.921	0.011578	2.2746	86.372	0.43964	4.093	97.899	101.992	0.00953	0.23423	-24
-23	23.159	8.463	0.011592	2.2246	86.269	0.44951	4.352	97.746	102.098	0.01013	0.23396	-23
-22	23.711	9.015	0.011606	2.1760	86.165	0.45956	4.611	97.593	102.204	0.01072	0.23369	-22
-21	24.272	9.576	0.011620	2.1287	86.061	0.46978	4.871	97.439	102.310	0.01131	0.23342	-21
-20	24.845	10.149	0.011634	2.0826	85.956	0.48018	5.131	97.285	102.415	0.01189	0.23315	-20
-19	25.427	10.731	0.011648	2.0377	85.852	0.49075	5.391	97.129	102.521	0.01248	0.23289	-19
-18	26.020	11.324	0.011662	1.9940	85.747	0.50151	5.652	96.974	102.626	0.01307	0.23262	-18
-17	26.624	11.928	0.011677	1.9514	85.642	0.51245	5.913	96.817	102.730	0.01366	0.23236	-17
-16	27.239	12.543	0.011691	1.9099	85.537	0.52358	6.175	96.660	102.835	0.01425	0.23210	-16
-15	27.865	13.169	0.011705	1.8695	85.431	0.53489	6.436	96.502	102.939	0.01483	0.23184	-15
-14	28.501	13.805	0.011720	1.8302	85.326	0.54640	6.699	96.344	103.043	0.01542	0.23159	-14
-13	29.149	14.453	0.011734	1.7918	85.220	0.55810	6.961	96.185	103.146	0.01600	0.23133	-13
-12	29.809	15.113	0.011749	1.7544	85.114	0.56999	7.224	96.025	103.250	0.01659	0.23108	-12
-11	30.480	15.784	0.011764	1.7180	85.008	0.58207	7.488	95.865	103.353	0.01717	0.23083	-11
-10	31.162	16.466	0.011778	1.6825	84.901	0.59436	7.751	95.704	103.455	0.01776	0.23058	-10
-9	31.856	17.160	0.011793	1.6479	84.795	0.60685	8.015	95.542	103.558	0.01834	0.23033	-9
-8	32.563	17.867	0.011808	1.6141	84.688	0.61954	8.280	95.380	103.660	0.01892	0.23008	-8
-7	33.281	18.585	0.011823	1.5812	84.581	0.63244	8.545	95.217	103.762	0.01950	0.22984	-7
-6	34.011	19.315	0.011838	1.5491	84.473	0.64555	8.810	95.053	103.863	0.02009	0.22960	-6
-5	34.754	20.058	0.011853	1.5177	84.366	0.65887	9.075	94.889	103.964	0.02067	0.22936	-5
-4	35.509	20.813	0.011868	1.4872	84.258	0.67240	9.341	94.724	104.065	0.02125	0.22912	-4
-3	36.277	21.581	0.011884	1.4574	84.150	0.68615	9.608	94.558	104.166	0.02183	0.22888	-3
-2	37.057	22.361	0.011899	1.4283	84.042	0.70012	9.874	94.391	104.266	0.02241	0.22864	-2
-1	37.850	23.154	0.011914	1.4000	83.933	0.71431	10.142	94.224	104.366	0.02299	0.22841	-1
0	38.657	23.961	0.011930	1.3723	83.825	0.72872	10.409	94.056	104.465	0.02357	0.22817	0
1	39.476	24.780	0.011945	1.3453	83.716	0.74336	10.677	93.888	104.565	0.02414	0.22794	1
2	40.309	25.613	0.011961	1.3189	83.606	0.75822	10.945	93.718	104.663	0.02472	0.22771	2
3	41.155	26.459	0.011976	1.2931	83.497	0.77332	11.214	93.548	104.762	0.02530	0.22748	3
4	42.014	27.318	0.011992	1.2680	83.387	0.78865	11.483	93.378	104.860	0.02587	0.22725	4
5	42.888	28.192	0.012008	1.2434	83.277	0.80422	11.752	93.206	104.958	0.02645	0.22703	5
6	43.775	29.079	0.012024	1.2195	83.167	0.82003	12.022	93.034	105.056	0.02703	0.22680	6
7	44.676	29.980	0.012040	1.1961	83.057	0.83608	12.292	92.861	105.153	0.02760	0.22658	7
8	45.591	30.895	0.012056	1.1732	82.946	0.85237	12.562	92.688	105.250	0.02818	0.22636	8
9	46.521	31.825	0.012072	1.1509	82.835	0.86892	12.833	92.513	105.346	0.02875	0.22614	9
10	47.464	32.768	0.012088	1.1290	82.724	0.88571	13.104	92.338	105.442	0.02932	0.22592	10
11	48.423	33.727	0.012105	1.1077	82.612	0.90275	13.376	92.162	105.538	0.02990	0.22570	11
12	49.396	34.700	0.012121	1.0869	82.501	0.92005	13.648	91.986	105.633	0.03047	0.22548	12
13	50.384	35.688	0.012138	1.0665	82.389	0.93761	13.920	91.808	105.728	0.03104	0.22527	13
14	51.387	36.691	0.012154	1.0466	82.276	0.95544	14.193	91.630	105.823	0.03161	0.22505	14

\* Pulgadas de mercurio bajo una atmósfera estándar

TABLA 7. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	P.E. (C) lb por pulg <sup>2</sup>		VOLUMEN por por lb		DENSIDAD lb por pulg <sup>3</sup>		ENTALPIA por por lb			ENTROPIA por por (C) (R)		TEMP F
	Absoluta P	Manométrica P	Líquido v <sub>l</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido ρ <sub>l</sub>	Vapor ρ <sub>g</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Líquido h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
15	52.405	37.709	0.012171	1.0272	82.164	0.97352	14.466	91.451	105.917	0.03218	0.22484	15
16	53.438	38.742	0.012188	1.0082	82.051	0.99188	14.739	91.272	106.011	0.03275	0.22463	16
17	54.487	39.791	0.012204	0.98961	81.938	1.0105	15.013	91.091	106.105	0.03332	0.22442	17
18	55.551	40.855	0.012221	0.97144	81.825	1.0294	15.288	90.910	106.198	0.03389	0.22421	18
19	56.631	41.935	0.012238	0.95368	81.711	1.0486	15.562	90.728	106.290	0.03446	0.22400	19
20	57.727	43.031	0.012255	0.93631	81.597	1.0680	15.837	90.545	106.383	0.03503	0.22379	20
21	58.839	44.143	0.012273	0.91932	81.483	1.0878	16.113	90.362	106.475	0.03560	0.22358	21
22	59.967	45.271	0.012290	0.90270	81.368	1.1078	16.389	90.178	106.566	0.03617	0.22338	22
23	61.111	46.415	0.012307	0.88645	81.253	1.1281	16.665	89.993	106.657	0.03674	0.22318	23
24	62.272	47.576	0.012325	0.87055	81.138	1.1487	16.942	89.807	106.748	0.03730	0.22297	24
25	63.450	48.754	0.012342	0.85500	81.023	1.1696	17.219	89.620	106.839	0.03787	0.22277	25
26	64.644	49.948	0.012360	0.83978	80.907	1.1908	17.496	89.433	106.928	0.03844	0.22257	26
27	65.855	51.159	0.012378	0.82489	80.791	1.2123	17.774	89.244	107.018	0.03900	0.22237	27
28	67.083	52.387	0.012395	0.81031	80.675	1.2341	18.052	89.055	107.107	0.03958	0.22217	28
29	68.328	53.632	0.012413	0.79604	80.558	1.2562	18.330	88.865	107.196	0.04013	0.22198	29
30	69.591	54.895	0.012431	0.78208	80.441	1.2786	18.609	88.674	107.284	0.04070	0.22178	30
31	70.871	56.175	0.012450	0.76842	80.324	1.3014	18.889	88.483	107.372	0.04126	0.22158	31
32	72.169	57.473	0.012468	0.75503	80.207	1.3244	19.169	88.290	107.459	0.04182	0.22139	32
33	73.485	58.789	0.012486	0.74194	80.089	1.3478	19.449	88.097	107.546	0.04239	0.22119	33
34	74.818	60.122	0.012505	0.72911	79.971	1.3715	19.729	87.903	107.632	0.04295	0.22100	34
35	76.170	61.474	0.012523	0.71655	79.852	1.3956	20.010	87.708	107.719	0.04351	0.22081	35
36	77.540	62.844	0.012542	0.70425	79.733	1.4199	20.292	87.512	107.804	0.04407	0.22062	36
37	78.929	64.233	0.012561	0.69221	79.614	1.4447	20.574	87.316	107.889	0.04464	0.22043	37
38	80.336	65.640	0.012579	0.68041	79.495	1.4697	20.856	87.118	107.974	0.04520	0.22024	38
39	81.761	67.065	0.012598	0.66885	79.375	1.4951	21.138	86.920	108.058	0.04576	0.22005	39
40	83.206	68.510	0.012618	0.65753	79.255	1.5208	21.422	86.720	108.142	0.04632	0.21986	40
41	84.670	69.974	0.012637	0.64643	79.134	1.5469	21.705	86.520	108.225	0.04688	0.21968	41
42	86.153	71.457	0.012656	0.63557	79.013	1.5734	21.989	86.319	108.308	0.04744	0.21949	42
43	87.655	72.959	0.012676	0.62492	78.892	1.6002	22.273	86.117	108.390	0.04800	0.21931	43
44	89.177	74.481	0.012695	0.61448	78.770	1.6274	22.558	85.914	108.472	0.04855	0.21912	44
45	90.719	76.023	0.012715	0.60425	78.648	1.6549	22.843	85.710	108.553	0.04911	0.21894	45
46	92.280	77.584	0.012735	0.59422	78.526	1.6829	23.129	85.506	108.634	0.04967	0.21876	46
47	93.861	79.165	0.012755	0.58440	78.403	1.7112	23.415	85.300	108.715	0.05023	0.21858	47
48	95.463	80.767	0.012775	0.57476	78.280	1.7398	23.701	85.094	108.795	0.05079	0.21839	48
49	97.085	82.389	0.012795	0.56532	78.157	1.7689	23.988	84.886	108.874	0.05134	0.21821	49
50	98.727	84.031	0.012815	0.55606	78.033	1.7984	24.275	84.678	108.953	0.05190	0.21803	50
51	100.39	85.69	0.012836	0.54698	77.909	1.8282	24.563	84.468	109.031	0.05245	0.21785	51
52	102.07	87.38	0.012856	0.53808	77.784	1.8585	24.851	84.258	109.109	0.05301	0.21768	52
53	103.78	89.08	0.012877	0.52934	77.659	1.8891	25.139	84.047	109.186	0.05357	0.21750	53
54	105.50	90.81	0.012898	0.52078	77.534	1.9202	25.429	83.834	109.263	0.05412	0.21732	54
55	107.25	92.56	0.012919	0.51238	77.408	1.9517	25.718	83.621	109.339	0.05468	0.21714	55
56	109.02	94.32	0.012940	0.50414	77.282	1.9836	26.008	83.407	109.415	0.05523	0.21697	56
57	110.81	96.11	0.012961	0.49606	77.155	2.0159	26.298	83.191	109.490	0.05579	0.21679	57
58	112.62	97.93	0.012982	0.48813	77.028	2.0486	26.589	82.975	109.564	0.05634	0.21662	58
59	114.46	99.76	0.013004	0.48035	76.900	2.0818	26.880	82.758	109.638	0.05689	0.21644	59
60	116.31	101.62	0.013025	0.47272	76.773	2.1154	27.172	82.540	109.712	0.05745	0.21627	60
61	118.19	103.49	0.013047	0.46523	76.644	2.1495	27.464	82.320	109.785	0.05800	0.21610	61
62	120.09	105.39	0.013069	0.45788	76.515	2.1840	27.757	82.100	109.857	0.05855	0.21592	62
63	122.01	107.32	0.013091	0.45066	76.386	2.2190	28.050	81.878	109.929	0.05910	0.21575	63
64	123.96	109.26	0.013114	0.44358	76.257	2.2544	28.344	81.656	110.000	0.05966	0.21558	64
65	125.93	111.23	0.013136	0.43663	76.126	2.2903	28.638	81.432	110.070	0.06021	0.21541	65
66	127.92	113.22	0.013159	0.42981	75.996	2.3266	28.932	81.208	110.140	0.06076	0.21524	66
67	129.94	115.24	0.013181	0.42311	75.865	2.3635	29.228	80.982	110.209	0.06131	0.21507	67
68	131.97	117.28	0.013204	0.41653	75.733	2.4008	29.523	80.755	110.278	0.06186	0.21490	68
69	134.04	119.34	0.013227	0.41007	75.601	2.4386	29.819	80.527	110.346	0.06241	0.21473	69
70	136.12	121.43	0.013251	0.40373	75.469	2.4769	30.116	80.298	110.414	0.06296	0.21456	70
71	138.23	123.54	0.013274	0.39751	75.336	2.5157	30.413	80.068	110.480	0.06351	0.21439	71
72	140.37	125.67	0.013297	0.39139	75.202	2.5550	30.710	79.836	110.547	0.06406	0.21422	72
73	142.52	127.83	0.013321	0.38539	75.068	2.5948	31.008	79.604	110.612	0.06461	0.21405	73
74	144.71	130.01	0.013345	0.37949	74.934	2.6351	31.307	79.370	110.677	0.06516	0.21388	74
75	146.91	132.22	0.013369	0.37369	74.799	2.6760	31.606	79.135	110.741	0.06571	0.21372	75
76	149.15	134.45	0.013393	0.36800	74.664	2.7174	31.906	78.899	110.805	0.06626	0.21355	76
77	151.40	136.71	0.013418	0.36241	74.528	2.7593	32.206	78.662	110.868	0.06681	0.21338	77
78	153.69	138.99	0.013442	0.35691	74.391	2.8018	32.506	78.423	110.930	0.06736	0.21321	78
79	155.99	141.30	0.013467	0.35151	74.254	2.8449	32.808	78.184	110.991	0.06791	0.21305	79

TABLA 7. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb por pulg		TEMPERATURA F		DENSIDAD lb por pulg		ENTALPIA Btu por lb			ENTROPIA Btu por (lb) (°R)		TEMP F
	Absoluta P <sub>a</sub>	Manométrica P <sub>g</sub>	Líquido t <sub>l</sub>	Vapor t <sub>v</sub>	Líquido ρ <sub>l</sub>	Vapor ρ <sub>v</sub>	Líquido h <sub>l</sub>	Latente h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>l</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
80	158.33	143.63	0.013492	0.34621	74.116	2.8885	33.109	77.943	111.052	0.06846	0.21288	80
81	160.68	145.99	.013518	.34099	73.978	2.9326	33.412	77.701	111.112	.06901	.21271	81
82	163.07	148.37	.013543	.33587	73.839	2.9774	33.714	77.457	111.171	.06956	.21255	82
83	165.48	150.78	.013569	.33083	73.700	3.0227	34.018	77.212	111.230	.07011	.21238	83
84	167.92	153.22	.013594	.32588	73.560	3.0686	34.322	76.966	111.288	.07065	.21222	84
85	170.38	155.68	0.013620	0.32101	73.420	3.1151	34.626	76.719	111.345	0.07120	0.21205	85
86	172.87	158.17	.013647	.31623	73.278	3.1622	34.931	76.470	111.401	.07175	.21188	86
87	175.38	160.69	.013673	.31153	73.137	3.2100	35.237	76.220	111.457	.07230	.21172	87
88	177.93	163.23	.013700	.30690	72.994	3.2583	35.543	75.968	111.512	.07285	.21155	88
89	180.50	165.80	.013727	.30236	72.851	3.3073	35.850	75.716	111.566	.07339	.21139	89
90	183.09	168.40	0.013754	0.29789	72.708	3.3570	36.158	75.461	111.619	0.07394	0.21122	90
91	185.72	171.02	.013781	.29349	72.564	3.4073	36.466	75.206	111.671	.07449	.21106	91
92	188.37	173.67	.013809	.28917	72.419	3.4582	36.774	74.949	111.723	.07504	.21089	92
93	191.05	176.35	.013836	.28491	72.273	3.5098	37.084	74.690	111.774	.07559	.21072	93
94	193.76	179.06	.013864	.28073	72.127	3.5621	37.394	74.430	111.824	.07613	.21056	94
95	196.50	181.80	0.013893	0.27662	71.980	3.6151	37.704	74.168	111.873	0.07668	0.21039	95
96	199.26	184.56	.013921	.27257	71.833	3.6688	38.016	73.905	111.921	.07723	.21023	96
97	202.05	187.36	.013950	.26859	71.685	3.7232	38.328	73.641	111.968	.07778	.21006	97
98	204.87	190.18	.013979	.26467	71.536	3.7783	38.640	73.375	112.015	.07832	.20989	98
99	207.72	193.03	.014008	.26081	71.386	3.8341	38.953	73.107	112.060	.07887	.20973	99
100	210.60	195.91	0.014038	0.25702	71.236	3.8907	39.267	72.838	112.105	0.07942	0.20956	100
101	213.51	198.82	.014068	.25329	71.084	3.9481	39.582	72.567	112.149	.07997	.20939	101
102	216.45	201.76	.014098	.24962	70.933	4.0062	39.897	72.294	112.192	.08052	.20923	102
103	219.42	204.72	.014128	.24600	70.780	4.0651	40.213	72.020	112.233	.08107	.20906	103
104	222.42	207.72	.014159	.24244	70.626	4.1247	40.530	71.744	112.274	.08161	.20889	104
105	225.45	210.75	0.014190	0.23894	70.472	4.1852	40.847	71.467	112.314	0.08216	0.20872	105
106	228.50	213.81	.014221	.23549	70.317	4.2465	41.166	71.187	112.353	.08271	.20855	106
107	231.59	216.90	.014253	.23209	70.161	4.3086	41.485	70.906	112.391	.08326	.20838	107
108	234.71	220.02	.014285	.22875	70.005	4.3715	41.804	70.623	112.427	.08381	.20821	108
109	237.86	223.17	.014317	.22546	69.847	4.4354	42.125	70.338	112.463	.08436	.20804	109
110	241.04	226.35	0.014350	0.22222	69.689	4.5000	42.446	70.052	112.498	0.08491	0.20787	110
111	244.25	229.56	.014382	.21903	69.529	4.5656	42.768	69.763	112.531	.08546	.20770	111
112	247.50	232.80	.014416	.21589	69.369	4.6321	43.091	69.473	112.564	.08601	.20753	112
113	250.77	236.08	.014449	.21279	69.208	4.6994	43.415	69.180	112.595	.08656	.20736	113
114	254.08	239.38	.014483	.20974	69.046	4.7677	43.739	68.886	112.626	.08711	.20718	114
115	257.42	242.72	0.014517	0.20674	68.883	4.8370	44.065	68.590	112.655	0.08766	0.20701	115
116	260.79	246.10	.014552	.20378	68.719	4.9072	44.391	68.291	112.682	.08821	.20684	116
117	264.20	249.50	.014587	.20087	68.554	4.9784	44.718	67.991	112.709	.08876	.20666	117
118	267.63	252.94	.014622	.19800	68.388	5.0506	45.046	67.688	112.735	.08932	.20649	118
119	271.10	256.41	.014658	.19517	68.221	5.1238	45.375	67.384	112.759	.08987	.20631	119
120	274.60	259.91	0.014694	0.19238	68.054	5.1981	45.705	67.077	112.782	0.09042	0.20613	120
121	278.14	263.44	.014731	.18963	67.885	5.2734	46.036	66.771	112.803	.09098	.20595	121
122	281.71	267.01	.014768	.18692	67.714	5.3498	46.368	66.456	112.824	.09153	.20578	122
123	285.31	270.62	.014805	.18426	67.543	5.4272	46.701	66.142	112.843	.09208	.20560	123
124	288.95	274.25	.014843	.18163	67.371	5.5058	47.034	65.826	112.860	.09264	.20542	124
125	292.62	277.92	0.014882	0.17903	67.197	5.5856	47.369	65.507	112.877	0.09320	0.20523	125
126	296.33	281.63	.014920	.17648	67.023	5.6665	47.705	65.186	112.891	.09375	.20505	126
127	300.07	285.37	.014960	.17396	66.847	5.7486	48.042	64.863	112.905	.09431	.20487	127
128	303.84	289.14	.014999	.17147	66.670	5.8319	48.380	64.537	112.917	.09487	.20468	128
129	307.65	292.95	.015039	.16902	66.492	5.9164	48.719	64.208	112.927	.09543	.20449	129
130	311.50	296.80	0.015080	0.16661	66.312	6.0022	49.059	63.877	112.936	0.09598	0.20431	130
131	315.38	300.68	.015121	.16422	66.131	6.0893	49.400	63.543	112.943	.09654	.20412	131
132	319.29	304.60	.015163	.16187	65.949	6.1777	49.743	63.206	112.949	.09711	.20393	132
133	323.25	308.55	.015206	.15956	65.766	6.2674	50.087	62.866	112.953	.09767	.20374	133
134	327.23	312.54	.015248	.15727	65.581	6.3585	50.432	62.523	112.955	.09823	.20354	134
135	331.26	316.56	0.015292	0.15501	65.394	6.4510	50.778	62.178	112.956	0.09879	0.20335	135
136	335.32	320.63	.015336	.15279	65.207	6.5450	51.125	61.829	112.954	.09936	.20315	136
137	339.42	324.73	.015381	.15059	65.017	6.6405	51.474	61.477	112.951	.09992	.20295	137
138	343.56	328.86	.015426	.14843	64.828	6.7374	51.824	61.123	112.947	.10049	.20275	138
139	347.73	333.04	.015472	.14629	64.634	6.8359	52.175	60.764	112.940	.10106	.20255	139
140	351.94	337.25	0.015518	0.14418	64.440	6.9360	52.528	60.403	112.931	0.10163	0.20235	140
141	356.19	341.50	.015566	.14209	64.244	7.0377	52.883	60.038	112.921	.10220	.20214	141
142	360.48	345.79	.015613	.14004	64.047	7.1410	53.238	59.670	112.908	.10277	.20194	142
143	364.81	350.11	.015662	.13801	63.848	7.2461	53.596	59.298	112.893	.10334	.20173	143
144	369.17	354.48	.015712	.13600	63.647	7.3529	53.955	58.922	112.877	.10391	.20152	144

TABLA 15. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb por pulg		VOLUMEN pie <sup>3</sup> por lb		DENSIDAD lb por pie <sup>3</sup>		ENTALPIA Btu por lb			ENTROPIA Btu por lb °R		TEMP F
	Absoluta P	Manométrica P	Líquido v <sub>f</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido ρ <sub>f</sub>	Vapor ρ <sub>g</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Entalpia h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
- 35	21.42	6.72	0.01089	1.8637	91.85	0.5366	1.30	74.50	75.80	0.0031	0.1785	- 35
- 34	21.93	7.24	0.01090	1.8226	91.74	0.5487	1.56	74.37	75.93	0.0037	0.1784	- 34
- 33	22.46	7.76	0.01091	1.7825	91.63	0.5610	1.82	74.24	76.06	0.0043	0.1783	- 33
- 32	23.00	8.30	0.01093	1.7436	91.52	0.5735	2.07	74.11	76.18	0.0049	0.1781	- 32
- 31	23.54	8.84	0.01094	1.7056	91.41	0.5863	2.34	73.97	76.31	0.0055	0.1780	- 31
- 30	24.10	9.40	0.01095	1.6687	91.30	0.5993	2.60	73.84	76.44	0.0061	0.1779	- 30
- 29	24.66	9.97	0.01097	1.6328	91.19	0.6124	2.85	73.71	76.56	0.0067	0.1778	- 29
- 28	25.24	10.54	0.01098	1.5978	91.08	0.6259	3.12	73.57	76.69	0.0073	0.1777	- 28
- 27	25.82	11.13	0.01099	1.5637	90.97	0.6395	3.38	73.44	76.82	0.0079	0.1776	- 27
- 26	26.42	11.72	0.01101	1.5305	90.85	0.6534	3.64	73.30	76.94	0.0085	0.1775	- 26
- 25	27.02	12.33	0.01102	1.4982	90.74	0.6675	3.90	73.17	77.07	0.0091	0.1774	- 25
- 24	27.64	12.95	0.01103	1.4667	90.63	0.6818	4.16	73.03	77.19	0.0097	0.1773	- 24
- 23	28.27	13.57	0.01105	1.4360	90.52	0.6964	4.43	72.89	77.32	0.0103	0.1772	- 23
- 22	28.91	14.21	0.01106	1.4061	90.40	0.7112	4.69	72.75	77.44	0.0109	0.1771	- 22
- 21	29.56	14.86	0.01108	1.3770	90.29	0.7262	4.95	72.62	77.57	0.0115	0.1770	- 21
- 20	30.22	15.52	0.01109	1.3486	90.18	0.7415	5.21	72.48	77.69	0.0121	0.1769	- 20
- 19	30.89	16.19	0.01110	1.3209	90.06	0.7571	5.48	72.34	77.82	0.0127	0.1768	- 19
- 18	31.57	16.88	0.01112	1.2939	89.95	0.7729	5.74	72.20	77.94	0.0133	0.1767	- 18
- 17	32.27	17.57	0.01113	1.2676	89.83	0.7889	6.01	72.06	78.07	0.0139	0.1766	- 17
- 16	32.97	18.28	0.01115	1.2419	89.72	0.8052	6.27	71.92	78.19	0.0145	0.1766	- 16
- 15	33.69	18.99	0.01116	1.2169	89.60	0.8218	6.54	71.78	78.32	0.0151	0.1765	- 15
- 14	34.42	19.72	0.01117	1.1925	89.49	0.8386	6.80	71.64	78.44	0.0156	0.1764	- 14
- 13	35.16	20.46	0.01119	1.1686	89.37	0.8557	7.06	71.50	78.56	0.0162	0.1763	- 13
- 12	35.91	21.22	0.01120	1.1454	89.26	0.8731	7.33	71.36	78.69	0.0168	0.1762	- 12
- 11	36.68	21.98	0.01122	1.1227	89.14	0.8907	7.60	71.21	78.81	0.0174	0.1761	- 11
- 10	37.46	22.76	0.01123	1.1006	89.02	0.9086	7.86	71.07	78.93	0.0180	0.1760	- 10
- 9	38.25	23.55	0.01125	1.0790	88.91	0.9268	8.13	70.93	79.06	0.0186	0.1760	- 9
- 8	39.05	24.35	0.01126	1.0579	88.79	0.9453	8.40	70.78	79.18	0.0192	0.1759	- 8
- 7	39.86	25.17	0.01128	1.0373	88.67	0.9640	8.66	70.64	79.30	0.0198	0.1758	- 7
- 6	40.69	26.00	0.01129	1.0172	88.55	0.9831	8.93	70.49	79.42	0.0204	0.1757	- 6
- 5	41.53	26.84	0.01131	0.9976	88.44	1.0024	9.20	70.34	79.54	0.0209	0.1756	- 5
- 4	42.39	27.69	0.01132	0.9784	88.32	1.0220	9.47	70.20	79.67	0.0215	0.1756	- 4
- 3	43.26	28.56	0.01134	0.9597	88.20	1.0420	9.74	70.05	79.79	0.0221	0.1755	- 3
- 2	44.14	29.44	0.01135	0.9414	88.08	1.0622	10.00	69.91	79.91	0.0227	0.1754	- 2
- 1	45.03	30.33	0.01137	0.9236	87.96	1.0828	10.27	69.76	80.03	0.0233	0.1753	- 1
0	45.94	31.24	0.01138	0.9061	87.84	1.1036	10.54	69.61	80.15	0.0239	0.1753	0
1	46.86	32.16	0.01140	0.8891	87.72	1.1248	10.81	69.46	80.27	0.0244	0.1752	1
2	47.79	33.10	0.01142	0.8724	87.60	1.1463	11.08	69.31	80.39	0.0250	0.1751	2
3	48.74	34.05	0.01143	0.8561	87.48	1.1681	11.35	69.16	80.51	0.0256	0.1751	3
4	49.71	35.01	0.01145	0.8402	87.36	1.1902	11.62	69.01	80.63	0.0262	0.1750	4
5	50.68	35.99	0.01146	0.8247	87.24	1.2126	11.89	68.86	80.75	0.0268	0.1749	5
6	51.68	36.98	0.01148	0.8094	87.12	1.2354	12.16	68.70	80.86	0.0273	0.1749	6
7	52.68	37.99	0.01149	0.7946	87.00	1.2585	12.43	68.55	80.98	0.0279	0.1748	7
8	53.70	39.01	0.01151	0.7800	86.88	1.2820	12.70	68.40	81.10	0.0285	0.1747	8
9	54.74	40.04	0.01153	0.7658	86.76	1.3058	12.98	68.24	81.22	0.0291	0.1747	9
10	55.79	41.09	0.01154	0.7519	86.63	1.3300	13.25	68.08	81.33	0.0296	0.1746	10
11	56.86	42.16	0.01156	0.7383	86.51	1.3545	13.52	67.93	81.45	0.0302	0.1745	11
12	57.94	43.24	0.01158	0.7250	86.39	1.3793	13.80	67.77	81.57	0.0308	0.1745	12
13	59.03	44.34	0.01159	0.7120	86.26	1.4045	14.06	67.62	81.68	0.0314	0.1744	13
14	60.14	45.45	0.01161	0.6992	86.14	1.4301	14.34	67.46	81.80	0.0319	0.1743	14
15	61.27	46.57	0.01163	0.6868	86.02	1.4561	14.62	67.30	81.92	0.0325	0.1743	15
16	62.41	47.72	0.01164	0.6746	85.89	1.4824	14.89	67.14	82.03	0.0331	0.1742	16
17	63.57	48.88	0.01166	0.6626	85.77	1.5091	15.16	66.98	82.14	0.0336	0.1742	17
18	64.75	50.05	0.01168	0.6510	85.64	1.5362	15.44	66.82	82.26	0.0342	0.1741	18
19	65.94	51.24	0.01169	0.6395	85.52	1.5637	15.71	66.66	82.37	0.0348	0.1740	19
20	67.14	52.45	0.01171	0.6283	85.39	1.5915	15.99	66.50	82.49	0.0354	0.1740	20
21	68.37	53.67	0.01173	0.6174	85.26	1.6198	16.26	66.34	82.60	0.0359	0.1739	21
22	69.61	54.91	0.01175	0.6066	85.14	1.6485	16.54	66.17	82.71	0.0365	0.1739	22
23	70.86	56.17	0.01176	0.5961	85.01	1.6775	16.81	66.01	82.82	0.0371	0.1738	23
24	72.13	57.44	0.01178	0.5858	84.88	1.7070	17.10	65.84	82.94	0.0376	0.1738	24
25	73.42	58.73	0.01180	0.5757	84.76	1.7369	17.37	65.68	83.05	0.0382	0.1737	25
26	74.73	60.04	0.01182	0.5659	84.63	1.7672	17.65	65.51	83.16	0.0388	0.1736	26
27	76.06	61.36	0.01183	0.5562	84.50	1.7980	17.93	65.34	83.27	0.0393	0.1736	27
28	77.40	62.70	0.01185	0.5467	84.37	1.8292	18.21	65.17	83.38	0.0399	0.1735	28
29	78.76	64.06	0.01187	0.5374	84.24	1.8608	18.48	65.01	83.49	0.0405	0.1735	29



TABLA 15. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	PRESION lb por pulg <sup>2</sup>		VOLUMEN pie por lb		DENSIDAD lb por pie		ENTALPIA** Btu por lb			ENTROPIA** Btu por (lb) (°R)		TEMP F
	Absoluta p	Hanomé- trica p	Líquido v <sub>f</sub>	Vapor v <sub>g</sub>	Líquido 1/v <sub>f</sub>	Vapor 1/v <sub>g</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Latente h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>f</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
30	80.13	65.44	0.01189	0.5283	84.11	1.8928	18.76	64.84	83.60	0.0410	0.1734	30
31	81.53	66.83	.01191	.5194	83.98	1.9253	19.04	64.67	83.71	.0416	.1734	31
32	82.94	68.24	.01193	.5106	83.85	1.9583	19.32	64.49	83.81	.0422	.1733	32
33	84.37	69.67	.01194	.5021	83.72	1.9917	19.60	64.32	83.92	.0427	.1733	33
34	85.82	71.12	.01196	.4937	83.59	2.0256	19.88	64.15	84.03	.0433	.1732	34
35	87.28	72.59	0.01198	0.4854	83.46	2.0600	20.17	63.97	84.14	0.0438	0.1732	35
36	88.77	74.07	.01200	.4774	83.33	2.0948	20.44	63.80	84.24	.0444	.1731	36
37	90.27	75.58	.01202	.4695	83.20	2.1301	20.73	63.62	84.35	.0450	.1730	37
38	91.80	77.10	.01204	.4617	83.07	2.1659	21.01	63.44	84.45	.0455	.1730	38
39	93.34	78.64	.01206	.4541	82.93	2.2022	21.29	63.27	84.56	.0461	.1729	39
40	94.90	80.20	0.01208	0.4466	82.80	2.2390	21.57	63.09	84.66	0.0466	0.1729	40
41	96.48	81.78	.01210	.4393	82.67	2.2763	21.86	62.91	84.77	.0472	.1728	41
42	98.08	83.38	.01212	.4321	82.53	2.3142	22.14	62.73	84.87	.0478	.1728	42
43	99.70	85.00	.01214	.4251	82.40	2.3525	22.42	62.55	84.97	.0483	.1727	43
44	101.3	86.64	.01216	.4182	82.26	2.3914	22.71	62.36	85.07	.0489	.1727	44
45	103.0	88.30	0.01218	0.4114	82.13	2.4308	22.99	62.18	85.17	0.0494	0.1726	45
46	104.7	89.97	.01220	.4047	81.99	2.4708	23.28	61.99	85.27	.0500	.1726	46
47	106.4	91.67	.01222	.3982	81.86	2.5113	23.57	61.81	85.38	.0505	.1725	47
48	108.1	93.39	.01224	.3918	81.72	2.5524	23.85	61.62	85.47	.0511	.1725	48
49	109.8	95.13	.01226	.3855	81.58	2.5940	24.14	61.43	85.57	.0517	.1724	49
50	111.6	96.89	0.01228	0.3793	81.44	2.6362	24.42	61.25	85.67	0.0522	0.1724	50
51	113.4	98.66	.01230	.3733	81.31	2.6790	24.71	61.06	85.77	.0528	.1723	51
52	115.2	100.5	.01232	.3673	81.17	2.7224	25.00	60.87	85.87	.0533	.1723	52
53	117.0	102.3	.01234	.3615	81.03	2.7664	25.29	60.67	85.96	.0539	.1722	53
54	118.8	104.1	.01236	.3557	80.89	2.8110	25.58	60.48	86.06	.0544	.1722	54
55	120.7	106.0	0.01238	0.3501	80.75	2.8562	25.87	60.28	86.15	0.0550	0.1721	55
56	122.6	107.9	.01241	.3446	80.61	2.9020	26.16	60.09	86.25	.0555	.1721	56
57	124.5	109.8	.01243	.3392	80.47	2.9485	26.44	59.90	86.34	.0561	.1720	57
58	126.4	111.7	.01245	.3338	80.33	2.9956	26.73	59.70	86.43	.0566	.1720	58
59	128.4	113.7	.01247	.3286	80.18	3.0434	27.02	59.50	86.52	.0572	.1719	59
60	130.3	115.6	0.01249	0.3234	80.04	3.0918	27.32	59.30	86.62	0.0578	0.1719	60
61	132.3	117.6	.01252	.3184	79.90	3.1409	27.61	59.10	86.71	.0583	.1718	61
62	134.3	119.6	.01254	.3134	79.76	3.1907	27.91	58.89	86.80	.0589	.1717	62
63	136.4	121.7	.01256	.3085	79.61	3.2411	28.19	58.69	86.88	.0594	.1717	63
64	138.4	123.7	.01258	.3037	79.47	3.2923	28.48	58.49	86.97	.0600	.1716	64
65	140.5	125.8	0.01261	0.2990	79.32	3.3442	28.78	58.28	87.06	0.0605	0.1716	65
66	142.6	127.9	.01263	.2944	79.18	3.3968	29.08	58.07	87.15	.0611	.1715	66
67	144.8	130.1	.01265	.2898	79.03	3.4502	29.37	57.86	87.23	.0616	.1715	67
68	146.9	132.2	.01268	.2854	78.88	3.5043	29.67	57.65	87.32	.0622	.1714	68
69	149.1	134.4	.01270	.2810	78.74	3.5591	29.96	57.44	87.40	.0627	.1714	69
70	151.3	136.6	0.01272	0.2766	78.59	3.6147	30.25	57.23	87.48	0.0633	0.1713	70
71	153.5	138.8	.01275	.2724	78.44	3.6712	30.55	57.01	87.56	.0638	.1712	71
72	155.8	141.1	.01277	.2682	78.29	3.7284	30.85	56.80	87.65	.0644	.1712	72
73	158.0	143.3	.01280	.2641	78.14	3.7864	31.15	56.58	87.73	.0649	.1711	73
74	160.3	145.6	.01282	.2601	77.99	3.8452	31.45	56.36	87.81	.0655	.1711	74
75	162.7	148.0	0.01285	0.2561	77.84	3.9049	31.74	56.14	87.88	0.0660	0.1710	75
76	165.0	150.3	.01287	.2522	77.68	3.9654	32.04	55.92	87.96	.0665	.1709	76
77	167.4	152.7	.01290	.2483	77.53	4.0268	32.34	55.70	88.04	.0671	.1709	77
78	169.8	155.1	.01292	.2446	77.38	4.0890	32.64	55.47	88.11	.0676	.1708	78
79	172.2	157.5	.01295	.2408	77.22	4.1522	32.94	55.25	88.19	.0682	.1707	79
80	174.6	159.9	0.01298	0.2372	77.07	4.2162	33.24	55.02	88.26	0.0687	0.1707	80
81	177.1	162.4	.01300	.2336	76.91	4.2812	33.54	54.79	88.33	.0693	.1706	81
82	179.6	164.9	.01303	.2300	76.76	4.3471	33.84	54.56	88.40	.0698	.1706	82
83	182.1	167.4	.01305	.2266	76.60	4.4140	34.14	54.33	88.47	.0704	.1705	83
84	184.7	170.0	.01308	.2231	76.44	4.4819	34.45	54.09	88.54	.0709	.1704	84
85	187.2	172.5	0.01311	0.2197	76.29	4.5507	34.75	53.86	88.61	0.0715	0.1703	85
86	189.8	175.1	.01314	.2164	76.13	4.6206	35.06	53.62	88.68	.0720	.1703	86
87	192.5	177.8	.01316	.2132	75.97	4.6915	35.36	53.38	88.74	.0726	.1702	87
88	195.1	180.4	.01319	.2099	75.80	4.7634	35.67	53.14	88.81	.0731	.1701	88
89	197.8	183.1	.01322	.2068	75.64	4.8364	35.97	52.90	88.87	.0737	.1701	89
90	200.5	185.8	0.01325	0.2036	75.48	4.9105	36.28	52.65	88.93	0.0742	0.1700	90
91	203.2	188.5	.01328	.2006	75.32	4.9856	36.59	52.40	88.99	.0747	.1699	91
92	206.0	191.3	.01331	.1976	75.15	5.0619	36.89	52.16	89.05	.0753	.1698	92
93	208.8	194.1	.01334	.1946	74.99	5.1394	37.20	51.91	89.11	.0758	.1697	93
94	211.6	196.9	.01337	.1916	74.82	5.2180	37.51	51.65	89.16	.0764	.1697	94

TABLA 15. . . PROPIEDADES DEL LIQUIDO Y VAPOR SATURADOS (continuación)

TEMP F	TEMPERATURA		DENSIDAD		VOLUMEN		ENTALPIA			ENTALPIA		TEMP F
	Absoluta t	Manométrica p	Líquido ρ <sub>l</sub>	Vapor ρ <sub>v</sub>	Líquido v <sub>l</sub>	Vapor v <sub>v</sub>	Líquido h <sub>f</sub>	Saturado h <sub>fg</sub>	Vapor h <sub>g</sub>	Líquido s <sub>l</sub>	Vapor s <sub>g</sub>	
95	214.4	199.7	0.01340	0.1888	74.65	5.2979	37.82	51.40	89.22	0.0769	0.1696	95
96	217.3	202.6	0.01343	0.1859	74.48	5.3789	38.13	51.14	89.27	0.0775	0.1695	96
97	220.2	205.5	0.01346	0.1831	74.32	5.4612	38.44	50.88	89.32	0.0780	0.1694	97
98	223.1	208.4	0.01349	0.1804	74.15	5.5447	38.75	50.62	89.37	0.0786	0.1693	98
99	226.1	211.4	0.01352	0.1776	73.97	5.6296	39.06	50.36	89.42	0.0791	0.1692	99
100	229.1	214.4	0.01355	0.1750	73.80	5.7157	39.37	50.10	89.47	0.0796	0.1692	100
101	232.1	217.4	0.01358	0.1723	73.63	5.8033	39.68	49.83	89.51	0.0802	0.1691	101
102	235.1	220.4	0.01361	0.1697	73.45	5.8921	40.00	49.56	89.56	0.0807	0.1690	102
103	238.2	223.5	0.01365	0.1672	73.28	5.9824	40.31	49.29	89.60	0.0813	0.1689	103
104	241.3	226.6	0.01368	0.1646	73.10	6.0741	40.62	49.02	89.64	0.0818	0.1688	104
105	244.4	229.7	0.01371	0.1621	72.92	6.1673	40.94	48.74	89.68	0.0824	0.1687	105
106	247.6	232.9	0.01375	0.1597	72.74	6.2620	41.25	48.47	89.72	0.0829	0.1686	106
107	250.7	236.0	0.01378	0.1573	72.56	6.3582	41.57	48.18	89.75	0.0834	0.1685	107
108	254.0	239.3	0.01382	0.1549	72.38	6.4560	41.88	47.90	89.78	0.0840	0.1684	108
109	257.2	242.5	0.01385	0.1525	72.20	6.5554	42.20	47.62	89.82	0.0845	0.1683	109
110	260.5	245.8	0.01389	0.1502	72.01	6.6564	42.52	47.33	89.85	0.0851	0.1682	110
111	263.8	249.1	0.01392	0.1480	71.83	6.7590	42.83	47.04	89.87	0.0856	0.1680	111
112	267.1	252.4	0.01396	0.1457	71.64	6.8634	43.15	46.75	89.90	0.0862	0.1679	112
113	270.5	255.8	0.01400	0.1435	71.45	6.9695	43.47	46.45	89.92	0.0867	0.1678	113
114	273.9	259.2	0.01403	0.1413	71.26	7.0775	43.79	46.15	89.94	0.0872	0.1677	114
115	277.3	262.6	0.01407	0.1391	71.07	7.1872	44.11	45.85	89.96	0.0878	0.1676	115
116	280.8	266.1	0.01411	0.1370	70.87	7.2988	44.43	45.55	89.98	0.0883	0.1674	116
117	284.3	269.6	0.01415	0.1349	70.68	7.4129	44.75	45.24	89.99	0.0889	0.1673	117
118	287.8	273.1	0.01419	0.1328	70.48	7.5297	45.07	44.93	90.00	0.0894	0.1672	118
119	291.4	276.7	0.01423	0.1308	70.28	7.6454	45.39	44.62	90.01	0.0899	0.1671	119
120	295.0	280.3	0.01427	0.1288	70.08	7.7649	45.71	44.31	90.02	0.0905	0.1669	120
121	298.6	283.9	0.01431	0.1268	69.88	7.8866	46.04	44.00	90.03	0.0910	0.1668	121
122	302.2	287.5	0.01435	0.1248	69.68	8.0103	46.36	43.67	90.03	0.0916	0.1666	122
123	305.9	291.2	0.01439	0.1229	69.47	8.1365	46.68	43.35	90.03	0.0921	0.1665	123
124	309.7	295.0	0.01444	0.1210	69.26	8.2648	47.00	43.02	90.02	0.0926	0.1663	124
125	313.4	298.7	0.01448	0.1191	69.05	8.3955	47.33	42.69	90.02	0.0932	0.1662	125
126	317.2	302.5	0.01453	0.1173	68.84	8.5285	47.65	42.36	90.01	0.0937	0.1660	126
127	321.0	306.3	0.01457	0.1154	68.62	8.6639	47.97	42.03	90.00	0.0942	0.1659	127
128	324.9	310.2	0.01462	0.1136	68.41	8.8019	48.29	41.69	89.98	0.0948	0.1657	128
129	328.8	314.1	0.01467	0.1118	68.19	8.9424	48.62	41.35	89.97	0.0953	0.1655	129
130	332.7	318.0	0.01471	0.1101	67.96	9.0855	48.95	41.00	89.95	0.0958	0.1654	130
131	336.6	321.9	0.01476	0.1083	67.74	9.2313	49.27	40.65	89.92	0.0964	0.1652	131
132	340.6	325.9	0.01481	0.1066	67.51	9.3798	49.59	40.30	89.89	0.0969	0.1650	132
133	344.7	330.0	0.01486	0.1049	67.28	9.5312	49.91	39.95	89.86	0.0974	0.1648	133
134	348.7	334.0	0.01491	0.1032	67.05	9.6854	50.24	39.59	89.83	0.0979	0.1646	134
135	352.8	338.1	0.01497	0.1016	66.81	9.8425	50.56	39.23	89.79	0.0985	0.1644	135
136	357.0	342.3	0.01502	0.9997	66.58	10.003	50.88	38.87	89.75	0.0990	0.1642	136
137	361.1	346.4	0.01508	0.9983	66.33	10.166	51.21	38.50	89.71	0.0995	0.1640	137
138	365.3	350.6	0.01513	0.9967	66.09	10.332	51.53	38.13	89.66	0.1000	0.1638	138
139	369.6	354.9	0.01519	0.9952	65.84	10.502	51.86	37.75	89.61	0.1006	0.1636	139
140	373.8	359.1	0.01525	0.9936	65.59	10.674	52.17	37.38	89.55	0.1011	0.1634	140
141	378.2	363.5	0.01531	0.9921	65.33	10.850	52.49	37.00	89.49	0.1016	0.1632	141
142	382.5	367.8	0.01537	0.9906	65.07	11.030	52.81	36.62	89.43	0.1021	0.1630	142
143	386.9	372.2	0.01543	0.9891	64.81	11.212	53.13	36.23	89.36	0.1026	0.1627	143
144	391.3	376.6	0.01549	0.9877	64.54	11.398	53.45	35.84	89.29	0.1031	0.1625	144
145	395.8	381.1	0.01556	0.9863	64.27	11.588	53.77	35.45	89.22	0.1036	0.1622	145
146	400.3	385.6	0.01563	0.9849	63.99	11.780	54.08	35.06	89.14	0.1041	0.1620	146
147	404.8	390.1	0.01570	0.9835	63.71	11.977	54.39	34.67	89.06	0.1046	0.1617	147
148	409.4	394.7	0.01577	0.9821	63.42	12.176	54.70	34.27	88.97	0.1051	0.1615	148
149	414.0	399.3	0.01584	0.9807	63.13	12.379	55.01	33.87	88.88	0.1056	0.1612	149
150	418.6	403.9	0.01591	0.9794	62.84	12.585	55.32	33.47	88.79	0.1061	0.1610	150
151	423.3	408.6	0.01599	0.9781	62.53	12.794	55.62	33.08	88.70	0.1065	0.1607	151
152	428.1	413.4	0.01607	0.9768	62.22	13.007	55.92	32.68	88.60	0.1070	0.1604	152
153	432.8	418.1	0.01615	0.9756	61.91	13.222	56.22	32.28	88.50	0.1075	0.1601	153
154	437.6	422.9	0.01624	0.9744	61.59	13.439	56.51	31.88	88.39	0.1079	0.1599	154
155	442.5	427.8	0.01632	0.9732	61.26	13.659	56.80	31.48	88.28	0.1084	0.1596	155
156	447.4	432.7	0.01641	0.9720	60.92	13.882	57.10	31.08	88.18	0.1088	0.1593	156
157	452.3	437.6	0.01651	0.9708	60.58	14.106	57.38	30.69	88.07	0.1093	0.1590	157
158	457.2	442.5	0.01661	0.9697	60.22	14.331	57.66	30.30	87.96	0.1097	0.1587	158
159	462.3	447.6	0.01671	0.9686	59.86	14.557	57.94	29.91	87.85	0.1101	0.1585	159
160	467.3	452.6	0.01681	0.9676	59.49	14.784	58.21	29.53	87.74	0.1105	0.1582	160

## DATOS MISCELANEOS

### Conversiones métricas

En la Tabla A, se dan los factores para convertir varias propiedades de refrigeración del sistema inglés al métrico y viceversa.

### Conversión de temperatura

La Tabla B da las temperaturas correspondientes Fahrenheit y Centígrada para un amplio rango de temperaturas

**Tabla A Conversiones métricas**

Para convertir de	a	Multiplique por
Atmósferas de presión	Bars	1 013
	Kilogramos/centímetro cuadrado	1.033
	Libras/pulgada cuadrada	14.696
	Pulgadas de mercurio	29.92
Bars	Atmósferas	0.987
	Kilogramos/centímetro cuadrado	1.020
	Libras/pulgada cuadrada	14.504
	Pulgadas de mercurio	29.53
Btu	Calorías	252
	Hp-minutos	0.01757
	Julios	1.054
	Vatios-horas	0.293
Btu/libra	Calorías/gramo	0.556
	Julios/gramo	0.000346
	Vatios-horas/gramo	2.324
Btu/(libra)(°F)	Calorías/(gramo)(°C)	1
Btu/minuto	Calorías/minuto	252
	HP	0.02357
	Kilovatios	0 01757
Btu/pie cúbico	Calorías/centímetro cúbico	0.00890
	Calorías/litro	8 90
	Kilocalorías/metro cúbico	8 90
Calorías	Btu	0.00397
	Julios	0.00116
	Vatios-horas	4.184
Calorías/centímetro cúbico	Btu/pie cúbico	112.4
	Calorías/litro	0.001
	Kilocalorías/metro cúbico	0.001
Calorías/gramo	Btu/libra	1 8
	Julios/gramo	0.00116
	Vatios-horas/gramo	4.184

Tabla A Conversiones métricas (continuación)

Para convertir de	a	Multiplique por
Calorías/(gramos)(°C) Calorías/litro	Btu/(libra)(°F)	1
	Btu/pie cúbico	0.112
	Calorías/centímetro cúbico	1,000
	Kilocalorías/metro cúbico	1
Calorías/minuto	Btu/minuto	0.00397
	HP	$9.35 \times 10^{-5}$
	Kilovatios	69.7
Centímetros cúbicos	Galones (U.S)	0.000264
	Litros	0.001
	Metros cúbicos	$1 \times 10^{-6}$
	Pie cúbico	$3.53 \times 10^{-5}$
Centímetros cúbicos/gramo	Galones (U.S.)/libra	0.120
	Litros/gramo	0.001
	Pie cúbico/libra	0.0160
Galones	Centímetros cúbicos	3,790
	Litros	3.79
	Metros cúbicos	0.00379
	Pie cúbico	0.134
Grados K	Grados °R	1.8
Gramos	Libras	0.00220
Gramos/centímetro cúbico	Kilogramos/litro	1
	Libras/galón	8.345
	Libras/pie cúbico	62.43
HP	Btu/minuto	42.44
	Calorías/minuto	10,690
	Kilocalorías/minuto	10.7
	Kilovatios	0.746
Julios	Btu	0.000948
	Calorías	0.239
	Vatios-horas	0.000278
Julios/gramo	Btu/libra	0.430
	Caloría/gramo	0.239
Kilocalorías	Calorías	1,000
Kilocalorías/metro cúbico	Btu/pie cúbico	0.112
	Calorías/cm cúbico	1,000
	Calorías/litro	1
Kilogramos	Gramos	1,000
Kilogramos/centímetro cuadrado	Atmósferas	0.968
	Bars	0.981
	Libras/pulgada cuadrada	14.22
	Pulgadas de mercurio	28.96

Tabla A Conversiones métricas (continuación)

Para convertir de	a	Multiplique por
Kilogramos/metro cúbico	Gramos/centímetro cúbico	1
	Kilogramos/litro	0.001
	Libras/galón (U.S.)	0.00835
	Libras/pie cúbico	0.0624
Kilovatios	Btu/minuto	56.9
	Calorías/minuto	14,340
	HP	1.34
Libras	Gramos	453.6
Libras/galón (U.S.)	Gramos/centímetro cúbico	0.120
	Kilogramos/litro	0.120
	Kilogramos/metro cúbico	120
	Libras/pie cúbico	7.48
Libras/pie cúbico	Gramos/centímetro cúbico	0.0160
	Kilogramos/litro	0.0160
	Kilogramos/metro cúbico	16.0
	Libras/galón (U.S.)	0.134
Libras/pulgada cuadrada	Atmósferas	0.0680
	Bars	0.0689
	Kilogramos/centímetro cuadrado	0.0703
	Pulgadas de mercurio	2.036
Litros	Centímetros cúbicos	1,000
	Pies cúbicos	0.0353
	Metros cúbicos	0.001
	Galones (U.S. Liq.)/libras	0.120
	Centímetros cúbicos/gramo	1
Litros/kilogramo	Galones (U.S.)/libra	0.120
	Metros cúbicos/kilogramo	0.001
	Pies cúbicos/libra	0.0160
	Centímetros cúbicos/gramo	1
Litros/segundo	Metros cúbicos/minuto	0.060
	Pies cúbicos/minuto	2.12
Metros cúbicos	Centímetros cúbicos	$1 \times 10^6$
	Galones (U.S.)	264
	Litros	1,000
	Pies cúbicos	35.3
Metros cúbicos/kilogramo	Centímetros cúbicos/gramo	1,000
	Galones (U.S.)/libra	120
	Litros/kilogramo	1,000
	Pie cúbico)/libra	16.0
Metros cúbicos/minuto	Litros/segundo	16.7
	Pie cúbico/minuto	35.3
Pie cúbico	Centímetros cúbicos	28,320
	Galones (U.S.)	7.48
	Litros	28.3
	Metros cúbicos	0.0283

**Tabla A Conversiones métricas (continuación)**

Para convertir de	a	Multiplique por
Pie cúbico/libra	Centímetros cúbicos/gramo	62.43
	Galones (U.S.)/libra	7.481
	Litros/kilogramo	62.43
	Metros cúbicos/kilogramos	0.0624
Pie cúbico/minuto	Litros/segundo	0.472
	Metros cúbicos/minuto	0.0283
Pulgadas de mercurio	Atmósferas	0.0334
	Bars	0.0339
	Kilogramos/centímetro cuadrado	0.0345
	Libras/pulgada cuadrada	0.491
Toneladas de refrigeración	Btu/minuto	200
	HP	4.716
	Kilocalorías/minuto	50.4

**Conversiones de temperatura**

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15 = \frac{^{\circ}\text{F} + 459.67}{1.8}$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.67 = (^{\circ}\text{C} + 273.15) \cdot 1.8$$

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) \frac{5}{9}$$

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times \frac{9}{5}) + 32$$

**Conversiones de vacío**

Las unidades de vacío se usan frecuentemente en refrigeración y se expresan como:

Pulgadas de mercurio (Hg) de vacío  
Pulgadas de mercurio (Hg) bajo una atmósfera

Estas unidades pueden convertirse a unidades de presión como sigue:

Pulgadas de Hg de vacío = 29.921 -  
pulgadas de Hg de presión

Pulgadas de Hg de vacío = 29.921 - (29.921) (at-  
mósferas)

Pulgadas de Hg de vacío = 29.921 -  
(2.036) (lb/pulg<sup>2</sup>, abs)

Pulgadas de Hg de vacío = 29.921 -  
(28.96) (kilogramo/cm<sup>2</sup>)

$$\text{Atmósferas} = \frac{29.921 - \text{pulgadas de Hg de vacío}}{29.921}$$

Lb/pulg<sup>2</sup>, abs = 0.491 (29.921 - pulgadas de Hg  
de vacío)

Kilogramos/cm<sup>2</sup> = 0.0345 (29.921 - pulgadas de  
Hg de vacío)

$$\text{Pulgadas de Hg} = \frac{\text{centímetros de Hg}}{2.54}$$

Centímetro de Hg de vacío = 76 -  
centímetros de Hg de presión

$$\text{Atmósferas} = \frac{76 - \text{centímetros de Hg}}{76}$$

Lb/pulg<sup>2</sup>, abs = 0.193 (76 - centímetros de Hg  
de vacío)

Kilogramos/cm<sup>2</sup> = 0.0136 (76 - centímetros de Hg  
de vacío)

Table B. Temperature Conversion

°F	Temp. a convertir	°C
-112.0	-80	-62.2
-110.2	-79	-61.7
-108.4	-78	-61.1
-106.6	-77	-60.6
-104.8	-76	-60.0
-103.0	-75	-59.4
-101.2	-74	-58.9
-99.4	-73	-58.3
-97.6	-72	-57.8
-95.8	-71	-57.2
-94.0	-70	-56.7
-92.2	-69	-56.1
-90.4	-68	-55.6
-88.6	-67	-55.0
-86.8	-66	-54.4
-85.0	-65	-53.9
-83.2	-64	-53.3
-81.4	-63	-52.8
-79.6	-62	-52.2
-77.8	-61	-51.7
-76.0	-60	-51.1
-74.2	-59	-50.6
-72.4	-58	-50.0
-70.6	-57	-49.4
-68.8	-56	-48.9
-67.0	-55	-48.3
-65.2	-54	-47.8
-63.4	-53	-47.2
-61.6	-52	-46.7
-59.8	-51	-46.1
-58.0	-50	-45.6
-56.2	-49	-45.0
-54.4	-48	-44.4
-52.6	-47	-43.9
-50.8	-46	-43.3
-49.0	-45	-42.8
-47.2	-44	-42.2
-45.4	-43	-41.7
-43.6	-42	-41.1
-41.8	-41	-40.6
-40.0	-40	-40.0
-38.2	-39	-39.4
-36.4	-38	-38.9
-34.6	-37	-38.3
-32.8	-36	-37.8

°F	Temp. a convertir	°C
-31.0	-35	-37.2
-29.2	-34	-36.7
-27.4	-33	-36.1
-25.6	-32	-35.6
-23.8	-31	-35.0
-22.0	-30	-34.4
-20.2	-29	-33.9
-18.4	-28	-33.3
-16.6	-27	-32.8
-14.8	-26	-32.2
-13.0	-25	-31.7
-11.2	-24	-31.1
-9.4	-23	-30.6
-7.6	-22	-30.0
-5.8	-21	-29.4
-4.0	-20	-28.9
-2.2	-19	-28.3
-0.4	-18	-27.8
1.4	-17	-27.2
3.2	-16	-26.7
5.0	-15	-26.1
6.8	-14	-25.6
8.6	-13	-25.0
10.4	-12	-24.4
12.2	-11	-23.9
14.0	-10	-23.3
15.8	-9	-22.8
17.6	-8	-22.2
19.4	-7	-21.7
21.2	-6	-21.1
23.0	-5	-20.6
24.8	-4	-20.0
26.6	-3	-19.4
28.4	-2	-18.9
30.2	-1	-18.3
32.0	0	-17.8
33.8	1	-17.2
35.6	2	-16.7
37.4	3	-16.1
39.2	4	-15.6
41.0	5	-15.0
42.8	6	-14.4
44.6	7	-13.9
46.4	8	-13.3
48.2	9	-12.8

°F	Temp. a convertir	°C
50.0	10	-12.2
51.8	11	-11.7
53.6	12	-11.1
55.4	13	-10.6
57.2	14	-10.0
59.0	15	-9.4
60.8	16	-8.9
62.6	17	-8.3
64.4	18	-7.8
66.2	19	-7.2
68.0	20	-6.7
69.8	21	-6.1
71.6	22	-5.6
73.4	23	-5.0
75.2	24	-4.4
77.0	25	-3.9
78.8	26	-3.3
80.6	27	-2.8
82.4	28	-2.2
84.2	29	-1.7
86.0	30	-1.1
87.8	31	-0.6
89.6	32	0.0
91.4	33	0.6
93.2	34	1.1
95.0	35	1.7
96.8	36	2.2
98.6	37	2.8
100.4	38	3.3
102.2	39	3.9
104.0	40	4.4
105.8	41	5.0
107.6	42	5.6
109.4	43	6.1
111.2	44	6.7
113.0	45	7.2
114.8	46	7.8
116.6	47	8.3
118.4	48	8.9
120.2	49	9.4
122.0	50	10.0
123.8	51	10.6
125.6	52	11.1
127.4	53	11.7
129.2	54	12.2

Tabla B Conversión de temperaturas (continuación)

°F	Temp. a convertir	°C	°F	Temp. a convertir	°C	°F	Temp. a convertir	°C
131.0	55	12.8	167.0	75	23.9	203.0	95	35.0
132.8	56	13.3	168.8	76	24.4	204.8	96	35.6
134.6	57	13.9	170.6	77	25.0	206.6	97	36.1
136.4	58	14.4	172.4	78	25.6	208.4	98	36.7
138.2	59	15.0	174.2	79	26.1	210.2	99	37.2
140.0	60	15.6	176.0	80	26.7	212.0	100	37.8
141.8	61	16.1	177.8	81	27.2	213.8	101	38.3
143.6	62	16.7	179.6	82	27.8	215.6	102	38.9
145.4	63	17.2	181.4	83	28.3	217.4	103	39.4
147.2	64	17.8	183.2	84	28.9	219.2	104	40.0
149.0	65	18.3	185.0	85	29.4	221.0	105	40.6
150.8	66	18.9	186.8	86	30.0	222.8	106	41.1
152.6	67	19.4	188.6	87	30.6	224.6	107	41.7
154.4	68	20.0	190.4	88	31.1	226.4	108	42.2
156.2	69	20.6	192.2	89	31.7	228.2	109	42.8
158.0	70	21.1	194.0	90	32.2	230.0	110	43.3
159.8	71	21.7	195.8	91	32.8	231.8	111	43.9
161.8	72	22.2	197.6	92	33.3	233.6	112	44.4
163.4	73	22.8	199.4	93	33.9	235.4	113	45.0
165.2	74	23.3	201.2	94	34.4	237.2	114	45.6



## Relaciones presión-temperatura

### Refrigerantes "Freón"

TEMP F	11	12	13	22	113	114	500	502
-50	28.9	15.4	57.0	6.2	—	27.1	13.1	0.0
-48	28.8	14.6	60.0	4.8	—	26.9	12.1	0.7
-46	28.7	13.8	63.1	3.4	—	26.7	11.1	1.5
-44	28.6	12.9	66.2	2.0	—	26.5	10.1	2.3
-42	28.5	11.9	69.4	0.5	—	26.3	9.0	3.2
-40	28.4	11.0	72.7	0.5	—	26.0	7.9	4.1
-38	28.3	10.0	76.1	1.3	—	25.8	6.7	5.1
-36	28.2	8.9	79.7	2.2	—	25.5	5.4	6.0
-34	28.1	7.8	83.3	3.0	—	25.2	4.2	7.0
-32	27.9	6.7	87.0	3.9	—	25.0	2.8	8.1
-30	27.8	5.5	90.9	4.9	29.3	24.6	1.4	9.2
-28	27.7	4.3	94.9	5.9	29.3	24.3	0.0	10.3
-26	27.5	3.0	98.9	6.9	29.2	24.0	0.8	11.5
-24	27.4	1.6	103.0	7.9	29.2	23.6	1.5	12.7
-22	27.2	0.3	107.3	9.0	29.1	23.2	2.3	14.0
-20	27.0	0.6	111.7	10.1	29.1	22.9	3.1	15.3
-18	26.8	1.3	116.2	11.3	29.0	22.4	4.0	16.7
-16	26.6	2.1	120.8	12.5	28.9	22.0	4.9	18.1
-14	26.4	2.8	125.5	13.8	28.9	21.6	5.8	19.5
-12	26.2	3.7	130.4	15.1	28.8	21.1	6.8	21.0
-10	26.0	4.5	135.4	16.5	28.7	20.6	7.8	22.6
-8	25.8	5.4	140.5	17.9	28.6	20.1	8.8	24.2
-6	25.5	6.3	145.8	19.3	28.5	19.6	9.9	25.8
-4	25.3	7.2	151.1	20.8	28.4	19.0	11.0	27.5
-2	25.0	8.2	156.5	22.4	28.3	18.4	12.1	29.3
0	24.7	9.2	162.1	24.0	28.2	17.8	13.3	31.1
2	24.4	10.2	167.8	25.6	28.1	17.2	14.5	32.9
4	24.1	11.2	173.7	27.3	28.0	16.5	15.7	34.8
6	23.8	12.3	179.7	29.1	27.9	15.8	17.0	36.9
8	23.4	13.5	185.8	30.9	27.7	15.1	18.4	38.9
10	23.1	14.6	192.1	32.8	27.6	14.4	19.8	41.0
12	22.7	15.8	198.5	34.7	27.5	13.6	21.2	43.2
14	22.3	17.1	205.7	36.7	27.3	12.8	22.7	45.4
16	21.9	18.4	211.9	38.7	27.1	12.0	24.2	47.7
18	21.5	19.7	218.7	40.9	27.0	11.1	25.7	50.0
20	21.1	21.0	225.7	43.0	26.8	10.2	27.3	52.5
22	20.6	22.4	232.9	45.3	26.6	9.3	29.0	54.9
24	20.1	23.9	240.2	47.6	26.4	8.3	30.7	57.5
26	19.7	25.4	247.7	49.9	26.2	7.3	32.5	60.1
28	19.1	26.9	255.4	52.4	26.0	6.3	34.3	62.8
30	18.6	28.5	263.2	54.9	25.8	5.2	36.1	65.6
32	18.1	30.1	271.2	57.5	25.6	4.1	38.0	68.4
34	17.5	31.7	279.4	60.1	25.3	2.9	40.0	71.3
36	16.9	33.4	287.7	62.8	25.1	1.7	42.0	74.3
38	16.3	35.2	296.2	65.6	24.8	0.6	44.1	77.4

## Relaciones presión-temperatura

### Refrigerantes "Freón"

TEMP F	11	12	13	22	113	114	500	502
40	15.6	37.0	304.9	68.5	24.5	0.4	46.2	80.5
42	15.0	38.8	313.9	71.5	24.2	1.0	46.4	83.8
44	14.3	40.7	322.9	74.5	23.9	1.7	50.7	87.0
46	13.6	42.7	332.2	77.6	23.6	2.4	53.0	90.4
48	12.8	44.7	341.5	80.8	23.3	3.1	55.4	93.9
50	12.0	46.7	351.2	84.0	22.9	3.8	57.8	97.4
52	11.2	48.8	360.9	87.4	22.6	4.6	60.3	101.1
54	10.4	51.0	371.0	90.8	22.2	5.4	62.9	104.8
56	9.6	53.2	381.2	94.3	21.8	6.2	65.5	108.6
58	8.7	55.4	391.6	97.9	21.4	7.0	68.2	112.4
60	7.8	57.7	402.3	101.6	21.0	7.9	71.0	116.4
62	6.8	60.1	413.3	105.4	20.6	8.8	73.8	120.5
64	5.9	62.5	424.3	109.3	20.1	9.7	76.7	124.6
66	4.9	65.0	435.4	113.2	19.7	10.6	79.7	128.9
68	3.8	67.6	446.9	117.3	19.2	11.6	82.7	133.2
70	2.8	70.2	458.7	121.4	18.7	12.6	85.8	137.6
72	1.6	72.9	470.6	125.7	18.2	13.6	89.0	142.2
74	0.5	75.6	482.9	130.0	17.6	14.6	92.3	146.8
76	0.3	78.4	495.3	134.5	17.1	15.7	95.6	151.5
78	0.9	81.3	508.0	139.0	16.5	16.8	99.0	156.3
80	1.5	84.2	520.8	143.6	15.9	18.0	102.5	161.2
82	2.2	87.2	534.0	148.4	15.3	19.1	106.1	166.2
84	2.8	90.2	—	153.2	14.6	20.3	109.7	171.4
86	3.5	93.3	—	158.2	13.9	21.6	113.4	176.6
88	4.2	96.5	—	163.2	13.2	22.8	117.3	181.9
90	4.9	99.8	—	168.4	12.5	24.1	121.2	187.4
92	5.6	103.1	—	173.7	11.8	25.5	125.1	192.9
94	6.4	106.5	—	179.1	11.0	26.8	129.2	198.6
96	7.1	110.0	—	184.6	10.2	28.2	133.3	204.3
98	7.9	113.5	—	190.2	9.4	29.7	137.6	210.2
100	8.8	117.2	—	195.9	8.6	31.2	141.9	216.2
102	9.6	120.9	—	201.8	7.7	32.7	146.3	222.3
104	10.5	124.6	—	207.7	6.8	34.2	150.9	228.5
106	11.3	128.5	—	213.8	5.9	35.8	155.4	234.9
108	12.3	132.4	—	220.0	4.9	37.4	160.1	241.3
110	13.1	136.4	—	226.4	4.0	39.1	164.9	247.9
112	14.2	140.5	—	232.8	3.0	40.8	169.8	254.6
114	15.1	144.7	—	239.4	1.9	42.5	174.8	261.5
116	16.1	148.9	—	246.1	0.8	44.3	179.9	268.4
118	17.2	153.2	—	252.9	0.1	46.1	185.0	275.5
120	18.2	157.7	—	259.9	0.7	48.0	190.3	282.7
122	19.3	162.2	—	267.0	1.3	49.9	195.7	290.1
124	20.5	166.7	—	274.3	1.9	51.9	201.2	297.6
126	21.6	171.4	—	281.6	2.5	53.8	206.7	305.2
128	22.8	176.2	—	289.1	3.1	55.9	212.4	312.9
130	24.0	181.0	—	296.8	3.7	58.0	218.2	320.8
132	25.2	185.9	—	304.6	4.4	60.1	224.1	328.9
134	26.5	191.0	—	312.5	5.1	62.3	230.1	337.1
136	27.8	196.1	—	320.6	5.8	64.5	236.3	345.4
138	29.1	201.3	—	328.9	6.5	66.7	242.5	353.9

---

---

---

---

# Glosario de términos técnicos aplicados a refrigeración, aire acondicionado y bombas térmicas

---

## A

**A. S. A.:** Iniciales de la anterior American Standards Association, en Estados Unidos, que hoy es United States of America Standards Institute.

**Abertura de descarga:** Cualquier abertura a través de la cual sale el aire de un recinto que se está calentando o enfriando, humidificando o deshumidificando, u ventilando.

**Absorbedor:** Dispositivo que contiene líquido para absorber vapores de refrigerante u otros vapores. En un sistema de absorción, se localiza en la parte del lado de baja y se emplea para absorber vapor de refrigerante.

**Absorbente líquido:** Sustancia química en estado líquido que tiene la propiedad de "tomar" o absorber humedad.

**Absorbente:** Sustancia que tiene la capacidad de tomar o absorber otra sustancia.

**Acción galvánica:** Acción de corrosión entre dos metales de distintas actividades eléctricas. La acción aumenta en presencia de humedad.

**Aceite deshidratado:** Lubricante del cual se ha quitado la mayor parte de su contenido de agua (aceite seco).

**Aceite, refrigeración:** Aceite formulado especialmente para usarse en el mecanismo de refrigeración, y que circula en cierto grado con el refrigerante. El aceite debe ser seco (completamente libre de humedad), porque si no, la humedad se condensa y se congela en el control del refrigerante y puede hacer que no trabaje el mecanismo refrigerante. Un aceite clasificado como de refrigeración debe estar libre de humedad y de otros contaminantes.

**Aceites residuales:** Moléculas pesadas o grandes de hidrocarburos.

**Acelerar:** Hacer más grande la velocidad; apresurar el progreso de desarrollo.

**Acondicionador de aire:** Dispositivo que se emplea para controlar temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire en un espacio acondicionado.

**Acondicionamiento de aire:** Control simultáneo de todos, o al menos tres, de los siguientes factores que afectan el estado físico y químico de la atmósfera dentro de una estructura: temperatura, humedad, movimiento, distribución, polvo, bacterias, olores, gases tóxicos e ionización, la mayor parte de los cuales afectan en mayor o menor grado la salud o el confort humanos.

**Acoplamiento fluido:** Dispositivo que transmite energía de impulsión a una máquina a través de un fluido.

**Acumulador de celdas húmedas:** Celda o grupo conectado de celdas que convierte la energía química en energía eléctrica por medio de reacciones químicas reversibles.

**Acumulador:** Tanque de almacenamiento que recibe refrigerante líquido del evaporador y evita que pase al tubo de succión.

**Acústico:** Relativo al sonido.

**Adsorbente:** Sustancia que tiene la propiedad de retener las moléculas de fluidos sin causarles cambio físico o químico.

**Aerosol:** Conjunto de pequeñas partículas, sólidas o líquidas, suspendidas en el aire. Los diámetros de las partículas pueden variar de 100 micras hasta 0.01 micra o menos, como por ejemplo, polvo, bruma, humo.

**Agitador:** Dispositivo que se emplea para originar movimiento en fluidos confinados.

**Agua de reposición:** Agua necesaria para remplazar el agua perdida de una torre de enfriamiento por evaporación, arrastre y purgas.

**Agua dulce:** Se usa a veces este término para indicar el agua de la llave.

**Aire (calor específico):** Cantidad de calor absorbido por un peso unitario de aire por unidad de elevación de temperatura.

**Aire (Normal):** Aire cuya densidad es 0.075 lb por pie<sup>3</sup> y viscosidad absoluta 0.0379 lb masa por pie por segundo. Equivale sustancialmente a aire seco a 70°F y 29.92 pulg Hg de presión barométrica.

**Aire (saturado):** Mezcla de aire seco y vapor de agua, ambos a la misma temperatura de bulbo húmedo.

**Aire acondicionado industrial:** Acondicionamiento de aire para otros usos que no sean confort.

**Aire acondicionado para confort:** Control simultáneo de todos, o al menos los primeros tres factores que afectan las condiciones físicas y químicas de la atmósfera dentro de una estructura, con el fin de lograr el confort humano. Los factores son: temperatura, humedad, movimiento, distribución, polvo, bacterias, olores, gases tóxicos e ionización, la mayor parte de los cuales afectan en mayor o menor grado la salud o el confort humanos.

**Aire exterior:** Atmósfera exterior al recinto refrigerado o acondicionado, aire ambiente, que rodea.

**Aislamiento térmico:** Sustancia que se usa para retardar el flujo de calor a través de una pared o división.

**Ajuste de altitud:** Ajuste de los controles de un refrigerador para que la unidad trabaje con eficiencia a la altitud a la que se va a usar.

**Alambre caliente:** Un alambre de resistencia en un relevador eléctrico que se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría.

**Alarma del congelador:** Dispositivo que se usa en muchos congeladores, con una campana o zumbador que suenan cuando la temperatura del congelador aumenta más allá del límite de seguridad.

**Alcance:** Distancia que recorre una corriente de aire desde una salida a un lugar en el que la velocidad del aire a lo largo del eje se reduce a 50 pies por minuto, o 15 metros por minuto.

**Aleta:** Superficie extendida con objeto de aumentar el área de transmisión de calor. Por ejemplo, láminas metálicas fijas a tubos.

**Alimentador de fogón:** Máquina que se usa para alimentar combustible sólido o carbón a una caldera.

**Altura de velocidad:** En un líquido en movimiento, la altura del fluido equivalente a su presión de velocidad.

**Altura total:** En el líquido en movimiento, la suma de las presiones estáticas y de velocidad en el punto de medición.

**Altura, estática:** Presión de fluido expresada en términos de altura de la columna de un fluido como agua o mercurio.

**Alúmina activada:** Sustancia química que se usa como secador.

**Amoniaco:** Compuesto químico de nitrógeno e hidrógeno ( $\text{NH}_3$ ). Como refrigerante, al amoniaco se le identifica como R-117.

**Amperaje:** Flujo de electrones, o de corriente. Número de amperes que pasan por determinado punto en un circuito.

**Ampere:** Unidad de corriente eléctrica, equivalente al flujo de un coulomb por segundo.

**Amperes vuelta:** Término que se emplea para medir fuerza magnética. Representa el producto de los amperes por el número de vueltas en una bobina de un electroimán.

**Amperímetro registrador:** Instrumento eléctrico con una pluma para registrar la cantidad de corriente en una carta móvil de papel.

**Amperímetro:** Medidor eléctrico que se emplea para medir corriente, y está calibrado en amperes.

**Amplificador:** Aparato eléctrico que aumenta el flujo de electrones en un circuito.

**Anemómetro:** Instrumento para medir el flujo de aire.

**Anillos de aceite:** Anillos de expansión montados en ranuras del pistón, diseñados para evitar que el aceite pase a la cámara de compresión. También se llaman anillos rascaceite.

**Anodo:** Terminal positiva de una celda electrolítica.

**Aparato de destilación:** Dispositivo de recuperación de fluido que se usa para recuperar refrigerantes usados. El proceso se basa en evaporación y condensación del refrigerante.

**Area efectiva:** Área real de flujo en una entrada o salida de aire. Es el área bruta menos el área de las aspas o barras de la parrilla.

**Area libre:** El área total mínima de las aberturas en una reja, cara o registro a través de los cuales puede pasar el aire.

**Arrancador de motor:** Interruptores eléctricos de alta capacidad, accionados generalmente por electroimanes.

**Arrastre:** Agua acarreada que sale de una torre de enfriamiento debido al movimiento del aire.

**Aspiración:** Movimiento producido en un fluido por una succión.

**Atenuar:** Disminuir la intensidad.

**Atmósfera normal:** Estado del aire cuando tiene 14.7 psia de presión y 68°F de temperatura (760 mm Hg y 20°C).

**Atomizar:** Proceso de dividir un líquido en gotas diminutas, o en aspersión fina.

**Atomo:** Partícula más pequeña de un elemento que puede existir aislada o en combinación.

**Autotransformador:** Transformador en el que las bobinas primaria y secundaria tienen espiras, en común. Se alcanza subida o bajada de voltaje mediante salidas en el devanado común.

**Avellanado:** Acampanado, abocinado o ampliación del extremo de un tubo para que ajuste dentro de él otro tubo del mismo tamaño.

## B

**Banda bimetalica:** Dispositivo de regulación o indicación de temperatura que funciona de acuerdo con el principio que dos metales desiguales con coeficientes distintos de expansión térmica, soldados entre sí, se dobla al cambiar la temperatura.

**Banda rompedora:** Listón de madera o plástico que se usa para cubrir la unión entre la caja externa y el recubrimiento interno del refrigerador.

**Banda V:** Tipo de banda que se emplea mucho en instalaciones de refrigeración. Tiene una superficie de contacto en forma de una V sin pico.

**Bandeja de goteo:** Recipiente en forma de cubeta, bandeja o canalón, que se usa para recibir el condensado de un serpentín de evaporación.

**Baño:** Solución líquida que se usa para limpiar, dar baño metálico o mantener una temperatura especificada.

**Barómetro:** Instrumento para medir la presión atmosférica. Puede estar calibrado en libras por pulgada cuadrada o en pulgadas o milímetros de columna de mercurio.

**Barrena:** Broca que se usa para hacer un agujero antes de machuelear el interior de éste. La broca tiene el diámetro igual al diámetro de raíz de las roscas del machuelo.

**Barrera de vapor:** Hoja delgada de plástico o metálica que se usa en las estructuras de aire acondicionado para evitar que el vapor de agua penetre al material aislante.

**Biela:** La parte del mecanismo del compresor que conecta el pistón con el cigueñal.

**Bolsa de holgura de un compresor:** Espacio pequeño en el cilindro, del que no se expulsa por completo el gas comprimido. A este espacio se le llama espacio o bolsa de holgura. Para un funcionamiento efectivo, se diseñan los compresores con una bolsa de holgura tan pequeña como sea posible.

**Bomba de agua del condensador:** Dispositivo de impulsión de agua que se usa para dar movimiento al agua a través del condensador.

**Bomba de alto vacío:** Mecanismo que puede crear vacío entre los límites de 1000 a 1 micra.

**Bomba de condensado:** Dispositivo que se usa para sacar el condensado que se reúne abajo de un evaporador.

**Bomba de vacío:** Compresor especial de alta eficiencia que se usa para crear alto vacío para fines de prueba o de secado.

**Bomba secuestrante:** Mecanismo que se usa para quitar fluido de un cárcano o recipiente.

**Bomba térmica, fuente de agua:** Dispositivo que emplea un suministro de agua como fuente de calor o para eliminar calor, dependiendo de la demanda en funcionamiento.

**Bomba térmica, fuente de aire:** Dispositivo que transfiere calor entre dos cantidades distintas de aire, en cualquier dirección, cuando se desea.

**Bomba térmica:** Nombre que se da a un sistema de acondicionamiento de aire reversible de tal modo que puede sacar calor de, o agregar calor a, un espacio dado o material cuando se desea.

**Bombeo de vaciado:** Acto de emplear un compresor o bomba para reducir la presión en un recipiente o un sistema.

**Botaaguas:** Caja sobre el condensador o evaporador.

**Bulbo húmedo:** Dispositivo que se usa para medir la humedad relativa. La evaporación de la humedad disminuye la temperatura de bulbo húmedo, en comparación de la de bulbo seco en la misma zona.

**Bulbo Mercoid:** Interruptor de circuito eléctrico que emplea una pequeña cantidad de mercurio en un tubo de vidrio sellado para hacer o romper el contacto eléctrico con terminales dentro del tubo.

**Bulbo seco:** Instrumento con elemento sensor que mide la temperatura del aire ambiente (en movimiento).

**Bulbo, sensible:** Parte de un dispositivo de fluido sellado que reacciona a la temperatura que se va a medir, o que controla a un mecanismo.

## C

**Cabeza de cilindro:** Parte que encierra el extremo de compresión de un cilindro del compresor.

**Cabezal de manómetros:** Dispositivo fabricado para llevar

manómetros compuestos y de alta presión, con válvulas para controlar el flujo de fluidos que pasan por él.

**Cabezal, servicio:** Dispositivo equipado con manómetros y válvulas manuales, que lo usan los técnicos de servicio para dar mantenimiento a los sistemas de refrigeración.

**Cable de Bowden:** Tubo que contiene un alambre que se usa para regular una válvula o control desde un punto alejado.

**Cable de tierra:** Conductor eléctrico que conduce con seguridad la electricidad desde una estructura hacia la tierra.

**Cadmizado:** Partes cubiertas con una capa delgada de cadmio metálico, resistente a la corrosión.

**Caída de presión:** Diferencia de temperatura en dos extremos de un circuito o parte de él, las dos caras de un filtro, o entre el lado de alta y el de baja en un mecanismo de refrigeración.

**Caja de conexiones:** Grupo de terminales eléctricas encerradas en una caja o recipiente protector.

**Caja de doble trabajo:** Refrigeración comercial, parte del cual es para almacenamiento refrigerado y parte tiene ventanas de vidrio para fines de exhibición.

**Caja de helados:** Refrigerador comercial que trabaja a unos 0°F y que se usa para almacenar helados.

**Calefacción con vapor:** Sistema de calefacción en el que el vapor de una caldera se conduce a través de una tubería a radiadores en el recinto que se quiere calentar.

**Calentador de corriente de aire:** Conjunto de serpentines de intercambio de calor que se emplea para calentar aire que un ventilador hace pasar a través de él.

**Calentamiento eléctrico:** Sistema de calefacción en una casa, en el que se usa calor proveniente de resistencias eléctricas para calentar los recintos.

**Calibrar:** Determinar los indicadores de posición necesarios para obtener medidas exactas.

**Calor de compresión:** Energía mecánica de presión transformada en energía térmica.

**Calor de fusión:** Calor desprendido al cambiar el estado de una sustancia de sólido a líquido. El calor de fusión del hielo es 144 BTU por libra (80 calorías/gramo).

**Calor de respiración:** Proceso mediante el cual se asimilan oxígeno y carbohidratos por una sustancia; también cuando una sustancia emite bióxido de carbono y agua.

**Calor específico:** Calor absorbido o cedido por una unidad de masa de una sustancia cuando aumenta o disminuye su temperatura un grado. El valor es el mismo en las unidades comunes: BTU por libra por grado Fahrenheit o calorías por gramo por grado centígrado. Para los gases, se usan tanto el calor específico a presión constante ( $c_p$ ) como a volumen constante ( $c_v$ ). En acondicionamiento de aire se usa normalmente  $c_p$ .

**Calor específico:** Relación de la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de un cuerpo un grado, a la cantidad necesaria para elevar la temperatura de una masa igual de agua, un grado.

**Calor latente:** Calor caracterizado por un cambio de estado de la sustancia en cuestión, para una presión dada y siempre a temperatura constante si se trata de una sustancia pura, como por ejemplo calor de vaporización o de fusión.

**Calor latente:** Energía térmica absorbida en el proceso de cambio de estado de una sustancia (fusión, evaporación, congelación) sin cambio de temperatura o presión.

**Calor sensible:** Calor que provoca el cambio de temperatura en una sustancia

**Calor sensible:** Término que se usa en calefacción y enfriamiento para indicar una parte del calor que sólo cambia la temperatura de las sustancias en cuestión

**Calor solar:** Calor de las ondas de energía visibles e invisibles que proceden del sol.

**Calor:** Forma de energía cuya adición hace que las sustancias aumenten de temperatura; energía asociada al movimiento aleatorio de las moléculas

**Caloría:** Calor necesario para elevar en un grado centígrado la temperatura de un gramo de agua

**Calorímetro:** Dispositivo usado para medir cantidades de calor, o determinar calores específicos

**Cámara de enfriamiento:** Espacio refrigerado comercial grande, mantenido a temperatura menor que la ambiente. Se encuentra con frecuencia en los supermercados grandes o en centros de distribución de carne al mayoreo.

**Cámara plena:** Cámara o recipiente para mover aire u otro gas a una presión ligeramente positiva

**Cambios de aire:** Método de expresar la cantidad de aire que se introduce o sale de una construcción o recinto en términos del número de volúmenes de construcción o recinto que se cambian.

**Camión refrigerado:** Vehículo comercial equipado para mantener temperaturas inferiores a la ambiente en su caja

**Campana de doble espesor:** Extremo de tubo de cobre, aluminio o acero que se ha conformado en espesor doble de pared, y con una campana o bocina de 37 o de 45 grados.

**Campana o bocina:** Con frecuencia se conecta el tubo de cobre a partes del sistema de refrigeración empleando conexiones acampanadas. Estas conexiones requieren de tubo cuyo extremo se haya expandido en ángulo de 45°. Este abocinamiento se sujeta con firmeza en las conexiones haciendo un sello fuerte y hermético.

**Capacidad bruta de calentamiento:** La capacidad bruta de una bomba térmica en el ciclo de calentamiento es el calor total descargado en el aire o material del interior. Está formada por el calor recogido de la fuente externa de calor más el equivalente de calor de la energía eléctrica usada.

**Capacidad de refrigeración:** La capacidad de un sistema de refrigeración, o de alguna de sus partes, de eliminar calor, expresada con rapidez de eliminación de calor, y que normalmente se mide en BTU/h o en ton/24 h

**Capacidad neta de enfriamiento:** La capacidad de enfriamiento de un sistema de aire acondicionado o bomba térmica en el ciclo de enfriamiento es la cantidad de calor sensible y latente (calor total) eliminada del aire interior.

**Capacidad real del compresor:** Función de la capacidad ideal y de la eficiencia volumétrica general.

**Capacitancia (C):** Propiedad de un no conductor o aislador que permite almacenamiento de la energía eléctrica en un campo electrostático, como en un condensador o capacitor

**Capacitor:** Tipo de dispositivo de almacenamiento eléctrico que se emplea en circuitos de arranque y/o de marcha de muchos motores eléctricos.

**Carbón activado:** Carbón procesado especialmente para usarse como filtro y secador. Se usa normalmente para limpiar el aire

**Carburizado:** Tratamiento térmico de metales ferrosos (que tienen hierro) para que la capa superficial sea más dura que el interior

**Carda de limas:** Herramienta que se usa para limpiar las limas

**Carga cruzada:** Recipiente sellado que contiene dos fluidos con los que se obtiene una curva presión-temperatura deseada.

**Carga de refrigerante:** Cantidad de refrigerante en un sistema.

**Carga normal:** La carga del elemento térmico que es parte líquida y parte gaseosa bajo todas las condiciones de trabajo.

**Carga térmica:** Cantidad de calor, medida en BTU, que se elimina durante un período de 24 horas.

**Carga:** Cantidad de calor por unidad de tiempo que se impone a un sistema de refrigeración, o rapidez necesaria de eliminación de calor

**Carga:** La cantidad de refrigerante en un sistema.

**Cargado con vapor:** Tubos y partes componentes de un sistema que están cargadas en la fábrica.

**Cargar:** Colocar la carga

**Carreno:** Refrigerante del grupo I (R-11) Combinación química de carbono, cloro y flúor

**Carta psicrométrica:** Gráfica que muestra la relación entre la temperatura, presión y contenido de humedad del aire.

**Cátodo:** Terminal negativa de un dispositivo eléctrico. Los electrones salen del aparato por esta terminal.

**Celsius:** Apellido sueco (de Anders Celsius) que se emplea en vez de centígrado, de la escala de temperatura del sistema métrico

**Centímetro:** Unidad métrica de medida lineal, que es igual a 0.3937 pulg

**Cera:** Ingrediente de muchos aceites lubricantes que se puede separar si se enfría lo suficiente.

**Ciclo apagado:** La parte de un ciclo de refrigeración cuando el sistema no trabaja.

**Ciclo cerrado:** Cualquier ciclo en el que el medio primario siempre está encerrado y que repite la misma secuencia de eventos.

**Ciclo de aire, acondicionamiento de aire:** Sistema para eliminar el calor del aire, y transfiere ese calor a otro aire.

**Ciclo de Carnot:** Sucesión de operaciones que forman el ciclo reversible de trabajo de una máquina térmica ideal de eficiencia máxima. Consiste en expansión isotérmica, expansión adiabática, compresión isotérmica y compresión adiabática, para regresar al estado inicial.

**Ciclo de descongelado:** Ciclo de refrigeración en el que se funden hielo y escarcha acumulados en el evaporador

**Ciclo mecánico:** Ciclo que es una serie repetitiva de eventos mecánicos.

**Ciclo modulante de refrigeración:** Sistema de refrigeración de capacidad variable.

**Ciclo:** Serie de eventos que tienen la tendencia a repetirse en el mismo orden

**Ciclos cortos:** Sistema de refrigeración que arranca y para a intervalos más frecuentes de lo que debería.

**Cierre de vapor:** Estado en el que queda atrapado líquido en el tubo debido a un cambio de dirección o a instalación inadecuada, y que evita que pase el vapor.

**Cilindro (botella) de refrigerante:** Envase en el que se compra y se despacha un refrigerante. La pintura de clave de colores indica el tipo de refrigerante que está dentro del cilindro.

**Circuito abierto:** Circuito eléctrico interrumpido que detiene el flujo de la electricidad.

**Circuito:** Instalación de tubo o de cable eléctrico que permite el flujo desde la fuente de energía, pasando por diversos aparatos, y de regreso a la misma fuente.

**Cloruro de metilo (R-40):** Sustancia química que alguna vez se usó mucho como refrigerante. Su fórmula química es  $\text{CH}_3\text{Cl}$ . La clave de color del cilindro es anaranjado. Su punto de ebullición a presión atmosférica es  $-10.4^\circ\text{F}$ .

**Cobrizado:** Condición que se desarrolla en algunas unidades, y que consiste en la deposición electrolítica de cobre en las superficies de las partes de un compresor.

**Coefficiente de conductividad:** Medida de la facilidad relativa con la que diversos materiales conducen el calor. El cobre es buen conductor de calor y por lo tanto tiene alto coeficiente de conductividad.

**Coefficiente de eficiencia:** Eficiencia de una bomba térmica, que es la cantidad de calor disponible para la carga interna en comparación del equivalente térmico de la energía eléctrica empleada por la unidad.

**Coefficiente de expansión:** Cambio de longitud por unidad de longitud y por unidad de cambio de temperatura, o también cambio de volumen por unidad de volumen y por grado de variación de temperatura.

**Cojinete sintetizado de aceite:** Metal poroso para cojinetes, en general bronce, que tiene aceite en los poros.

**Cojinete:** Dispositivo de baja fricción para soportar y alinear una parte móvil.

**Colador:** Dispositivo como cedazo o filtro que se usa para retener partículas sólidas mientras pasa por él un fluido.

**Coloides:** Partículas diminutas de un material sólido o líquido dentro de un líquido, como en la carne, pescado y aves.

**Completamente flotante:** Construcción de un mecanismo en la que un eje está libre de girar en todas las partes en las que se introduce.

**Compresión adiabática:** Comprimir el refrigerante gaseoso sin quitar o agregar calor.

**Compresión:** Término que se emplea para indicar aumento de presión en un fluido mediante el empleo de energía mecánica.

**Compresor abierto:** Compresor en el que el cigüeñal se prolonga por el cárter y está impulsado por un motor externo.

**Compresor centrífugo:** Compresor para refrigerantes gaseosos que emplea la fuerza centrífuga.

**Compresor de aspas estacionarias:** Bomba rotatoria con aspas dentro de ella para separar la cámara de succión de la de descarga.

**Compresor hermético:** Compresor en el que el motor de impulsión está sellado en el mismo recipiente o caja que contiene al compresor.

**Compresor recíprocante o alternativo:** Compresor que emplea un mecanismo de pistón y cilindro para obtener la acción de bombeo.

**Compresor rotatorio de aspas:** Mecanismo de bombeo de fluidos por medio de aspas giratorias dentro de una caja cilíndrica.

**Compresor rotatorio:** Compresor que emplea aspas, mecanismos excéntricos u otros dispositivos giratorios para obtener la acción de bombeo.

**Compresor rotatorio:** Mecanismo que bombea fluidos por medio del movimiento rotatorio.

**Compresor:** Bomba de un mecanismo de refrigeración que succiona de un vacío o baja presión en el lado de enfriamiento del ciclo del refrigerante y descarga o comprime el gas pasándolo al lado de alta presión, o de condensación, del ciclo.

**Compuerta:** Válvula para controlar el flujo de aire.

**Condensación:** Líquido o gotas de líquido que se forman cuando un gas o vapor se enfría por debajo de su punto de rocío.

**Condensado:** Líquido que se forma en un condensador.

**Condensador enfriado por agua:** Unidad de condensación que se enfría empleando agua.

**Condensador enfriado por aire:** El calor de compresión se transfiere de los serpentines de condensación al aire que los rodea. Esto se puede hacer por convección, o mediante un ventilador o soplador.

**Condensador evaporativo:** Condensador en el que se absorbe calor de la superficie por evaporación de agua que se rocía o inunda la superficie de dicho condensador.

**Condensador evaporativo:** Dispositivo que usa una aspersión de agua para enfriar un condensador. La evaporación de una parte del agua es la que baja la temperatura. Con ello se reduce el consumo de agua de enfriamiento.

**Condensador tipo envolvente:** Cilindro o recipiente que contiene serpentines o tubos con agua para condensación.

**Condensador, enfriado por agua:** Intercambiador de calor diseñado para transmitir calor del refrigerante gaseoso y caliente al agua.

**Condensador, enfriado por aire:** Intercambiador de calor que transfiere calor hacia el aire ambiente.

**Condensador:** La parte del mecanismo de refrigeración que recibe gas refrigerante caliente a alta presión procedente de un compresor, y enfría dicho gas hasta que regresa al estado líquido.

**Condensar:** Acción de cambiar de estado un gas o vapor a líquido.

**Condición ácida en el sistema:** Estado en el que el refrigerante o aceite en el sistema se mezcla con fluidos que son de naturaleza ácida.

**Condiciones normales:** Se usan como base en cálculos de acondicionamiento de aire. La temperatura es de  $20^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ) y la presión de 29.92 pulg Hg (760 mm Hg), con humedad relativa de 30 por ciento.

**Conducción térmica:** Proceso de transferencia de calor a través de un medio material en que se transmite la energía cinética mediante las partículas del material, de partícula a partícula, sin desplazamiento conjunto del material.

**Conductancia (película superficial):** Velocidad de flujo

de calor por unidad de área bajo condiciones estables entre una superficie y el fluido ambiente por unidad de diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido. En unidades inglesas su valor se expresa por lo general en BTU/hora-pie cuadrado-grados Fahrenheit de diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido.

**Conductancia térmica:** Es el factor "C", velocidad de paso de calor por unidad de área bajo condiciones estacionarias a través de un cuerpo, desde una de sus superficies límite a otra por unidad de diferencia de temperatura entre las dos superficies. En unidades inglesas su valor se expresa normalmente en BTU/hora-pie cuadrado-grado Fahrenheit. El término se aplica a cuerpos o construcciones especiales tal como se usan, sean homogéneos o heterogéneos.

**Conductividad térmica:** Es el factor "k", que es la rapidez de paso de calor a través de un área unitaria de un material homogéneo, bajo condiciones estacionarias, cuando se mantiene un gradiente unitario de temperatura en la dirección perpendicular al área. En unidades inglesas su valor se expresa en forma normal en BTU/hora-pie cuadrado-grado Fahrenheit por pulgada de espesor. Los materiales se consideran homogéneos cuando el valor de "k" no se afecta por variaciones en espesor o tamaño de la muestra, dentro de los límites que se emplean normalmente en la construcción.

**Conductor térmico:** Material que transmite calor con facilidad por conducción.

**Conexión de campana de espesor sencillo:** Extremo de tubo que se amolda en forma de campana o bocina a 37½° o 45°.

**Congelación neta:** Refrigeración a temperatura ligeramente menor que la de congelación, con circulación moderada de aire.

**Congelación:** Cambio de estado de líquido a sólido.

**Congelador sin escarcha:** Caja de refrigerador de baja temperatura en la que no se acumula hielo o escarcha en los artículos que se guardan en ella.

**Congelamiento:** 1. La formación de hielo en el dispositivo de control de refrigerante, que puede detener el flujo de refrigerante hacia el evaporador. 2. Formación de escarcha en un serpentín que puede detener el flujo de aire por dicho serpentín.

**Conmutador cilíndrico:** Conmutador en el que las superficies de contacto son paralelas al eje del rotor.

**Conmutador radial:** Superficie de contacto eléctrico en un rotor que es perpendicular, o está en ángulo recto, a la línea central del eje del rotor.

**Conmutador:** Parte del rotor de un motor eléctrico que conduce la corriente eléctrica hacia los devanados del rotor.

**Conservador:** Cajón o compartimento en un refrigerador, diseñado para tener alta humedad y al mismo tiempo baja temperatura con el fin de mantener firmes y frescas las verduras, en especial las de hoja.

**Contaminante:** Sustancia (polvo, humedad, etc.) extraña al refrigerante o aceite refrigerante de un sistema.

**Contra:** Parte de una cerradura que corresponde a la puerta.

**Contracorriente:** Flujo en la dirección opuesta.

**Contrapresión:** Presión en el lado de baja del sistema de refrigeración; también se llama presión de succión, o presión en el lado de baja.

**Control a prueba de falla:** Dispositivo que abre el circuito cuando el elemento sensor no trabaja.

**Control anticipante:** Regulador que en forma artificial conecta o desconecta antes de lo que debería, comenzando así el enfriamiento necesario, o deteniendo la calefacción, antes de alcanzar el punto de control, para reducir la fluctuación o sobrecontrol de la temperatura.

**Control automático de escarcha:** Control que enciende y apaga en forma automática al sistema de refrigeración, de acuerdo con la formación de escarcha en el evaporador.

**Control con motor de presión:** Dispositivo que se abre y cierra en un circuito eléctrico cuando la presión cambia y queda dentro de los límites deseados.

**Control de baja presión:** Dispositivo interruptor conectado al lado de baja presión del sistema.

**Control de calentamiento:** Dispositivo que controla la temperatura de la unidad de transferencia de calor donde se desprende calor.

**Control de compresor:** (Véase control de motor.)

**Control de descongelado:** Dispositivo que desescarcha en forma automática al evaporador. Puede trabajar mediante un reloj, interruptor de puerta, o durante la parte "apagada" del ciclo de refrigeración.

**Control de descongelado:** Sistema de control que se usa para detectar la acumulación de escarcha en el exterior del serpentín durante el ciclo de calentamiento y que hace que se invierta el sistema para que un gas caliente desescarche el serpentín.

**Control de deshielo:** Dispositivo que se usa para hacer trabajar un sistema de refrigeración de tal modo que se fundan el hielo y la escarcha acumulados.

**Control de elemento remoto:** Dispositivo con un elemento sensor ubicado en lugar aparte del mecanismo de operación.

**Control de motor:** Dispositivo operado con temperatura o presión que se emplea para controlar la marcha de un motor.

**Control de motor:** Dispositivo que se usa para poner a trabajar o parar un motor a determinadas condiciones de temperatura o presión.

**Control de presión del lado de baja:** Dispositivo que se usa para evitar que la presión de evaporación en el lado de baja sea menor que determinada presión.

**Control de presión o altura:** Control accionado por la presión que abre un circuito eléctrico si la presión del lado de alta sube demasiado.

**Control de presión para motor:** Control de alta o baja presión conectado al circuito eléctrico y que se usa para poner en marcha y detener el motor cuando hay necesidad de refrigeración o para fines de seguridad.

**Control de refrigerante:** Dispositivo que mide el refrigerante y mantiene la diferencia de presión entre el lado de alta y el de baja presión del sistema mecánico de refrigeración al estar trabajando la unidad.

**Control de refrigerante:** Dispositivo que se usa para regular el flujo de refrigerante líquido al evaporador, que es por ejemplo un tubo capilar, válvulas de expansión, o válvulas de flotador en lado de alta o de baja.

**Control de seguridad para motor:** Dispositivo eléctrico que se emplea para abrir un circuito si la presión, tempera-



tura y/o flujo de corriente rebasan las condiciones de seguridad.

**Control de seguridad:** Dispositivo que detiene el funcionamiento de la unidad de refrigeración si se alcanzan presiones y/o temperaturas inseguras.

**Control de temperatura:** Dispositivo termostático que pone en marcha o detiene en forma automática un motor. El funcionamiento de este dispositivo se basa en cambios de temperatura.

**Control de termodisco para descongelar:** Interruptor eléctrico con un disco bimetalico controlado por energía eléctrica.

**Control de voltaje:** Es necesario que determinados circuitos eléctricos tengan voltaje uniforme o constante. Se usan dispositivos electrónicos para este fin, que se llaman controles de voltaje.

**Control limitador:** Control que se usa para abrir o cerrar circuitos eléctricos cuando se alcanzan los límites de temperatura o presión.

**Control manual de escarcha:** Control manual que se emplea para cambiar las condiciones del sistema de refrigeración, con objeto de producir condiciones de descongelamiento.

**Control semiautomático de escarcha:** Sistema de control que inicia la parte de descongelamiento de un ciclo, en forma manual, y regresa después al sistema al funcionamiento normal, en forma automática.

**Control termostático de un motor:** Dispositivo que se usa para controlar el funcionamiento y paro de una unidad por medio de un bulbo de control fijo al evaporador.

**Control termostático:** Dispositivo que hace trabajar un sistema o parte de un sistema, basado en cambios de temperatura.

**Control:** Dispositivo manual o automático que se usa para detener, iniciar y/o regular el flujo de un gas, líquido y/o electricidad.

**Controles de secuencia:** Grupo de dispositivos que actúan en serie o en orden de intervalos.

**Convección forzada:** Movimiento del fluido originada por una fuerza mecánica, como por ejemplo por ventiladores o bombas.

**Convección forzada:** Transferencia de calor que resulta del movimiento forzado del líquido o gas, impulsado por medio de un ventilador o bomba.

**Convección natural:** Circulación de un gas o líquido debida a la diferencia de densidades que a su vez resulta de diferencias de temperatura.

**Convección natural:** Movimiento de un fluido originado por diferencias de temperatura (cambios de densidad).

**Convección:** Transferencia de calor mediante el movimiento o flujo de un fluido o gas.

**Cople de conexión rápida:** Dispositivo que permite la conexión fácil y rápida de dos tubos para fluido.

**Corriente de aire:** Circulación forzada de aire.

**Corte por alta presión:** Interruptor eléctrico de control accionado por la presión del lado de alta que abre un circuito eléctrico en forma automática si se alcanza una altura de presión o presión de condensación demasiado altas.

**Criogenia:** Refrigeración que trata de producir temperaturas de  $-155^{\circ}\text{C}$  ( $-250^{\circ}\text{F}$ ) o menores.

**Curva de presión de vapor:** Presentación gráfica de diversas presiones producidas por un refrigerante a varias temperaturas.

## D

**Decibel:** Unidad que se usa para medir la intensidad relativa de los sonidos. Un decibel es igual a la diferencia aproximada de intensidad que puede detectar ordinariamente el oído humano, cuyo límite es aproximadamente 130 decibels en la escala que inicia con uno para el sonido más débil que se puede percibir.

**Densidad:** Abigarramiento de textura o consistencia. Se obtiene dividiendo la masa de una sustancia entre su volumen.

**Deodorizador:** Dispositivo que absorbe varios olores, en general debido al principio de adsorción. Una sustancia que se usa mucho es el carbón activado.

**Derivación de gas caliente:** Sistema de tubería en una unidad de refrigeración que impulsa al gas refrigerante caliente del condensador al lado de baja presión.

**Derivación:** Pasaje a un lado de, o alrededor de, el paso regular.

**Descongelación con agua:** Empleo del agua para fundir hielo y escarcha del evaporador durante su etapa apagada.

**Descongelado:** Proceso de quitar la acumulación de escarcha en los evaporadores.

**Descongelador de gas caliente:** Sistema de descongelado o desescarchado en el que el gas caliente del lado de alta se hace pasar por el evaporador durante un corto tiempo y a intervalos predeterminados para eliminar la escarcha del evaporador.

**Descongelamiento automático:** Sistema para eliminar el hielo y la escarcha de los evaporadores en forma automática.

**Descongelamiento eléctrico:** Empleo de serpentines de calentamiento a base de resistencias eléctricas para fundir el hielo y escarcha, y eliminarlos de los evaporadores durante el descongelado.

**Descongelamiento por ciclo inverso:** Método de calentamiento de un evaporador para fines de desescarchado, que emplea válvulas para conducir gas caliente que sale del compresor, hacia el evaporador.

**Desecante, desecador:** Sustancia que se usa para atrapar y quedarse con la humedad en un sistema de refrigeración. Es agente secante. Los desecadores comunes son alúmina activada y gel de sílice.

**Desengrasante:** Solución o solvente que se usan para eliminar el aceite o la grasa de las partes del refrigerador.

**Deshidratación:** Eliminación del vapor de agua del aire empleando materiales absorbentes o adsorbentes; eliminación de agua de artículos almacenados.

**Deshidratador-Receptor:** Tanque pequeño que sirve como recipiente de refrigerante líquido y que también contiene un desecador para eliminar humedad. Se usa en la

mayor parte de las instalaciones automotrices de aire acondicionado.

**Deshidratador:** (Véase Secador.)

**Deshidratar:** Eliminar de la materia agua en todas sus formas. Se incluyen agua líquida, higroscópica y de cristalización o hidratación.

**Deshumificador de superficie:** Unidad de aire acondicionado diseñada principalmente para enfriar y deshumidificar aire pasándolo sobre serpentines de enfriamiento mojados.

**Deshumificador:** Dispositivo que se usa para eliminar humedad del aire en un espacio cerrado.

**Deshumidificar:** Quitar vapor de agua de la atmósfera. Quitar agua o líquido de artículos almacenados.

**Desplazamiento de un pistón:** El volumen que se obtiene multiplicando el área de la sección transversal del cilindro por la longitud de la carrera del pistón.

**Desplazamiento de un pistón:** Volumen desplazado por un pistón en su movimiento a todo lo largo de su carrera.

**Detector de fugas con espuma:** Sistema de burbujas de jabón o de líquidos espumantes especiales que se untan sobre las uniones y conexiones a fin de localizar las fugas.

**Detector de fugas:** Dispositivo o instrumento como por ejemplo soplete de halógeno, olfato electrónico o solución de jabón que se usa para detectar fugas.

**Detector de fugas:** Dispositivo que se usa para descubrir y localizar fugas de refrigerante.

**Detector electrónico de fugas:** Instrumento electrónico que mide el flujo de electrones a través de un espacio de gas. Los cambios de flujo de electrones son indicativos de la presencia de moléculas de refrigerante gaseoso

**Determinación de humedad:** Acción que emplea instrumentos y cálculos para medir la humedad absoluta o relativa en un espacio de aire acondicionado.

**Devanado de arranque:** Devanado de un motor eléctrico que sólo se usa durante un período breve cuando el motor está arrancando.

**Devanado de marcha:** Devanado eléctrico de un motor por el cual pasa corriente durante el funcionamiento normal del motor.

**Diafragma:** Membrana flexible que se fabrica normalmente de metal, hule o plástico delgados.

**Diagrama Mollier:** Gráfica de presión, contenido de calor y propiedades térmicas de una sustancia.

**Diagrama presión-calor:** Gráfica de presión de refrigerante, contenido calorífico y propiedades térmicas (diagrama de Mollier).

**Diámetro interior:** Diámetro interior de un agujero cilíndrico.

**Diclorodifluorometano:** Refrigerante cuyo nombre común es R-12. Su fórmula química es  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ . La clave de color de sus cilindros es blanco. Su punto de ebullición a presión atmosférica es  $-21.62^\circ\text{F}$ .

**Diferencia efectiva de temperatura:** Es la diferencia entre la temperatura del aire en el recinto y la del aire de suministro en la salida hacia el recinto.

**Diferencia media de temperatura:** Diferencia promedio de las temperaturas antes de que se inicie el proceso y después que se termina éste.

**Diferencial:** Aplicado a refrigeración y calefacción, es la diferencia entre las temperaturas o presiones de entrada y salida en un control.

**Difusor de aire:** Salida de distribución de aire, diseñada para dirigir el flujo de aire de acuerdo con patrones deseados.

**Dinamómetro:** Dispositivo para medir la potencia entregada o la tomada por un mecanismo.

**Dióxido de azufre:** Gas que alguna vez se usó mucho como refrigerante. Su número como tal es R-764; su fórmula química es  $\text{SO}_2$ . Código de color del cilindro: negro; punto de ebullición a presión atmosférica:  $14^\circ\text{F}$  ( $-10^\circ\text{C}$ ).

**Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ):** Compuesto de carbono y oxígeno que a veces se usa como refrigerante. Su número, como refrigerante, es R-744.

**Dispositivo reductor de presión:** Lo que se usa para producir una reducción de presión y la correspondiente disminución del punto de ebullición antes de introducir el refrigerante al evaporador.

**Ducto:** Para calefacción y aire acondicionado, es un tubo o conducto a través del que el aire se mueve o se transporta.

## E

**Ebulador:** Sustancia sólida aguzada o afilada que se introduce en evaporadores del tipo inundado para mejorar la evaporación (ebullición) del refrigerante en el serpentín.

**Eductor:** Dispositivo que se usa en sistemas de refrigeración por absorción, para aumentar la capacidad de la solución absorbente.

**Efecto de chimenea:** La tendencia del aire o gas en un ducto u otro pasaje vertical, de elevarse cuando se calienta, a causa de su menor densidad en comparación con el aire o gas que lo rodea. En las construcciones, es la tendencia de desplazarse (a causa de una diferencia de temperatura) que tiene el aire interno caliente siendo sustituido por aire frío del exterior, por la diferencia de densidades de estos dos aires.

**Efecto de deshumidificación:** Diferencia entre los contenidos de humedad, en libras por hora, del aire que entra y el que sale, multiplicado por 1-060.

**Efecto de refrigeración:** Cantidad de calor en BTU/hr o cal/hr que un sistema es capaz de transferir.

**Efecto Joule-Thomson:** Cambio en la temperatura de un gas que se expande a través de un tapón poroso de una presión alta a una menor.

**Eficiencia del compresor:** Medida de la desviación de la compresión real en comparación con la del ciclo perfecto de compresión. Se define como trabajo hecho dentro de los cilindros.

**Eficiencia volumétrica:** Término que se usa para expresar la relación entre la capacidad real de un compresor o una bomba de vacío y la capacidad calculada en base a su desplazamiento.

**Electrónica:** Rama de la ciencia que trata de los dispositivos electrónicos y sus aplicaciones.

**Elemento calefactor del receptor:** Resistencia eléctrica

que se monta dentro o alrededor del receptor líquido, que se usa para mantener las presiones cuando la temperatura ambiente es de congelación o inferior.

**Elemento de impulsión:** Elemento sensible de un control accionado por temperatura.

**Empalme caliente:** La parte del circuito termoelectrico que desprende calor.

**Empalme frío:** La parte del sistema termoelectrico que absorbe calor cuando trabaja el sistema

**Empaquetadura de tubo hueco:** Dispositivo sellador hecho de hule o plástico con sección transversal tubular.

**Empaquetadura tipo globo:** Empaquetadura flexible de la puerta de un refrigerador que tiene una sección transversal grande.

**Empaquetadura, espuma:** Dispositivo de sellado de uniones formado de bandas de espuma de hule o de plástico

**Empaquetadura:** Material deformable o flexible que se usa entre superficies correspondientes de las partes de unidades de refrigeración, o de puertas de refrigerador, para dar un sello hermético.

**Enfriador Baudelot:** Intercambiador de calor en el que pasa el agua por gravedad por el exterior de los tubos o placas.

**Enfriador de aire:** Mecanismo diseñado para disminuir la temperatura del aire que pasa por él

**Enfriador de confort:** Sistema que se emplea para reducir la temperatura en el espacio útil de los hogares. Estos sistemas no son de acondicionamiento completo de aire, porque no dan el control completo de calefacción, humidificación, deshumidificación y circulación de aire.

**Enfriamiento por aspersión:** Método de refrigeración en el que se rocía el refrigerante dentro del evaporador, o rociando agua refrigerada

**Enfriar súbitamente:** Sumergir un objeto sólido en un fluido de enfriamiento.

**Entalpia:** Cantidad total de calor en una libra de una sustancia calculada de acuerdo a la base aceptada de temperatura. 32°F es la base de temperatura que se acepta para cálculos de vapor de agua. Para cálculos de refrigeración, la base aceptada es -40°C (-40°F).

**Entrar:** Válvula de temperatura o presión que cierra el circuito de control.

**Entropía:** Factor matemático que se usa en los cálculos de ingeniería. Define al grado de desorden de la materia en un sistema.

**Enzima:** Sustancia orgánica compleja que producen las células vivas y que acelera los cambios químicos en los alimentos. La acción enzimática se desacelera mediante la refrigeración

**Equivalente de fusión del hielo (Efecto de fusión del hielo, EFH):** Cantidad de calor absorbido por la fusión de hielo a 32°F, que es 144 BTU por libra de hielo, o 288,000 BTU por tonelada inglesa (de 2000 lb. 908 kg).

**Escala centígrada:** Escala de temperatura que se usa en el sistema métrico. El punto de congelación del agua es 0, el punto de ebullición es 100.

**Escala Fahrenheit:** En un termómetro en grados Fahrenheit (de Daniel Gabriel Fahrenheit, físico alemán), a la

presión atmosférica normal, el punto de ebullición del agua es 212° y el de congelación es 32° sobre cero.

**Escala Kelvin (K):** Escala termométrica en la cual la unidad de medida es igual al grado centígrado, y de acuerdo a la cual el cero absoluto es 0°, el equivalente a -273.16°C. En esta escala, el agua se congela a 273.16 K y hierve a 373.16 K

**Escala Rankine:** Nombre que se da a la escala absoluta Fahrenheit. En esta escala el cero está a -460°F

**Escala Ringelmann:** Dispositivo de medición para determinar la densidad del humo

**Espuma de poliuretano:** Aislamiento en forma de espuma entre las paredes interior y exterior de una vitrina refrigerada.

**Espumeo:** Formación de una espuma en una mezcla de aceite y refrigerante debida a la evaporación rápida del refrigerante disuelto en el aceite. Con mucha probabilidad se va a presentar cuando el compresor se pone en marcha y se reduce la presión en forma repentina.

**Estator de un motor:** parte estacionaria de un motor eléctrico.

**Estetoscopio:** Instrumento que se usa para detectar ruidos.

**Estorbo de aceite:** Condición física cuando una capa de aceite sobre el refrigerante líquido impide su evaporación a sus condiciones normales de temperatura y presión.

**Estrangulación:** Expansión de un gas a través de un orificio o abertura controlada sin que el gas efectúe trabajo alguno durante el proceso de expansión.

**“Estrangular” una válvula:** Abrir una válvula una cantidad pequeña

**Estratificación del aire:** Estado en el que hay poco o ningún movimiento de aire en un recinto; el aire se estanca en capas de diversas temperaturas.

**Evaporación:** Término que se aplica al cambio de estado de un líquido a un gas. En este proceso se absorbe calor.

**Evaporador de expansión directa:** Serpentin de evaporador que usa un dispositivo reductor de presión para suministrar refrigerante líquido al punto de ebullición correcto para que el refrigerante absorba calor

**Evaporador inundado de envolvente y tubos:** Dispositivo que hace pasar agua dentro de tubos en el interior de un evaporador cilíndrico, o viceversa.

**Evaporador inundado:** Evaporador que contiene siempre refrigerante líquido

**Evaporador sin escarcha:** Evaporador en el que nunca se acumula escarcha o hielo en su superficie.

**Evaporador tipo congelamiento:** Sistema de refrigeración que mantiene al evaporador a temperaturas de congelamiento durante las fases del ciclo.

**Evaporador tipo descongelador:** Evaporador que trabaja a temperaturas tales que se funden el hielo y la escarcha que se acumulan, durante la parte de apagado del ciclo de operación

**Evaporador tipo seco:** Un evaporador en el que se alimenta refrigerante mediante un dispositivo reductor de presión. Casi no se junta, o no se junta, refrigerante en el evaporador.

**Evaporador:** Parte de un mecanismo de refrigeración en la que el refrigerante se evapora y absorbe calor

**Excéntrico:** Círculo o disco montado fuera del centro de

giro. Se usan los excéntricos para ajustar los controles y conectar los ejes motrices de un compresor con sus pistones.

**Exfiltración:** Flujo de aire hacia el exterior, a través de una pared, fuga, membrana, etc.

**Expansión y contracción isotérmica:** Acción que se lleva a cabo sin cambio de temperatura.

**Experimento de Faraday:** El cloruro de plata absorbe amoníaco cuando está frío y lo desprende cuando está caliente. Es la base sobre la cual trabajan algunos refrigeradores por absorción.

**Eyector:** Dispositivo, como por ejemplo un venturi, que emplea la alta velocidad del fluido, para crear baja presión o vacío en su garganta para succionar un fluido de otra fuente.

## F

**Factor "U":** Cantidad de energía térmica, en BTU/hr que se absorbe en un pie cuadrado por cada grado de diferencia promedio de temperatura a través del material de la superficie.

**Factores de conversión:** La fuerza y la potencia se pueden expresar en más de una forma. Un caballo de fuerza equivale a 33,000 pie libra de trabajo por minuto, 746 W o 2,546 BTU por hora. Estos valores se pueden emplear para cambiar caballos de fuerza en pies libra, watts o BTU, respectivamente.

**Filtro de carbón:** Filtro de aire que emplea carbón activado como agente de limpieza.

**Filtro electrostático:** Tipo de filtro que comunica una carga eléctrica a las partículas de polvo en el gas. Esto hace que las partículas sean atraídas a una placa donde se pueden eliminar de la corriente de aire o de la atmósfera.

**Filtro:** Dispositivo que se usa para eliminar partículas pequeñas de un fluido.

**Flotador del lado de alta:** Mecanismo de control de refrigerante que controla el nivel del refrigerante líquido en el lado de alta presión del mecanismo.

**Fluido criogénico:** Sustancia que existe como líquido o gas a temperaturas ultra bajas, de  $-155^{\circ}\text{C}$  ( $-250^{\circ}\text{F}$ ) o menores.

**Fluido dieléctrico:** Fluido con alta resistencia eléctrica.

**Fluido:** Sustancia en estado líquido o gaseoso; sustancia que contiene partículas que se mueven y cambian de posición sin separarse del conjunto.

**Flujo de fluido:** Movimiento de un fluido originado por diferencia de presión. Esta diferencia es creada a su vez por medios mecánicos o por diferencia de densidad por haber agregado o quitado energía térmica.

**Flujo magnético:** Líneas de fuerza de un imán.

**Flujo turbulento:** Movimiento de un fluido en forma de mezcla y remolinos.

**Foco de prueba:** Foco con terminales de prueba que se usa para probar circuitos eléctricos y determinar si tienen corriente.

**Foco, Steri:** Foco que emite rayos ultravioleta de alta intensidad y que se usan para matar bacterias. Con frecuencia se emplea en cajas de almacenamiento de alimentos.

**Fotoelectricidad:** Acción física en la que se genera un flujo eléctrico por medio de ondas luminosas.

**Freón:** Marca registrada de una familia de refrigerantes sintéticos fabricados por DuPont, Inc.

**Frío:** El frío es la ausencia de calor, una temperatura bastante más baja que la normal.

**Fuelle:** Recipiente cilíndrico corrugado que se mueve cuando cambia la presión, o que forma el sello durante el movimiento de las partes.

**Fuente de calor:** Material del que extrae calor el sistema de refrigeración.

**Fuerza:** La fuerza es la presión acumulada y se expresa en libras, kilos, newtons, etc. Si la presión es 10 psi en una placa que tenga un área de 10 pulgadas cuadradas, la fuerza será 100 libras.

**Fuga de calor:** Flujo de calor a través de una sustancia.

**Fuga de sello:** Escape de aceite y/o refrigerante en una unión donde un eje entra a una caja.

**Fundente para soldadura:** Sustancia que se aplica a las superficies que se van a unir por soldadura o latonado, para liberarlas de óxidos y facilitar una buena unión.

**Fundido a troquel:** Proceso de moldear metales de baja temperatura de fusión en moldes metálicos de dimensiones exactas.

**Fusible:** Dispositivo eléctrico de seguridad que consiste en un listón de metal fusible en un circuito. Este metal se funde cuando la corriente sobrepasa cierto valor.

## G

**Gas no condensable:** Gas que no pasa a su estado líquido a las temperaturas y presiones de operación.

**Gas no condensable:** Un gas que no pasa al estado líquido bajo condiciones usuales de temperatura y presión.

**Gas:** Fase o estado de vapor de una sustancia.

**Gel de sílice:** Compuesto químico que se usa como secador, que puede absorber humedad cuando se calienta. La humedad se descarga después y el compuesto se puede volver a usar.

**Generador:** Dispositivo que se emplea en sistemas de refrigeración por absorción, para calentar al líquido de absorción y expulsar el vapor de refrigerante. Este vapor se condensa en un líquido antes de entrar al evaporador.

**Golpe de gas:** Evaporación instantánea de algún refrigerante líquido en el evaporador, que enfría el refrigerante que queda a la temperatura deseada de evaporación.

**Golpe, inundación:** Acción modulante de la presión o temperatura antes de alcanzar su valor final o ajuste.

**Grado día:** Unidad que representa un grado de diferencia de temperatura del punto dado con el ambiente exterior, durante un día, y que con frecuencia se usa para calcular las necesidades de combustible para calentar una construcción. Los grados día se basan en una temperatura promedio durante un período de 24 horas. Por ejemplo, si la temperatura promedio de un día es  $50^{\circ}\text{F}$ , el número de grados día para ese día es igual a  $65^{\circ}\text{F}$  menos  $50^{\circ}\text{F}$ , o sea 15 grados día ( $65 - 50 = 15$ ). Los grados día son útiles para calcular las necesidades de calefacción.

**Gráfica de confort:** Gráfica que se emplea en aire acondicionado para indicar la temperatura y humedad de bulbo seco a las que se tienen condiciones de confort humano

**Grano:** Unidad de peso igual a 1/7000 de una libra, o 0.065 gramos. Se usa para especificar el contenido de humedad del aire

**Gravedad específica:** La gravedad específica de una sustancia sólida o líquida es la relación de la masa del cuerpo a la masa de un volumen igual de agua a determinada temperatura normal. En la actualidad se usa una temperatura de 4°C (39 °F) en física, pero en ingeniería se usa 60°F o 15°C. La gravedad específica de un gas se expresa en términos del aire seco a la misma temperatura y presión que el gas

**Gravedad específica:** Peso de un líquido en comparación con el peso del agua, a la que se le asigna una gravedad específica de 1.0

## H

**Hastelloy:** Marca registrada de una aleación dura y no atacable por la corrosión.

**Hermético reparable:** Unidad con caja hermética que contiene el motor y el compresor fijos mediante el empleo de tornillos o roscas.

**Hg (mercurio):** Elemento metálico denso, de brillo semejante al de la plata; es el único metal líquido a la temperatura ambiente. Su símbolo químico es Hg

**Hidrolen-asfalto:** Derivado hidrocarbonado de la industria del petróleo. Se usa como compuesto sellador de baja temperatura de fusión, y es impermeable.

**Hidrómetro:** Instrumento flotante que se usa para medir la gravedad específica de un líquido. La gravedad específica es la relación del peso de cualquier volumen de una sustancia al peso de un volumen igual de una sustancia que se use como patrón.

**Hielera:** En las instalaciones comerciales, espacio en el que se guarda hielo o en el que se instala el elemento enfriador.

**Hielo seco:** Sustancia refrigerante constituida por dióxido de carbono sólido, que pasa en forma directa de sólido a gas (se sublima). Su temperatura de sublimación es -78°C (-109°F).

**Higrómetro:** Instrumento para medir el grado de humedad en la atmósfera.

**Higroscópico:** Capacidad de una sustancia de absorber y retener la humedad y cambiar sus dimensiones físicas cuando cambia su contenido de humedad.

**Holgura:** Espacio en un cilindro que no ocupa el pistón al final del tiempo de compresión, o volumen de gas que permanece en el cilindro en ese mismo punto. Se mide en porcentaje de desplazamiento del pistón.

**Hona:** Piedra de grano fino empleada para afilado de precisión.

**Horsepower (HP):** Unidad de potencia igual a 33,000 pies libras de trabajo por minuto. Un HP eléctrico es igual a 746 watts. También, 1 HP es igual a 76 kg-m/seg.

**Hule sintético, neopreno:** Material suave y resistente fabricado con un compuesto químico sintético.

**Humedad absoluta:** Cantidad de humedad en el aire, expresada en granos por pie cúbico, libras de agua por libra de aire seco, o kilogramos de agua por kilogramo de aire seco

**Humedad relativa:** Relación de cantidad de vapor de agua presente en el aire a la cantidad máxima posible a la misma temperatura.

**Humedad:** Contenido de vapor de agua. La humedad relativa es la relación de la cantidad de vapor presente en el aire a la cantidad máxima posible a determinada temperatura.

**Humidificadores:** Dispositivos que se usan para agregar y controlar la humedad en un espacio limitado.

**Humidostato:** Control eléctrico que está accionado por la humedad que varía.

**Humo:** Suspensión en el aire (aerosol) de partículas en general, pero no necesariamente, sólidas. Con frecuencia se originan en un núcleo sólido que se forma en la combustión o la sublimación. También se define como suspensión de partículas de carbón o hollín con tamaño menor que 0.1 micras que se forman a consecuencia de combustión incompleta de materiales carbonáceos como carbón, petróleo y tabaco.

**Humos:** Emisiones de partículas o vapores, en general olorosas, como por ejemplo las del ácido nítrico concentrado. La palabra humos tiene una aplicación tan amplia y abarca tanto que es muy limitada su utilidad como término técnico. En inglés su característica principal es la que implica un olor. En español se define como partículas sólidas generadas por condensación del estado gaseoso, en general después de la volatilización de metales fundidos, etc., y que con frecuencia se acompaña de una reacción química como la oxidación. Los humos flocculan y a veces coalescen.

## I

**ICC-Intersate Commerce Commission:** Dependencia gubernamental en Estados Unidos que controla el diseño y la construcción de recipientes a presión

**Igualador externo:** Tubo que se conecta al lado de baja presión de un diafragma de válvula de expansión, y a la salida del evaporador.

**Imán permanente:** Material que tiene sus moléculas alineadas y su propio campo magnético; barra de metal que se ha imanado en forma permanente.

**Impulsor:** Parte giratoria de una bomba centrífuga.

**Indicador de humedad:** Instrumento que se usa para medir el contenido de humedad de un refrigerante.

**Indicador de tiro:** Instrumento que se usa para indicar o medir el tiro de una chimenea, o el movimiento de gases de combustión. El tiro se mide en unidades de 0.1 pulg de columna de agua, o mm de columna de agua.

**Indicador líquido:** Dispositivo ubicado en un tubo de líquido que es una ventanilla a través de la que se puede observar el flujo.

**Índice de temperatura y humedad:** Temperatura y hume-

dad reales de una muestra de aire, en comparación con las condiciones normales del aire.

**Inflamabilidad:** Capacidad de un vapor de combinarse con el oxígeno en el proceso de combustión.

**Instalación de código:** Una instalación de refrigeración o aire acondicionado que se apega a las normas locales y/o nacionales para instalaciones seguras y eficientes.

**Instalación fuera de código:** Sistema funcional de refrigeración instalado donde no hay reglamentos municipales, estatales o nacionales vigentes

**Intercambiador de calor:** Dispositivo que se usa para transferir calor de una superficie caliente a una fría. Los evaporadores y los condensadores son intercambiadores de calor.

**Inundación:** Acción de llenar de líquido un espacio.

**Isotérmico:** Cambio de volumen o presión bajo condiciones de temperatura constante

## J

**Jaula de ardilla:** Ventilador con aspas paralelas al eje y que impulsa el aire en ángulos rectos, o en dirección perpendicular a dicho eje.

**Juego axial:** Ligero movimiento a lo largo de la línea de centro.

## K

**Kilómetro:** Unidad métrica de medida lineal = 1000 metros.

**Kilowatt:** Unidad de potencia eléctrica, igual a 1000 watts.

## L

**Laca:** Capa protectora de acabado que se seca y forma una película, por evaporación de un componente volátil.

**Lado de alta:** Partes de un sistema de refrigeración que están bajo la presión de condensación.

**Lado de baja:** La parte de un sistema de refrigeración que está a la menor presión de evaporación.

**Lámpara infrarroja:** Dispositivo eléctrico que emite rayos infrarrojos; son rayos invisibles más allá del rojo en el espectro visible.

**Lapeado:** Rectificado de una superficie metálica con un abrasivo fino para alcanzar un alto grado de exactitud.

**Lata:** Recipiente metálico sellada para la unidad motor-compresor en una unidad de refrigeración.

**Latonado:** Método de unir metales por medio de un metal no ferroso (que no tiene hierro) de aporte, con calor, a temperaturas entre 425°C (800°F) y la temperatura de fusión de los metales que se van a unir.

**Lavado:** Operación para quitar cualquier material o fluidos

de partes del sistema de operación, por medio de purgas a la atmósfera con otro refrigerante u otros fluidos.

**Lavador de aire:** Dispositivo que se emplea para limpiar el aire, el cual puede aumentar o disminuir su humedad.

**Ley de Boyle:** Ley de la física: el volumen de un gas varía cuando varía la presión, si la temperatura permanece constante. Ejemplos: si se duplica la presión en determinada cantidad de gas, el volumen de ésta se reduce a la mitad. Si el volumen se duplica, la presión del gas se reduce a la mitad.

**Ley de Charles:** El volumen de una masa dada de gas a presión constante varía de acuerdo a su temperatura.

**Ley de Dalton:** La presión de vapor que ejerce una mezcla de gases sobre un recipiente es igual a la suma de las presiones de vapor de los gases individuales contenidos en la mezcla.

**Ley de Pascal:** Una presión impuesta a un fluido se transmite por igual en todas direcciones.

**Licor:** Solución que se usa en refrigeración por absorción.

**Limitador de presión:** Dispositivo que permanece cerrado hasta que se alcanza cierta presión, a la cual se abre y descarga fluido a otra parte del sistema.

**Limpiador de aire:** Dispositivo que se emplea para la eliminación de impurezas arrastradas por el aire.

**Líquido volátil:** Líquido que se evapora a baja temperatura y presión.

**Litargirio:** Óxido de plomo en polvo mezclado con glicerina para sellar uniones de tubo roscado

**Litro:** Unidad métrica de volumen, igual a 61.03 pulg<sup>3</sup>.

**Llaves de par:** Llaves que se pueden emplear para medir el par o la presión aplicada a un tornillo o una tuerca.

**Lubricación con sistema de salpicadura:** Método de lubricar partes móviles por agitación o rociadura de aceite

**Lubricación de alimentación forzada:** Sistema de lubricación que emplea una bomba para forzar al aceite a las superficies de las partes en movimiento.

## M

**Machuelo (roscas):** Herramienta que se usa para cortar roscas internas.

**Mampara:** Placa o aspa que se usa para dirigir o controlar el movimiento de un fluido o aire dentro de una zona confinada.

**Maneral:** Herramienta usada para sujetar machuelos con roscas externas.

**Manómetro compuesto:** Instrumento para medir presiones mayores y menores que la presión atmosférica.

**Manómetro compuesto:** Instrumento para medir presiones tanto arriba como abajo de la presión atmosférica.

**Manómetro de alta presión:** Instrumento para medir presiones de 0 a 35 o 40 kg/cm<sup>2</sup>, bar o atm (0 a 500 psig).

**Manómetro de compresión:** Instrumento que se emplea únicamente para medir presiones positivas (presiones superiores a la atmosférica).

**Manómetro de micras:** Instrumento para medir vacíos muy cercanos al vacío perfecto.

**Manómetro de vacío:** Instrumento que se emplea para medir presiones inferiores a la atmosférica.

**Manómetro para bajas presiones:** Instrumento para medir presiones de 0 a 3.5 o 4.0 kg/cm<sup>2</sup>, bar o atm (0 a 50 psig).

**Manómetro:** Instrumento para medir la presión de gases y vapores. La presión de gas se compara contra una columna de líquido como mercurio en un tubo en forma de U.

**Máquina automática de cubos de hielo:** Mecanismo de refrigeración diseñado para producir cubos de hielo en forma automática.

**Mármol:** Herramienta cuya superficie tiene una planitud muy exacta y que se usa para fines de medición, y para rectificar ("lapear") superficies planas

**Masa:** Cantidad de materia que se une entre sí y constituye un cuerpo que en general tiene forma indefinida.

**Medición psicrométrica:** Medición de temperatura, presión y humedad empleando una carta psicrométrica.

**Medidor de demanda:** Instrumento que se usa para medir el consumo de kilowatt horas de determinado circuito o grupo de circuitos.

**Medidor de flujo:** Instrumento que se emplea para medir la velocidad o el volumen del movimiento del fluido.

**Medidor de tiro:** Instrumento que se usa para medir el movimiento de aire.

**Metro:** Unidad del sistema métrico para medidas lineales, equivalente a 39.37 pulgadas.

**Mezcla azeotrópica:** Ejemplo de mezcla azeotrópica: el refrigerante R-22 y 51.2% de R-115. Los refrigerantes no se combinan químicamente, pero su mezcla azeotrópica tiene las propiedades deseadas en un refrigerante.

**Mezcla o solución eutéctica:** Mezcla que se funde o se congela por completo a una temperatura constante y cuya composición es constante. Su punto de fusión es el mínimo posible para mezclas de las sustancias dadas.

**Micra:** Unidad de longitud en el sistema métrico; la milésima parte de un milímetro, o la millonésima parte de un metro.

**Micrómetro:** Instrumento para mediciones de precisión cuya exactitud es de 0.001 a 0.0001 pulgadas, o 0.01 mm.

**Mili:** Prefijo que significa un milésimo; por ejemplo un milivolt es la milésima parte de un volt.

**Mirilla:** Tubo o ventana de vidrio en el mecanismo de refrigeración que muestra la cantidad de refrigerante o de aceite en el sistema, o bien la presión de burbujas de gas en un tubo de líquido.

**Modulación:** Clase de dispositivo o control que tiende a ajustar por incrementos (cambios diminutos) más que operaciones de encendido completo o apagado completo.

**Molécula:** La parte más pequeña de un elemento o compuesto que retiene identidad química con la sustancia en grandes cantidades.

**Monel:** Marca registrada de una aleación metálica que consiste principalmente de cobre y níquel.

**Monoclorodifluorometano:** Refrigerante que se conoce como Freón 12, o R-22. Su fórmula química es CHClF<sub>2</sub>. Su clave de color de cilindro es verde.

**Motor de 2 polos:** Motor eléctrico de 3600 rpm (velocidad síncrona).

**Motor de 4 polos:** Motor eléctrico de 1800 rpm (velocidad síncrona)

**Motor de arranque por capacitor:** Motor que tiene un capacitor en el circuito de arranque.

**Motor de capacitor:** Motor monofásico de inducción con un devanado auxiliar de arranque conectado en serie con un condensador (capacitor) para mejorar las características de arranque.

**Motor de fase partida:** Motor con dos devanados en el estator. El devanado que se usa durante el arranque se desconecta con un interruptor centrífugo cuando el motor alcanza cierta velocidad, y en adelante el motor trabaja con el otro devanado.

**Motor de inducción de arranque por repulsión:** Tipo de motor que tiene un devanado eléctrico en el rotor para fines de arranque.

**Motor de inducción:** Motor de corriente alterna que trabaja bajo el principio de un campo magnético rotatorio. El rotor no tiene conexión eléctrica, sino recibe su energía eléctrica por acción de transformador de los devanados de campo.

**Motor de polos sombreados:** Pequeño motor de ca que se usa para cargas ligeras al arranque. No tiene escobillas ni conmutador.

**Motor hermético:** Motor de impulsión de compresor sellado en el mismo recipiente que contiene al compresor

**Motor polifásico:** Motor eléctrico diseñado para emplearse con circuitos eléctricos trifásicos.

**Motor quemado:** Caso en el que el aislamiento del motor eléctrico se ha deteriorado por sobrecalentamiento.

**Motor universal:** Motor eléctrico que trabaja tanto en ca como en cd.

**Muesca:** Una ranura en forma de V en un bloque metálico que se emplea para sujetar un eje.

**Muñón de cigüeñal:** Parte de un eje que hace contacto con el cojinete.

## N

**Neopreno:** Hule sintético resistente a los hidrocarburos y al gas.

**Neutralizador:** Sustancia que se usa para contrarrestar los ácidos en un sistema de refrigeración.

**Nitrógeno líquido:** Nitrógeno en estado líquido que se usa como refrigerante de baja temperatura en sistemas químicos o de refrigerante desechable.

**No ferrosos:** Grupo de metales y aleaciones que no contienen hierro.

## O

**Ojillo:** Protector de metal, plástico o hule en forma de dona, para conductores o tubo a su paso por un agujero en un objeto.

**Orificio:** Abertura de dimensiones exactas para controlar el flujo de un fluido.

**Osciloscopio:** Tubo recubierto con fluorescente que muestra visualmente una onda eléctrica.

**Ozono:** Forma gaseosa del oxígeno, que se obtiene generalmente por descarga silenciosa de electricidad en oxígeno o en aire.

## P

**Par:** Fuerza de giro o torcimiento.

**Pared fría:** Construcción de refrigerador que tiene al recubrimiento interior sirviendo como superficie de enfriamiento.

**Parteluz:** Parte estacionaria de una estructura entre dos puertas.

**Peine de condensador:** Dispositivo semejante a un panal, de metal o plástico, que se usa para enderezar las aletas metálicas en condensadores o evaporadores.

**Pendiente:** Inclinación del tubo en dirección del flujo de vapor para promover el movimiento de líquido a lo largo del tubo.

**Perm:** Unidad de permeabilidad. Un perm es igual a un grano por pie cuadrado-hora-pulgada mercurio de diferencia de presión de vapor.

**Permeancia:** La permeancia de vapor de agua en una hoja de cualquier espesor (o conjunto entre superficies paralelas) es la relación del flujo de vapor de agua a la diferencia de presión de vapor entre las superficies. La permeancia se mide en perms.

**Perno cónico:** Perno de dimensiones exactas que se introduce a presión en una parte de un conjunto y se desliza en otra parte para asegurar una alineación exacta.

**Persianas:** Tablillas inclinadas que se traslapan de metal para permitir ventilación y desviar el agua que pueda caer.

**Pie libra:** Unidad de trabajo. Una pie libra es la cantidad de trabajo efectuado al levantar una libra a una altura de un pie.

**Pirómetro:** Instrumento para medir alta temperatura.

**Pistón:** Parte de ajustes estrechos que se mueve hacia arriba y hacia abajo dentro de un cilindro.

**Placa de válvulas:** Parte del compresor ubicada entre la parte superior del monoblock y la cabeza, que contiene las válvulas del compresor.

**Placa oscilante, placa borracha:** Dispositivo que se emplea para hacer cambiar el movimiento rotatorio a movimiento alternativo, que se usa en algunos compresores de refrigeración.

**Poder calorífico:** Cantidad de calor que se puede obtener al quemar un combustible. En general se expresa en BTU por libra, BTU por galón o calorías por gramo.

**Polea de paso variable:** Polea que se puede ajustar para tener varias relaciones de reducción.

**Poliestireno:** Plástico que se emplea como aislamiento en algunas estructuras de caja de refrigerador.

**Polo de campo:** Parte del estator de un motor que concentra el campo magnético en el devanado de campo.

**Polo norte magnético:** Extremo del imán del que salen las líneas de fuerza magnética.

**Polo sur magnético:** La parte del imán hacia la cual se dirigen las líneas magnéticas.

**Polvo:** Suspensión (aerosol) de pequeñas partículas de cual-

quier material sólido en el aire, cuyo tamaño de partícula en general es menor que 100 micras.

**Porcelana:** Material cerámico con que, entre otras cosas, se recubren superficies de acero.

**Potencia al freno del compresor:** Función de la entrada de potencia al compresor ideal y de las eficiencias de compresión, mecánica y volumétrica, del compresor.

**Potencia:** Rapidez de efectuar trabajo, o de emisión de energía; fuente o medio de suministro de energía.

**Prensa:** Herramienta que se usa para comprimir entre sí las paredes de un tubing hasta hacer cesar el flujo.

**Presión absoluta:** Presión manométrica más presión atmosférica, 14.7 lb/pulg<sup>2</sup>.

**Presión atmosférica:** Presión que ejercen los gases del aire sobre la tierra; se mide en libras por pulgada cuadrada (psi), kg por cm<sup>2</sup>, atmósferas, etc.

**Presión controlada de evaporador:** Sistema controlado que mantiene presión definida, o límites de presión, en el evaporador.

**Presión crítica:** Presión del refrigerante a la cual el líquido y el gas tienen las mismas propiedades.

**Presión de cabeza:** Presión que existe en el lado condensante de un sistema de refrigeración.

**Presión de succión:** Presión en el lado de baja presión de un sistema de refrigeración.

**Presión de vapor:** Presión que ejerce un vapor o un gas

**Presión de velocidad:** Presión que se ejerce en la dirección del flujo menos presión general.

**Presión del lado de baja:** Presión en el lado de enfriamiento del ciclo de refrigeración.

**Presión estática:** Presión ejercida contra el interior de un ducto en todas direcciones. Se define en forma aproximada como *presión de explosión*.

**Presión media efectiva (PME):** El promedio de presión es sobre una superficie cuando existen condiciones de presión variable.

**Presión total:** Suma de presión estática y de velocidad en el punto de medición.

**Presión:** Fuerza por unidad de área, o empuje ejercido sobre una superficie.

**Presiones parciales:** Caso en el que dos o más gases ocupan un espacio, y cada gas origina parte de la presión total.

**Protector de circuito:** Dispositivo eléctrico que se abre en circuito si se presentan condiciones eléctricas drásticas.

**Protector de sobrecarga:** Dispositivo accionado ya sea por temperatura, presión o corriente, que detiene la operación de la unidad si se presentan condiciones peligrosas.

**Prueba de la flama para encontrar fugas:** Se usa una herramienta como soplete, y cuando se alimenta a la flama una mezcla de aire y refrigerante, dicha flama cambia de color en presencia de cobre caliente.

**Prueba del humo:** Prueba que se efectúa para determinar el grado de terminación de la combustión.

**psi:** símbolo o iniciales que se emplean para indicar que las unidades de presión son libras por pulgada cuadrada.

**psia:** Símbolo o iniciales que se emplean para indicar que las unidades de presión absoluta son libras absolutas por pulgada cuadrada. La presión absoluta es igual a la presión manométrica más la presión atmosférica.



**Psicrómetro de aspiración:** Dispositivo que succiona muestras de aire con objeto de medir la humedad.

**Psicrómetro de honda:** Dispositivo medidor de humedad con termómetros de bulbo seco y húmedo, al que se hace mover rápidamente por el aire cuando se está haciendo la medición.

**Psicrómetro o higrómetro de bulbo húmedo:** Instrumento para medir la humedad relativa del aire atmosférico.

**psig:** Símbolo o iniciales que se usan para indicar que las unidades de presión son libras manométricas por pulgada cuadrada. La "g" indica presión manométrica "gauge" (en inglés manómetro), no presión absoluta.

**Punto de balance:** La temperatura exterior a la cual la capacidad de la bomba térmica en una aplicación específica es igual a las necesidades térmicas de la estructura.

**Punto de congelación:** La temperatura a la que se solidifica un líquido al eliminarle el calor. La temperatura de congelación del agua es 0°C (32°F) a la presión atmosférica normal.

**Punto de ebullición:** (Véase Temperatura de ebullición.)

**Punto de floculación:** La temperatura a la cual se comienza a separar la cera de un aceite.

**Punto de fusión:** Temperatura a la presión atmosférica, a la cual se funde una sustancia.

**Punto de inflamación:** Temperatura a la cual un aceite emite suficiente vapor para mantener una flama instantánea, pero que no mantiene una combustión continua.

**Punto de rocío:** Temperatura a la cual el vapor comienza a depositarse como líquido. Hay 100% de humedad.

**Punto de vertido (aceite):** Temperatura mínima a la que un aceite se vierte o fluye.

**Punto triple:** Condiciones de temperatura y presión en las que una sustancia está en equilibrio en sus estados sólido, líquido y vapor.

**Purgado:** Liberación de gas comprimido a la atmósfera a través de una o varias partes con objeto de eliminar contaminantes de esa parte o partes.

**Purgar:** Desecho continuo o intermitente de una pequeña parte del agua de circulación a una torre de enfriamiento, con el objeto de evitar la acumulación de hielo o la concentración de sustancias formadoras de costra en el agua.

## Q

**Quemadura del congelador:** Condición que se aplica al alimento que no se ha envuelto en forma correcta y que se ha endurecido, secado y cambiado de color.

## R

**R-11, triclоромоноfluorometano:** Refrigerante químico sintético de baja presión que también se usa como líquido limpiador.

**R-113, triclоротрифлуоретано:** Refrigerante químico sintético.

**R-12, diclorodifluorometano:** Refrigerante muy empleado, que se conoce como Freón 12.

**R-160, cloruro de etilo:** Refrigerante que hoy se usa muy rara vez.

**R-170, etano:** Refrigerante con aplicaciones para baja temperatura.

**R-22, monoclorodifluorometano:** Refrigerante químico sintético.

**R-290, propano:** Refrigerante con aplicaciones para baja temperatura.

**R-40, cloruro de metilo:** Refrigerante que se usó mucho en las décadas de 1920 y 1930.

**R-500:** Refrigerante que es mezcla azeotrópica de R-12 y R-152a.

**R-502:** Refrigerante que es mezcla azeotrópica de R-22 y R-115.

**R-503:** Refrigerante que es mezcla azeotrópica de R-23 y R-13.

**R-504:** Refrigerante que es mezcla azeotrópica de R-32 y R-115.

**R-600, butano:** Refrigerante con aplicaciones para baja temperatura; también se emplea como combustible.

**R-611, formiato de metilo:** Refrigerante para bajas temperaturas.

**R-717, amoniaco:** Refrigerante muy usado en sistemas industriales, y también muy usado en sistemas de refrigeración por absorción.

**R-764, dióxido de azufre:** Refrigerante para bajas temperaturas que se usaba mucho en las décadas de 1920 y 1930. No se usa en la actualidad, aunque se emplea como blanqueador industrial.

**Radiación:** Transferencia de calor por medio de rayos caloríficos.

**Rango:** Ajustes de presión o temperatura para un control; límites dentro de los cuales cambia algo.

**Receptor de calor:** Material en el que el sistema de refrigeración descarga el calor del proceso y de la energía eléctrica empleada.

**Recibidor líquido:** Cilindro conectado a la salida del condensador para almacenamiento de refrigerante líquido en un sistema.

**Recibidor-secador:** Cilindro de un sistema de refrigeración donde se almacena refrigerante líquido y que también contiene cierta cantidad de desecador.

**Reciprocante:** Acción en la que el movimiento es hacia adelante y hacia atrás, en línea recta. También se llama alternativo.

**Recocido:** Proceso de tratamiento térmico a un metal para obtener las propiedades deseadas de suavidad y ductilidad (que sea fácil de darle diversas formas).

**Rectificador eléctrico:** Dispositivo eléctrico para convertir ca en cd.

**Recubrimiento acústico para ducto:** Ducto con un recubrimiento diseñado para controlar o absorber el sonido y evitar su transmisión de un recinto a otro.

**Reductor de capacidad:** En un compresor, dispositivo como por ejemplo una cavidad de holgura, o cabeza móvil de cilindro

**Refrigeración con absorbente sólido:** Sistema de refrigeración que usa una sustancia sólida como absorbedor del refrigerante durante la parte de enfriamiento en el ciclo, y

que libera al refrigerante cuando se calienta durante la parte generadora del ciclo.

**Refrigeración mecánica:** Efecto refrigerante producido por los cambios en la presión del sistema producidos por la acción mecánica de un compresor

**Refrigeración por educor de vapor:** Sistema de refrigeración que emplea una tobera, eyector o educor venturi con vapor para crear alto vacío (baja presión) en un recipiente de agua, haciendo que ésta se evapore a baja temperatura.

**Refrigeración por tubo de vórtice:** Dispositivos de refrigeración o enfriamiento que emplean el principio del tubo de vórtice, como en instalaciones mineras.

**Refrigeración química:** Sistema de enfriamiento que usa un refrigerante desechable

**Refrigeración termoeléctrica:** Mecanismo de refrigeración que emplea el principio de Peletier. La corriente directa que pasa a través de una unión eléctrica entre metales desiguales tiene un efecto de calentamiento o enfriamiento que depende de la dirección de la corriente.

**Refrigeración-absorción:** Efecto refrigerante que produce el cambio de presión en el sistema, producido por los cambios en la capacidad que tiene una sustancia de retener un líquido, dependiendo de la temperatura de la sustancia

**Refrigeración:** Proceso de transferir calor de un lugar a otro por el cambio de estado de un líquido.

**Refrigerador libre de escarcha:** Caja refrigerada que trabaja con desescarchado automático durante cada ciclo.

**Refrigerador por absorción:** Refrigerador que crea bajas temperaturas empleando el efecto de enfriamiento que se desarrolla cuando se absorbe un refrigerante en una sustancia química.

**Refrigerantes halogenados:** Familia de refrigerantes que contienen sustancias químicas con halógenos.

**Registro:** Combinación de compuerta de regulación y rejilla que cubre una abertura para aire o el extremo de un ducto de aire.

**Regreso de escarcha:** Estado en el que el refrigerante líquido pasa del evaporador hacia el tubo de succión. Está indicado por formación de escarcha en el tubo de succión.

**Regulador de presión, evaporador:** Válvula automática de regulación de presión. Está montada en el tubo de succión entre la salida del evaporador y la entrada al compresor. Su objeto es mantener una presión y temperatura predeterminadas en el evaporador.

**Reja, rejilla:** Abertura con ornamentaciones o persianas que se coloca en el extremo de un ducto de aire.

**Relación de aspecto:** Relación de longitud a ancho de una rejilla o ducto rectangulares para aire

**Relación de eficiencia de energía (REE):** Capacidad del sistema de refrigeración para transferencia de calor, expresada en BTU/h, en comparación con la energía eléctrica necesaria para alcanzar esa transferencia. Esta comparación se expresa en BTU/h/watt de energía eléctrica.

**Relevador de arranque:** Dispositivo eléctrico que conecta y/o desconecta el devanado de arranque de un motor eléctrico.

**Relevador térmico (relevador de alambre caliente):** Control eléctrico que se usa para accionar un sistema de refrigeración. Este sistema emplea un conductor para convertir energía eléctrica en energía térmica.

**Relevador:** Mecanismo eléctrico que emplea una corriente baja en un circuito de control para hacer trabajar un interruptor de válvula en un circuito de operación.

**Resinas epóxicas:** Plásticos sintéticos.

**Resorte para doblar:** Resorte cilíndrico que se instala dentro o fuera de un tubo para evitar que se aplaste al doblarlo.

**Restrictor:** Tubo u orificio que se usa para restringir el flujo de un gas o un líquido.

**Retorno de aire:** Aire que regresa del espacio acondicionado o refrigerado

**Retraso de calor:** Cuando se calienta de un lado una sustancia, se tarda algún tiempo para que el calor viaje a través de ella. Ese tiempo se llama retraso.

**Rotor:** Parte giratoria de un mecanismo.

## S

**Salir:** Válvula de temperatura o presión que abre el circuito de control

**Salmuera alcohólica:** Solución de agua y alcohol que permanece líquida a  $-32^{\circ}\text{F}$ .

**Salmuera:** Agua saturada con una sustancia química, como por ejemplo sal.

**Saturación:** Estado que existe cuando una sustancia contiene un máximo de otra para condiciones dadas de temperatura y presión.

**Secador de metanol:** Sustancia química del grupo de los alcoholes que se usa para que el agua de los sistemas de refrigeración se transforme en una solución que no se congele.

**Secador:** Sustancia o aparato que se usan para eliminar humedad en un sistema de refrigeración.

**Segunda ley de la termodinámica:** El calor sólo fluye de un material a determinada temperatura hacia un material a otra temperatura más baja.

**Seguro de relevador:** Relevador que se usa junto con un control de restablecimiento automático para alta presión para provocar interrupción manual de restablecimiento de la operación de la unidad cuando hay alta presión. El restablecimiento del sistema se hace desde un lugar remoto por interrupción de la corriente al circuito.

**Sello de cigüeñal:** Unión hermética entre el cigüeñal y el cuerpo del compresor.

**Sello de compresor:** Sello a prueba de fugas entre el cigüeñal y el cuerpo o monoblock del compresor.

**Sello de eje:** Dispositivo que se usa para evitar fugas entre el eje y una caja.

**Sello de Sylphon:** Tubing de metal corrugado que se usa para sujetar el anillo de sello y dar una conexión hermética entre el anillo de sello y el cuerpo o el eje del compresor.

**Sensor:** Elemento o dispositivo que cambia su estado físico o electrónico cuando cambian las condiciones que lo rodean.

**Separador de aceite:** Dispositivo que se emplea para separar aceite del refrigerante gaseoso.

**Separador de aceite:** Dispositivo que se emplea para sepa-

re aceite de refrigeración del gas de refrigerante y para  
r el aceite al cárter del compresor.

**Serpentín de aire:** Serpentín que se emplea con algunos tipos de bombas térmicas, que se puede emplear ya sea como un evaporador o como un condensador.

**Serpentín de calentamiento:** Dispositivo de transferencia de calor que desprende calor.

**Serpentín de enfriamiento:** (Véase Evaporador.)

**Serpentín de evaporador:** Dispositivo que consiste en espiras de tubo, y que hace el papel de evaporador de refrigerante.

**Serpentín exterior:** Serpentín ubicado en la parte externa del sistema de bomba térmica. Se usa como condensador en el ciclo de enfriamiento y como evaporador en el de calefacción.

**Serpentín interior:** El serpentín ubicado en la parte interna del sistema de bomba térmica. Se usa para evaporación en el ciclo de enfriamiento, y para condensación en el de calefacción.

**Serpentín subterráneo:** Intercambiador de calor enterrado en el piso que se puede emplear ya sea como evaporador o como condensador.

**Serpentín:** Elemento de calentamiento o enfriamiento formado de tubos conectados en serie.

**Silenciador de compresor:** Cámara de absorción de ruido en el sistema de refrigeración que se usa para reducir el ruido de las pulsaciones de gas. También se le llama *mofle*.

**Sistema automático de refrigeración:** Es el que se regula mismo para mantener un conjunto definido de condiciones mediante controles y válvulas automáticos, que responden en general a la temperatura o presión.

**Sistema de absorción de ciclo continuo:** Sistema que tiene flujo continuo de consumo de energía.

**Sistema de alta velocidad:** Sistema comercial o industrial, en general grande, diseñado para trabajar con presiones estáticas de 6 a 9 pulgadas de columna de agua.

**Sistema de baja velocidad:** Sistema de distribución de aire diseñado para trabajar a una presión estática de 0.25 pulgadas de columna de agua o menos.

**Sistema de evaporadores múltiples:** Sistema de refrigeración con dos o más evaporadores conectados en paralelo.

**Sistema de refrigeración:** Sistema compuesto de las partes necesarias para producir los cambios de punto de ebullición necesarios para alcanzar transferencia de calor por el cambio en el estado del refrigerante.

**Sistema de refrigerante desechable:** Sistema que desecha al refrigerante después de haberse evaporado.

**Sistema de velocidad media:** Sistema de distribución de aire diseñado para trabajar a una presión estática de diseño de 2.0 a 3.0 pulgadas de columna de agua.

**Sistema de ventilador central:** Sistema mecánico indirecto de calefacción, ventilación o aire acondicionado en el que el aire se maneja con equipo ubicado fuera de los recintos servidos, en general en un lugar central, y se dirige de y hacia los recintos mediante un ventilador y un sistema de recintos de distribución.

**Sistema dividido:** Instalación de refrigeración o acondicionamiento de aire que coloca la unidad de condensación

externamente, o alejada del evaporador. También se aplica a instalaciones de bombas térmicas.

**Sistema en cascada:** Uno que tiene dos o más circuitos de refrigerante, cada uno con un elemento regulador de presión, condensador y evaporador, donde el evaporador de un circuito enfría al condensador del otro, el de más baja temperatura.

**Sistema hermético:** Sistema de refrigeración con un compresor impulsado por un motor dentro del recipiente del compresor.

**Sistema inundado, flotador del lado de baja:** Sistema de refrigeración que tiene un control de flotador para refrigerante del lado de baja.

**Sistema inundado:** Tipo de sistema de refrigeración en el que el refrigerante líquido llena el evaporador.

**Sistema métrico:** Sistema decimal de pesas y medidas que se basa en el metro y en el gramo. La longitud de un metro es 39.37 pulgadas.

**Sistema múltiple:** Mecanismo de refrigeración en el que se conectan varios evaporadores con una unidad de condensación.

**Sistema remoto:** Sistema de refrigeración que tiene la unidad de condensación en el exterior y separada de la caja del refrigerador.

**Sistema seco:** Sistema de refrigeración en el que el líquido refrigerante está principalmente en forma atomizada.

**Sistema secundario de refrigeración:** Sistema de refrigeración en el que un condensador se enfría mediante el evaporador de otro sistema de refrigeración, o sistema primario.

**Sistema Servel:** Un tipo de sistema de refrigeración continua por absorción.

**Sistema tipo abierto:** Sistema de refrigeración que usa un compresor accionado por banda o a través de un acoplamiento ("cople").

**Sistemas compuestos de refrigeración:** Sistemas que tienen varios compresores o cilindros de compresión en serie. El sistema se emplea para bombear vapores de baja presión para que alcancen las presiones de condensación.

**Sistemas en cascada:** Arreglo en el que dos o más sistemas de refrigeración se usan en serie; usa el serpentín de enfriamiento de una máquina para enfriar el condensador de la otra. Produce temperaturas ultrabajas.

**Slug:** Unidad de masa igual al peso, en unidades inglesas, del objeto dividido entre 32.2, que es la aceleración debida a la fuerza de gravedad.

**Sobrante de aire:** Efecto de refrigeración que se tiene cuando sale aire frío del compartimiento enfriado en un refrigerador, o que pasa a la zona de almacenamiento normal del refrigerador

**Sobrecalentador:** Intercambiador de calor dispuesto para enfriar un líquido que va al evaporador y emplear ese calor para sobrecalentar el vapor que sale del evaporador.

**Sobrecalentamiento:** Temperatura del vapor en exceso de la temperatura de ebullición de su líquido a la misma presión.

**Sobrecarga:** Carga mayor que aquella para la cual se diseñó el sistema o mecanismo.

**Soldadura con plata:** Proceso de soldadura en el que la aleación contiene algo de plata.

**Soldadura instantánea:** Soldadura de tipo resistencia, en la que las partes que se van a unir se juntan con mucha fuerza y se hace pasar una corriente eléctrica alta por la unión.

**Soldadura por estañado:** Unión de dos metales por adhesión con un metal con bajo punto de fusión, menor que 425 °C.

**Soplador:** Ventilador que se usa para impulsar aire a presión.

**Soplete de halógeno:** Soplete que se usa para detectar fugas de refrigerantes.

**Subenfriamiento:** Enfriamiento de un refrigerante líquido a una temperatura menor a la de condensación.

**Sublimación:** Estado en el que una sustancia pasa del estado sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.

**Sudar:** Condensar la humedad del aire en una superficie fría.

**Sulfato de calcio anhidro:** Sustancia química formada por calcio, azufre y oxígeno ( $\text{CaSO}_4$ ).

**Sulfato de calcio:** Sustancia química,  $\text{CaSO}_4$ , que se emplea como agente secador, o desecador, en secadores de tubería para líquido.

**Superficie extendida:** Superficie de transferencia de calor, a una de cuyas caras se le aumenta su área mediante el uso de aletas, costillas, pernos, etc.

## T

**Tablero de carga:** Panel o caja de diseño especial equipada con manómetros, válvulas y botellas de refrigerante que se usa para cargar refrigerante y aceite en mecanismos de refrigeración.

**Tanque amortiguador:** Recipiente conectado a un sistema de refrigeración que aumenta el volumen del gas y reduce la rapidez de cambio de la presión.

**Tap-A-Line:** Dispositivo que se emplea para perforar o hacer un agujero en un tubo cuando no hay disponibles válvulas de servicio. A veces se le llama válvula de silla, o de pellizco.

**Tapa del motor:** Estructura extrema de un motor eléctrico que normalmente sujeta a los cojinetes del mismo.

**Tapa monitor:** Unidad fabricada por General Electric conteniendo un condensador cilíndrico rodeando al motor-compresor, montada en la parte superior de la caja.

**Tapón de seguridad:** Dispositivo que libera el contenido de un recipiente cuando las condiciones de presión son más altas que las normales, antes que se alcancen presiones de ruptura.

**Tapón fusible:** Tapón o conexión con un metal de baja temperatura de fusión, y que se usa como dispositivo de seguridad para descargar presiones en caso de incendio.

**Techo de estanque:** Techo plano diseñado para contener una cantidad de agua, que se usa como artificio de enfriamiento.

**Teflón:** Material polimérico sintético que se emplea con frecuencia para fabricar anillos en O.

**Temperatura absoluta:** Temperatura medida desde el cero absoluto.

**Temperatura ambiente:** Temperatura del fluido (normalmente aire) que rodea al objeto por todos lados.

**Temperatura crítica:** Temperatura a la cual un vapor y su líquido tienen las mismas propiedades.

**Temperatura de bulbo seco:** Temperatura del aire, la que indica un termómetro ordinario.

**Temperatura de cero absoluto:** La temperatura a la cual cesa todo movimiento molecular ( $-460^\circ\text{F}$  y  $-273^\circ\text{C}$ ).

**Temperatura de ebullición:** Temperatura a la cual un líquido se convierte en gas.

**Temperatura efectiva:** Efecto general de la temperatura, humedad y movimiento de aire ambientes sobre los seres humanos.

**Temperatura:** Grado de calor o frío, medido con un termómetro; es una medida de la velocidad con que se mueven las moléculas.

**Templador:** Polea que se emplea en algunas transmisiones por banda para dar la tensión correcta de banda y eliminar la vibración de la misma.

**Temporizador de descongelado:** Dispositivo que se conecta al circuito eléctrico que detiene la unidad durante el tiempo suficiente para permitir que se fundan el hielo y escarcha acumulados en el evaporador.

**Temporizador-termostato:** Control termostático con un mecanismo de reloj. La unidad controla en forma automática la temperatura de un recinto y la hace variar según la hora del día.

**Temporizador:** Mecanismo que se usa para controlar los tiempos de conexión y desconexión de un circuito eléctrico.

**Teorema de Bernoulli:** En una corriente de líquido, la suma de la carga de elevación, carga de presión y carga de velocidad permanece constante a lo largo de cualquier línea de flujo, siempre que no se haga trabajo en el líquido mientras fluye, y disminuye en proporción a la energía perdida en el flujo.

**Termistor:** Material semiconductor, término medio entre conductor y aislador, cuya resistencia eléctrica varía con la temperatura.

**Termodinámica:**

*Primera ley de la:* la energía no se puede crear ni destruir; sólo puede cambiar de una forma a otra.

*Segunda ley de la:* para hacer que la energía térmica se mueva, debe crearse y mantenerse una diferencia de temperatura.

**Termómetro de termopar:** Instrumento eléctrico que emplea un termopar como fuente de corriente eléctrica, conectado con un miliamperímetro calibrado en grados de temperatura.

**Termómetro kata:** Termómetro de un bulbo grande de alcohol que se usa para medir las velocidades de aire o condiciones atmosféricas por medio del efecto de enfriamiento.

**Termómetro registrador:** Instrumento medidor de temperatura que hace una gráfica en una carta móvil de papel.

**Termómetro:** Dispositivo para medir temperaturas.

**Termomódulo:** Número de termopares conectados en paralelo para alcanzar bajas temperaturas.

**Termopar:** Dispositivo que genera electricidad, de acuerdo con el principio que si se sueldan dos metales distintos entre

sí, y se calienta su unión, se desarrolla un voltaje entre sus extremos abiertos.

**termostato para ambiente exterior:** Un control que se usa para limitar la cantidad auxiliar de calor eléctrico de acuerdo con la temperatura ambiente exterior para reducir el consumo eléctrico y el costo de operación.

**Termostato sensor de aire:** Unidad de termostato en la que el elemento sensor está en el espacio refrigerado.

**Termostato:** Dispositivo que responde a las condiciones de temperatura ambiente.

**Terraja:** Herramienta que se usa para cortar roscas externas.

**Tetracloruro de carbono:** Líquido incoloro y no inflamable que se emplea como solvente y en los extinguidores de incendios. Es muy tóxico. Nunca debe permitirse que toque la piel, ni inhalar sus vapores.

**Tierra, cortocircuito a:** Falla en un circuito eléctrico que permite que la electricidad pase a las partes metálicas de la estructura.

**Tiro:** Corriente de aire o gas. En general se aplica al diferencial de presión que hace que fluya una corriente de aire o gases a través de una chimenea, tubo de ventilación, calentador o recinto.

**Tonelada de refrigeración:** Efecto de refrigeración igual a la fusión de una tonelada de hielo en 24 horas. Equivale a lo siguiente:

288,000 BTU/24 horas

12,000 BTU/hora

200 BTU/min

**Tornillo tipo Allen:** Tornillo con hueco en la cabeza, diseñado para hacerse girar con una llave de forma hexagonal.

**Torque:** Véase Par.

**Torre de enfriamiento:** Dispositivo que enfría el agua evaporándola en el aire. El agua se enfría a la temperatura de bulbo húmedo del aire.

**Toxicidad:** Clasificación con números de las concentraciones de un vapor cuando se hacen dañinas a los seres humanos.

**Transductor:** Dispositivo accionado con la energía de un sistema y que suministra energía de otra forma a un segundo sistema.

**Transformador de ignición:** Transformador diseñado para dar una corriente de alto voltaje. Se usa en muchos sistemas de calefacción para encendido de combustible.

**Transformador en delta:** Transformador eléctrico trifásico que tiene conectados eléctricamente los extremos de cada uno de sus tres devanados.

**Transmisión de calor:** Movimiento de calor de un cuerpo o sustancia a otro. El calor se puede transferir por radiación, conducción, convección o una combinación de esos mecanismos.

**Trazador electrónico de ruido:** Instrumento que se usa para descubrir fugas localizando la fuente del sonido de alta frecuencia originado por una fuga.

**Triclorotrifluoroetano:** Nombre completo del refrigerante R-113. Es refrigerante del grupo 1 que se usa con mucha frecuencia. Los compuestos químicos que forman este refrigerante son cloro, flúor y etano.

**Trombón:** La parte de un sistema de refrigeración por bomba térmica que consiste de un dispositivo reductor de presión y una válvula de retención conectados en paralelo.

**Tubing de tamaño nominal:** Tamaño del tubing cuyo diámetro interior es el mismo que el del tubo de acero del mismo tamaño de identificación.

**Tubing:** Tubo para conducir fluidos que tiene su pared delgada.

**Tubo ACR:** Tubo que se usa en refrigeración, cuyos extremos están sellados para mantenerlo limpio y seco en el interior.

**Tubo amortiguador:** Dispositivo de estrangulamiento que se usa para mantener la diferencia correcta de presión entre el lado de alta y el de baja en un mecanismo de refrigeración. A veces a los tubos capilares se les llama tubos amortiguadores.

**Tubo capilar:** Tipo de control de refrigerante. En general consiste en varios pies de tubo con diámetro interior pequeño. La fricción del refrigerante líquido y las burbujas del refrigerante evaporado dentro del tubo sirven para restringir el flujo de tal modo que se mantienen las presiones correctas en el lado de alta y en el de baja mientras está funcionando el compresor. Un control de refrigerante de tubo capilar permite que se equilibren las presiones del lado de alta y de baja durante el ciclo de apagado. También, se usa un tubo de diámetro pequeño para conectar los bulbos de control de temperatura con su mecanismo de control.

**Tubo de Bourdon:** Se usa en manómetros. Tubo de paredes delgadas de metal elástico, aplanado y doblado en forma circular, que tiende a enderezarse cuando crece la presión en su interior.

**Tubo de gas caliente:** El tubo (o "línea") que conduce el gas caliente de descarga del compresor al condensador.

**Tubo de líquido:** Tubo que conduce refrigerante líquido del condensador o receptor de líquido al dispositivo reductor de presión.

**Tubo de Pitot:** Tubo que se usa para medir velocidades de aire.

**Tubo de proceso:** Tramo de tubing fijado a un domo unitario hermético que se usa para dar servicio a la unidad.

**Tubo de retorno de líquido:** El tubo que conduce el refrigerante líquido desde la salida del condensador hasta la entrada del receptor, si es que se usa.

**Tubo de succión:** Tubo que se usa para conducir refrigerante gaseoso del evaporador al compresor.

**Tubo de vapor:** Tubo grande del serpentín interno a la parte externa de la bomba, con doble objetivo: tubo de succión para enfriamiento y tubo de gas caliente para calefacción. Sólo se debe usar un manómetro de alta presión para hacer mediciones en este tubo.

**Tubo de vórtice:** Mecanismo para enfriar o refrigerar que logra el efecto de enfriamiento liberando aire comprimido a través de una abertura de diseño especial. El aire se expande en una columna que gira rápidamente que separa las moléculas de movimiento lento (frías) de las de movimiento rápido (caliente).

**Tubo igualador:** Dispositivo que se emplea para mantener presiones iguales, o niveles iguales de líquido, entre dos recipientes.

**Tubo restringido:** Tubo con diámetro reducido.

**Tubos aletados:** Tubos para transmisión de calor con superficie extendida en forma de aletas, costillas o discos

**Tubos concéntricos:** Unidad de condensación enfriada por agua en la que se coloca un tubo pequeño dentro de uno más grande. El refrigerante pasa por uno de los tubos y el agua por el otro.

**Tuerca para campana:** Conexión que se usa para prensar la campana del tubo contra otra conexión

## U

**Ultravioleta:** Ondas de radiación invisible con frecuencias más cortas que la de la luz visible y más largas que los rayos X.

**Unidad de condensación:** La parte del mecanismo de refrigeración que bombea refrigerante evaporado del evaporador, lo comprime y lo licúa en el condensador, regresando el refrigerante líquido al control respectivo

**Unidad de tonelada de refrigeración:** Unidad que saca la misma cantidad de calor en 24 horas que la necesaria para fundir una tonelada de hielo.

**Unidad de ventana:** Se usa en forma normal cuando se refiere uno a acondicionadores de aire que se instalan en una ventana. Es normalmente una aplicación doméstica.

**Unidad herméticamente sellada:** Una unidad de condensación del tipo sellada hermética es una en la que el compresor y su motor están encerradas en la misma caja o recipiente y no hay eje ni sello externo, y el compresor y su motor trabajan en la atmósfera del refrigerante. El contenedor del compresor y su motor puede tener construcción completamente soldada o estañada, o puede ser del tipo sellado para servicio. En el tipo soldado o estañado la caja está sellada de modo permanente y no tiene medio de acceso para dar servicio en el campo a las partes internas. En el tipo sellado para servicio la caja tiene algún medio de acceso para dar servicio de campo a las partes internas.

**Unidad sellada (véase Sistema hermético):** Conjunto motor-compresor en el que ambas máquinas trabajan dentro de un domo o caja sellados en su interior.

**Unidad térmica británica (BTU):** Cantidad de calor que se necesita para cambiar en 1 grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

**Unidades de inducción, tipo baja presión:** Convectores del tipo de inducción. Emplean un chorro de aire acondicionado, o aire primario, para inducir en la unidad un flujo de aire secundario del recinto, que se mezcla con el aire primario. La mezcla se descarga en el recinto a través de una rejilla y en la parte superior de la unidad. Los serpentines de calentamiento están en la corriente de aire secundario cuando se usan en la calefacción.

**Unión (estañada):** Unión hermética a los gases que se obtiene soldando las partes metálicas con mezclas o aleaciones metálicas que se funden a temperaturas menores a 540°C.

**Unión (latonada, de alta temperatura):** Unión hermética

a los gases que se obtiene soldando partes metálicas mediante mezclas o aleaciones metálicas que se funden a temperaturas menores que 815 °C pero mayores que 540°C.

## V

**Vaciado:** Expresión que indica la acción de quitar refrigerante de todo o parte de un sistema de refrigeración

**Vacío:** Presión baja, menor que la presión atmosférica.

**Válvula automática de expansión (VAE):** Válvula controlada por presión que reduce la presión del refrigerante líquido

**Válvula de alivio:** Dispositivo de seguridad diseñado para abrir antes de que se alcance una presión peligrosa.

**Válvula de altitud accionada por presión:** Dispositivo que mantiene una presión del lado de baja independiente de la altitud de funcionamiento.

**Válvula de cilindro de refrigerante líquido-vapor:** Válvula de doble volante de los cilindros de refrigerante que se usa para sacar refrigerante ya sea gaseoso o líquido del cilindro

**Válvula de control de presión de succión:** Dispositivo que está en el tubo de succión, que mantiene una presión constante en el evaporador durante la parte de marcha del ciclo.

**Válvula de dos temperaturas:** Válvula que abre con presión y que se usa en el tubo de succión en instalaciones de refrigeración múltiple que mantiene a distintas temperaturas los evaporadores de un sistema.

**Válvula de expansión:** Dispositivo en un sistema de refrigeración que mantiene una diferencia de presión entre el lado de alta y el lado de baja, y que trabaja mediante la presión.

**Válvula de expansión:** Tipo de control de refrigerante que mantiene una diferencia de presión entre el lado de alta y el lado de baja en un mecanismo de refrigeración. La válvula se hace trabajar mediante la presión en el lado de baja o de succión. Con frecuencia se llama válvula automática de expansión.

**Válvula de flotador de lado de baja:** Válvula de control de refrigerante accionada por el nivel del refrigerante líquido en el lado de baja presión del sistema.

**Válvula de flotador:** Tipo de válvula que trabaja mediante una esfera o recipiente que flota en la superficie de un líquido y que controla el nivel de éste.

**Válvula de gas:** Dispositivo para controlar el flujo de gas.

**Válvula de lengüeta:** Placa delgada de acero templado fija en un extremo.

**Válvula de papalote:** Es el tipo de válvula que se usa en los compresores de refrigeración, que permite que pasen los refrigerantes gaseosos sólo en una dirección.

**Válvula de purga:** Válvula con una pequeña abertura en su interior que permite que pase un flujo mínimo cuando se cierra.

**Válvula de retención de bola:** Conjunto de válvula que permite el flujo de fluido sólo en una dirección.

**Válvula de retención:** Dispositivo que permite el flujo de fluido sólo en una dirección.

**Válvula de retención:** Dispositivo que se usa para desviar el flujo de refrigerante de, o a impulsarlo hacia, el dispositivo reductor de presión en cada serpentín, dependiendo de la dirección de flujo del refrigerante.

**Válvula de servicio:** Dispositivo empleado por los técnicos de servicio para medir presiones y cargar las unidades de refrigeración.

**Válvula de servicio:** Dispositivo que se fija al sistema que proporciona aberturas para manómetros y/o para cargar tubos. También es un medio de cerrar o abrir comunicaciones para medición o carga, y para controlar el flujo de refrigerante en el sistema.

**Válvula de silla:** Cuerpo de válvula con una forma tal que se puede soldar con plata a la superficie del tubo de refrigerante.

**Válvula de succión para servicio:** Válvula de dos vías y operación manual que está a la entrada del compresor, que controla el flujo de gas en la succión y que se usa para dar servicio a la unidad.

**Válvula de succión:** Válvula en el compresor de refrigeración que permite que el refrigerante vaporizado entre al cilindro a través del tubo de succión, y que evita su regreso.

**Válvula eléctrica de agua:** Válvula tipo solenoide, operada eléctricamente, que se usa para permitir o detener el flujo de agua.

**Válvula elevadora:** Dispositivo que se emplea para controlar el flujo de refrigerante en tuberías verticales en forma manual.

**Válvula inversora:** Control que se emplea para regular el flujo de vapor caliente de alta presión que sale del compresor, y el vapor frío de baja presión que va de los serpentines al compresor, dependiendo de la dirección de flujo de calor que se desee.

**Válvula inversora:** Dispositivo que se usa para invertir la dirección del flujo del refrigerante, dependiendo de si se desea enfriamiento o calefacción.

**Válvula Schrader:** Dispositivo con tensión de resorte que permite el flujo de fluido cuando se oprime un perno central.

**Válvula solenoide:** Electroimán con núcleo móvil que sirve de válvula, o que acciona una válvula.

**Válvula termostática de expansión:** Válvula de control accionada por temperatura y presión dentro del serpentín de un evaporador, que controla el flujo de refrigerante. El bulbo de control está fijo a la salida del serpentín.

**Válvula termostática para agua:** Válvula que se usa para controlar el flujo de agua a través del sistema, accionada por diferencia de temperaturas. Se usa en unidades como compresor o condensador enfriados por agua.

**Válvula termostática:** Válvula controlada por elementos termostáticos.

**Válvula, solenoide:** Válvula con accionamiento magnético, por medio de una bobina energizada eléctricamente.

**Válvula:** Dispositivo que se usa para controlar el flujo de un fluido.

**Válvulas de agua:** La mayor parte de las unidades de enfriamiento de agua tienen válvulas de agua. Estas válvulas dan un flujo de agua para enfriar al sistema mientras está trabajando. La mayor parte de las válvulas de agua están controladas por solenoides.

**Válvulas de servicio de la unidad de condensación:** Vál-

vulas manuales de cierre montadas en la unidad de condensación que permiten al técnico de servicio instalar o dar servicio a la unidad.

**Vapor saturado:** Estado que ocasiona la condensación de un vapor en un líquido cuando se reduce la temperatura del vapor.

**Vapor:** Agua en estado gaseoso; estado gaseoso de una sustancia.

**Vapor:** Palabra que se emplea generalmente para un refrigerante vaporizado, y no la palabra gas.

**Velocidad:** Cantidad vectorial que representa al mismo tiempo la variación con respecto al tiempo y la dirección de un movimiento.  $V = ds/dt$ . Para el movimiento lineal uniforme,  $V = s/t$ . Las unidades comunes son pies por segundo, pies por minuto, centímetros por segundo, etc.

**Velocímetro:** Instrumento que se usa para medir velocidades de aire con una aguja que indica directamente velocidad de aire.

**Ventilador axial de aspas:** Tiene rotor tipo disco, y un conjunto de aspas o aletas para conducir el aire ubicadas ya sea antes o después del rotor, y comprende los soportes del mecanismo impulsor para conectarse en forma directa o mediante transmisión de bandas.

**Ventilador axial de tubo:** Tiene un rotor de disco dentro de un cilindro, y comprende los soportes del mecanismo impulsor para conectarse en forma directa o mediante transmisión de bandas.

**Ventilador centrífugo:** Rotor, impulsor, rueda o rodete de ventilador encerrada en una carcasa en forma de caracol, con sus soportes del mecanismo de impulsión, para emplearse con conexión directa o con transmisión por bandas.

**Ventilador de hélice:** Rotor en forma de hélice o de disco dentro de un anillo o placa de montaje, con sus soportes de mecanismo para conectarse directo o mediante transmisión por bandas.

**Ventilador de tapanco o desván:** Ventilador de succión para descargar aire cerca de la parte superior de una construcción, al mismo tiempo que se fuerza la entrada de aire más frío a un nivel inferior.

**Ventilador del condensador:** Dispositivo de aire forzado que se emplea para dar movimiento al aire a través del condensador enfriado por aire.

**Ventilador del evaporador:** Ventilador que impulsa al aire que enfría la superficie extendida de intercambio de calor del evaporador.

**Ventilador:** Dispositivo de flujo axial o radial que se usa para impulsar o producir corrientes artificiales de aire.

**Viaje del cigüeñal:** Distancia entre la línea central de los cojinetes principales y la línea central del muñón del cigüeñal.

**Vibración crítica:** Vibración que se nota y que es dañina a una estructura

**Viscosidad:** Término que se usa para describir la resistencia al flujo de fluidos.

**Vitrina refrigerada abierta:** Refrigerador comercial diseñado para mantener su contenido a temperaturas de refrigeración aún cuando estén en una caja abierta.

**Voltímetro:** Instrumento para medir el voltaje en un circuito eléctrico.

**Volumen específico:** Volumen de una sustancia por unidad de masa.

**Volumen específico:** Volumen de una sustancia por unidad de masa, es el recíproco de la densidad. Sus unidades son pies cúbicos por libra, centímetros cúbicos por gramo, etc

## Y

**Yugo escocés:** Mecanismo que se usa para hacer cambiar el movimiento alternativo, de vaivén o recíprocante en

movimiento rotatorio, o viceversa. Se usa para conectar el cigüeñal con el pistón en un compresor de refrigeración.

## Z

**Zona de confort:** Lugar de la carta psicrométrica que muestra las condiciones de temperatura, humedad y a veces movimiento del aire, en la cual la mayoría de las personas se sienten confortables.





**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS APLICADOS A CALEFACCIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

---

---

---

# Glosario de términos técnicos aplicados a calefacción

---

## A

**Abertura de alivio:** Abertura en una campana de tiro que permite un fácil escape de los productos de la combustión hacia la atmósfera, en caso de regreso de tiro o de obstrucción más allá de la campana, y para permitir la entrada de aire hacia la campana de tiro en caso de que el tiro de la chimenea sea muy fuerte.

**Agua caliente doméstica:** Agua calentada que se usa para fines domésticos como lavandería, lavado de vajillas, baño, etcétera.

**Agua caliente forzada:** O agua caliente de circulación forzada. Sistemas de calefacción con agua caliente en los que se usa una bomba para crear el flujo necesario del agua.

**Agua caliente por gravedad:** Sistemas de calefacción con agua caliente en los que la circulación del agua por el sistema se debe a la diferencia entre la densidad del agua en los lados de suministro y retorno en el sistema.

**Aguja ajustable:** Una proyección cónica, coaxial y móvil con respecto a un orificio fijo, que se usa para regular el flujo de gas.

**Aguja fija:** Proyección cónica, cuya posición es fija y coaxial con un orificio que se puede mover con respecto a la aguja para regular el flujo de gas.

**Aire de combustión:** Aire que se suministra en un aparato específicamente para que arda una materia combustible.

**Aire de dilución:** Aire que entra a una campana de tiro y que se mezcla con los gases de combustión.

**Aire de reposición:** El aire que se suministra a una construcción para remplazar el aire que ha sacado un sistema de ventilación.

**Aire primario:** Aire de combustión que se introduce a un quemador, y que se mezcla con el combustible antes de alcanzar la puerta del quemador. En general se expresa como porcentaje del aire necesario para la combustión completa del gas.

**Aire recirculado:** Aire de retorno que pasó por el acondicionador, antes de suministrarse de nuevo al recinto acondicionado.

**Aire secundario:** Aire de combustión que pasa del exterior a la flama del quemador en el punto de la combustión.

**Aire total:** Cantidad total de aire suministrado a un quemador. Es la suma del aire primario, secundario y de exceso.

**Ajuste de equilibrio:** (Véase Conexión de balanceo.)

**Aldehído:** Clase de compuesto que se puede producir durante la combustión incompleta del gas. Tiene un olor característico y repugnante.

**Altura de bombeo:** Diferencia de presión en los lados de succión y descarga de la bomba, creada por el funcionamiento de la misma.

**Altura de fricción:** En un sistema hidrónico, la altura de fricción es la pérdida de presión ocasionada por el flujo del agua en el sistema de tubería.

**Altura de presión:** Fuerza disponible para hacer circular agua o vapor en un sistema hidrónico. (Véase Altura, Altura de bombeo, Altura disponible.)

**Altura hidráulica disponible:** Diferencia de presión que puede usarse para hacer circular el agua en el sistema. Es la diferencia de presión que se puede usar para contrarrestar la fricción dentro del sistema. (Véase Altura de bombeo, Altura hidráulica.)

**Altura térmica:** Altura que produce la diferencia de densidad del agua calentada en el lado de suministro del sistema, y el agua más fría del lado del retorno. Es la única altura disponible para hacer circular el agua en un sistema por gravedad.

**Altura:** Como se usa en este libro, la altura quiere decir diferencia de presión. (Véase Altura de presión, Altura de bombeo, Altura disponible.)

**Apagado instantáneo:** Reducción de la temperatura en la que un proceso de combustión se retarda o se detiene.

**Arboles de coque:** Acumulación de carbón en las paredes del refractario debido a mala mezcla de la aspersión de petróleo con aire durante el proceso de combustión.

**Area de la parrilla:** La superficie de la parrilla de combustión, en pies cuadrados, que se usa para calcular la rapidez de quemado del combustible.

**Arrestador de flama:** (Véase Arrestador de retroceso de flama.)

**Arrestador de retroceso de flama:** Tela o malla metálica, o cualquier otro dispositivo en un quemador que se use para evitar el retroceso de flama.

**Atomo:** La unidad más pequeña de un elemento que retiene las propiedades específicas de ese elemento

## B

**Barrera de vapor:** Material impermeable al paso de vapor de agua.

**Bomba:** Dispositivo motorizado que se usa para hacer circular mecánicamente el agua en el sistema. También se le llama circulador.

**Bonete:** La parte de la caja del quemador que forma una cámara plena de donde los ductos de suministro reciben aire caliente. También se llama plenum de suministro.

**BTU, o unidad térmica británica:** Cantidad de calor necesario para cambiar la temperatura de una libra de agua un grado Fahrenheit.

**Butano:** Hidrocarburo gaseoso más pesado que el metano y el propano, que es el componente principal de los gases licuados de petróleo

## C

**Caballo de caldera:** Equivalente a evaporar 34.5 lb de agua por hora a 212°F. Es igual a la producción de 33,475 BTU/h de calor (=970.3 BTU/lb  $\times$  34.5 lb).

**Cabeza del quemador:** La parte de un quemador más allá del tubo mezclador que contiene las ranuras de quemado.

**Cabezal de circuito:** La parte del cabezal en un sistema de circuitos múltiples que sólo lleva una parte de la capacidad total del sistema.

**Cabezal:** Arreglo de tubería para interconectar dos o más corrientes de abastecimiento o retorno con una caldera. También es un tramo de tubo, de longitud corta en general, al que se fijan varios circuitos ramales.

**Caída de temperatura de agua para diseño:** La diferencia entre la temperatura del agua que sale de la caldera y regresa a ella cuando el sistema está trabajando a sus condiciones de diseño. En los sistemas grandes que emplean subcircuitos, la caída de temperatura para diseño es en general la diferencia de la temperatura del agua que entra y sale de cada subcircuito.

**Caldera de tubos de agua:** Caldera en la que el agua circula dentro de los tubos y los gases calientes de combustión circulan alrededor de los tubos.

**Caldera de tubos de fuego:** Caldera o calentador de acero en la que los gases calientes de combustión se hacen circular por el interior de tubos, rodeados éstos por el agua de la caldera que llena el espacio entre la envolvente y los tubos.

**Caldera instantánea:** Caldera con muy poca capacidad de agua. Su capacidad es aproximadamente un galón de agua por cada 1000 BTU/h.

**Caldera paquete:** Caldera que tiene todos sus componen-

tes, incluso el quemador, el tanque, los controles y el equipo auxiliar, armados como unidad.

**Calefacción de tablero:** Sistema de calefacción en el que se transmite el calor mediante radiación y convección de superficies en forma de tablero, tanto al aire como a otras superficies alrededor.

**Calefacción radiante:** Sistema de calefacción en el cual sólo el calor que irradia de tableros proporciona los requerimientos de calefacción. Se usa con frecuencia el término calefacción radiante para la calefacción tanto de tableros como radiante.

**Calefactor unitario:** (Véase también Ventilador-serpentin.) El término se aplica a una unidad terminal diseñada para calentar un recinto dado. Consiste en un ventilador, motor, elemento de calefacción y una caja.

**Calentador de agua indirecto:** Serpentin o haz de tubos en general de cobre, rodeados de agua caliente. El agua de consumo doméstico está dentro del tubo y se calienta por transmisión de calor del agua hirviendo que rodea al tubo.

**Calentador de agua sin tanque:** Calentador indirecto de agua diseñado para trabajar sin tanque de almacenamiento de agua caliente en el sistema. También se llama calentador instantáneo.

**Calentador instantáneo de agua:** (Véase Calentador de agua sin tanque.)

**Calentador, calefacción:** La parte de un sistema hidrónico de calefacción en la que se hace pasar calor del combustible al agua. Si se genera vapor, se trata de una caldera. Si se eleva la temperatura del agua sin hacerla hervir, se dice que es un calentador.

**Calor latente:** Calor que hace cambiar el estado físico de una sustancia (sólido, líquido o gas) sin cambiar su temperatura.

**Calor sensible:** Calor que hace cambiar la temperatura de una sustancia sin cambiar su estado físico (sólido, líquido o gas).

**Calor:** Una forma de energía.

**Calorímetro:** Dispositivo para medir cantidades de calor, como por ejemplo capacidad de una máquina, calor de combustión, calor específico, calor vital, fugas de calor, etc. También es dispositivo para medir calidad, o contenido de humedad, del vapor de agua u otra sustancia.

**Cámara de combustión:** La parte de un aparato dentro de la cual se lleva a cabo la combustión en forma normal.

**Cámara plena:** Compartimiento de aire que se mantiene a presión y se conecta a uno o más ductos de distribución.

**Campana de tiro:** (Diversor de tiro.) Dispositivo construido en un aparato, o parte de un contactor de ventilación de un aparato, con el objeto de: 1) asegurar el escape fácil de los productos de combustión en el caso que no haya tiro, haya regreso u obstrucciones más allá de la campana; 2) evitar un regreso de los gases al aparato, y 3) neutralizar el efecto de la acción de chimenea o ventilación de gas sobre la operación del aparato.

**Cap.:** Capítulo.

**Capacidad bruta:** Se aplica a las calderas o calentadores. Es la cantidad total de calor que entrega la caldera cumpliendo al mismo tiempo todas las limitaciones o reglamentos de prueba y de evaluación aplicables.

**Capacidad de quemado:** La que tiene un quemador, en BTU por hora, especificada por el fabricante. Las capacidades de quemado se basan en funcionamiento a nivel del mar y hasta una altitud de 600 metros. Para altitudes mayores se deben reducir las capacidades de quemado a una tasa de 4% por cada 300 metros sobre el nivel del mar.

**Capacidad en puerta:** Capacidad de un quemador por unidad de área de puerto, que se obtiene dividiendo la entrada entre el área de puerta. Se expresa generalmente en BTU por hora por pulgada cuadrada de área de puerta.

**Capacidad neta:** Se aplica a las calderas o calentadores. Es la cantidad de calor disponible, en BTU/h, para la carga conectada.

**Carga conectada:** La carga total en BTU/h que se conecta a una caldera o calentador. Es la suma de las capacidades de todas las unidades terminales y todo el calor que debe suministrar la caldera o el calentador para aplicaciones de proceso.

**Carga de diseño:** La pérdida de calor de diseño más todas las demás necesidades de calor que debe satisfacer la caldera.

**Carga máxima:** La carga máxima que maneja un sistema o una unidad de equipo durante un período específico.

**Celda de cadmio:** Dispositivo que controla el flujo de corriente en un circuito eléctrico de acuerdo a la cantidad de luz que excita la cara activa de la celda.

**Chimenea:** Ducto cerrado que lleva los humos de la planta de calefacción, los cuales escapan al aire exterior.

**Cierre de aire:** Estado en el que una burbuja o bolsa de aire se forma en una tubería o equipo y, a causa de su presencia, evita o reduce el flujo o movimiento deseado del líquido o gas en la tubería o equipo.

**Circuito en serie:** Sistema de calefacción con circulación forzada de agua caliente en el que se conectan las unidades terminales de tal manera que toda el agua que circule por el circuito pase por cada unidad conectada en serie.

**Circuito múltiple:** Sistema en el que la o las troncales forman dos o más circuitos paralelos entre la salida de la caldera y el retorno a la caldera.

**Circuito:** La tubería que va de la salida del calentador o caldera de suministro a la entrada del retorno al calentador o caldera.

**Circulador:** Dispositivo motorizado que se usa para circular en forma mecánica agua a través del sistema. También se le llama bomba.

**CO<sub>2</sub> último:** El porcentaje de dióxido de carbono en los productos secos de la combustión cuando se quema un gas combustible con la cantidad exacta de aire que se necesita para una combustión completa. Es la cantidad máxima teórica de CO<sub>2</sub> que pueden tener los gases de combustión al quemar determinado gas en aire.

**Coefficiente de descarga del orificio:** (Véase Coeficiente de descarga.)

**Coefficiente de descarga:** Relación del flujo real de un gas que sale del orificio o puerto al flujo teórico calculado. Siempre es menor que 1.0.

**Coefficiente de transmisión de calor:** Uno de los números o coeficientes que se usan para calcular la transmisión de

calor a través de diversos materiales y estructuras, por conducción, convección y radiación.

**Columna de agua:** Se abrevia CA y es una unidad que se emplea para expresar presión. Una pulgada de columna de agua es igual a una presión de 0.578 onzas por pulgada cuadrada, o 2.54 gramos/cm<sup>2</sup>.

**Combustible:** Cualquier sustancia que se use en la combustión, excepto el aire.

**Combustión incompleta:** Combustión en la que el combustible sólo se quema en forma parcial.

**Combustión:** Oxidación rápida de gases de combustión acompañada con producción de calor o de calor y luz.

**Compuerta:** Válvula o placa que se instala en la ductería de aire frío o caliente para regular la cantidad de aire que pasa por el ducto. También se puede usar una compuerta para regular los gases de chimenea.

**Compuesto:** Sustancia distinta que se forma por la combinación química de dos o más elementos en proporciones definidas.

**Condensable:** Gas que se puede convertir con facilidad a líquido, en general bajando la temperatura y/o aumentando la presión.

**Condiciones normales:** Presión y temperatura seleccionadas para expresar las propiedades de los gases. En los hornos de gas, las condiciones normales son 30 pulgadas de mercurio (762 mm Hg) y 60°F (20°C).

**Conductividad térmica:** Término que indica la capacidad que tiene un material de transmitir calor. La conductividad térmica es el recíproco de la resistencia térmica.

**Conexión de balanceo:** Conexión de tubo diseñada para que pueda variarse su resistencia al flujo. Se usa para equilibrar la caída de presión en circuitos en paralelo.

**Conexión de reducción:** Conexión de tubo para cambiar de un diámetro de tubo a otro.

**Conexión de retorno:** La abertura de una caldera en la que se conecta el tubo que se usa para regresar condensado o agua a la caldera.

**Conexión de suministro:** Abertura en una caldera en la que se conecta el troncal de suministro.

**Conexión de un tubo:** Te de diseño especial que se usa en un sistema de tubo único para conectar el ramal de suministro o retorno con un circuito. Estas conexiones hacen que una parte del agua que pasa por el circuito pase a la unidad terminal.

**Construcciones comerciales:** Construcciones tales como almacenes, tiendas, restaurantes, moteles y edificios grandes de departamentos.

**Construcciones industriales:** Construcciones tales como fábricas pequeñas, estacionamientos y almacenes.

**Construcciones residenciales:** Casas monofamiliares, dúplex, o edificios de departamentos.

**Contracorriente:** En el intercambio de calor entre dos fluidos, dirección opuesta de flujo para que la parte más fría de uno encuentre la parte más fría del otro.

**Control con bajo voltaje:** Controles diseñados para trabajar a voltajes entre 20 y 30 V.

**Control de acción reversible:** Interruptor controlado por temperatura, cuyo objeto es abrir cuando baja la temperatura y cerrar cuando aumenta.

**Control de eslabón bajo:** Interruptor accionado por la temperatura del agua en la caldera y que se usa para poner en funcionamiento el quemador en cualquier momento que la temperatura del agua baje de un mínimo prescrito. Este control se usa si la caldera es calentador doméstico de agua, o si es para calefacción de una construcción.

**Control de límite alto:** Interruptor controlado por la temperatura del agua en la caldera, y que se usa para limitar la operación del quemador cuando la temperatura del agua de la caldera aumenta más de lo permitido. Es un control de seguridad.

**Controles de alto voltaje:** También se llaman "controles de voltaje de línea". Son controles diseñados para trabajar al voltaje normal de suministro que en general es 115 V.

**Controles:** Dispositivos que se diseñan para regular gas, aire, agua o electricidad que se suministran a un quemador de gas. Pueden ser manuales, semiautomáticos o automáticos.

**Convección:** Movimiento de un fluido establecido por una combinación de diferencias de densidad y la fuerza de gravedad. Por ejemplo, el agua caliente al fondo de un tanque vertical subirá y desplazará el agua más fría en la parte superior. Esta bajará al fondo como resultado de su mayor densidad.

**Convector:** Unidad terminal rodeada por todos lados por una caja con una salida en la parte delantera superior. Los convectores trabajan a través del aire del recinto recirculado por gravedad.

**Convertidor:** Unidad intercambiadora de calor diseñada para transferir calor de un sistema de distribución a otro. Pueden ser de vapor a agua o de agua a agua. En general son del tipo de envolvente y tubos.

## D

**D. M. S.:** Patrón de fabricantes de brocas (*Drill Manufacturer's Standard*), equivale a los números normales de machuelos o los de calibre de alambre de acero.

**Densidad:** Peso de una sustancia por unidad de volumen: Aplicada a los gases, peso del gas, en libras, de un pie cúbico a presión y temperatura normales. En sistema métrico se expresa en  $\text{kg}/\text{m}^3$ .

**Destilación:** Eliminación de sustancias gaseosas de sólidos o líquidos aplicando calor.

**Diferencia de temperatura de diseño:** La diferencia entre las temperaturas de diseño interior y exterior.

**Diferencia de temperatura interior-exterior:** La temperatura del aire en el interior menos la temperatura del aire en el exterior.

**Dispositivo de detección colorimétrica:** Medio para detectar la presencia de determinada sustancia, como por ejemplo monóxido de carbono, cuando la presencia de esa sustancia cause un cambio de color en un material en el detector.

**Dispositivo de ignición:** Quemador, sea de petróleo, gas o carbón.

**Dispositivo de retención de flama:** Lo que se agrega a un

quemador para ayudar a mantener la base de la flama cerca de las aberturas o puertas del quemador.

**Doble transferencia de calor:** La transferencia de calor del generador a un medio caliente, en general líquido, y del líquido al aire en el espacio acondicionado.

**Ducto:** Tubo de lámina metálica, con sección redonda o rectangular, a través del cual se transporta aire acondicionado a los diversos recintos de la construcción.

## E

**Efecto chimenea:** Movimiento hacia arriba de aire o gas caliente, en comparación con el aire o gas ambiente, y que se debe a la menor densidad del aire o gas caliente.

**Elemento calefactor eléctrico:** Conjunto unitario que consiste en una resistencia, postes aislados y terminales para conectarla a la corriente eléctrica.

**Elemento calefactor:** (Véase Unidad terminal.)

**Elemento eléctrico de calefacción:** Un conjunto unitario que consiste en una resistencia, soportes aislados y terminales para conectar el resistor con la corriente eléctrica.

**Elemento:** Una de las 96 o más sustancias básicas de las cuales se compone toda la materia.

**Elevación de flamas:** Estado inestable de la flama en un quemador, en el que las flamas se elevan o se soplan y apartan de las ranuras o puertos del quemador.

**Entrada de aire primario:** Abertura o aberturas a través de las cuales se admite aire primario a un quemador.

**Espacio muerto:** La distancia corta entre la ranura o puerta de un quemador y la base de la flama.

**Estufa:** La parte de un sistema de calefacción por aire caliente en la cual se lleva a cabo la combustión.

**Exceso de aire:** Aire que pasa por un aparato y por la chimenea de éste, adicional al que se necesita para una combustión completa del gas. Se expresa en general como porcentaje del aire necesario para la combustión completa del gas.

## F

**Factor de efecto de calentamiento:** Reserva arbitraria que se agrega a la capacidad de prueba de algunos tipos de unidades terminales cuando se establecen las capacidades de catálogo. Esta reserva tiene por objeto dar crédito a una mejor distribución de calor obtenida de la unidad terminal.

**Factor de pérdida de calor:** Número asignado a un material o construcción que indica la velocidad de transmisión de calor a través de ese material o construcción para una diferencia de temperatura de un grado.

**Fahrenheit:** Escala normal de medición de temperatura en el sistema inglés de unidades. Se basa en que el punto de congelación del agua es  $32^{\circ}\text{F}$  y el de ebullición es  $212^{\circ}\text{F}$ , en condiciones normales de temperatura y presión.

**Ferroso:** Tal como se usa en este libro, ferroso se refiere a objetos hechos de hierro o acero.

**Filtro:** Material poroso como fibra de vidrio o espuma que se instala en el sistema de circulación de aire de un quemador para eliminar partículas de polvo y polen. Algunos filtros son desechables, mientras que otros pueden limpiarse y volver a usarse.

**Flama dura:** Flama con un cono interior caliente, sólido y bien definido.

**Flama suave:** Flama en la que falta algo del aire primario, de tal modo que la zona de combustión es amplia y el cono interior está mal definido.

**Flamas flotantes:** Condición indeseable de funcionamiento de quemador, que en general indica combustión incompleta y en la que las flamas salen de los puertos del quemador para "alcanzar" el aire de combustión.

**Flexibilidad del quemador:** Grado al cual puede trabajar el quemador con características razonables con una diversidad de gases combustibles y/o variaciones en la tasa de entrada (presión del gas).

**Fluido:** Gas o líquido, en contraste con un sólido.

**Flujo de calor:** (Véase Pérdida de calor.)

**ft:** pie o pies.

## G

**Gal:** Galón o galones.

**Garganta:** (Véase Venturi.)

**Gas combustible:** Cualquier sustancia en estado gaseoso que se use como combustible.

**Gases de población:** (Véase Gas fabricado.)

**Gas fabricado:** Gas combustible que se produce artificialmente mediante algún proceso, en contraste con el gas natural, que se encuentra en la Tierra. A veces, en Estados Unidos, se llama gas de la población.

**Gas mezclado:** Gas en el que el poder calorífico del gas fabricado se eleva mezclándolo con gas natural o gas LP, pero no cuando el gas natural o gas LP se usan sólo para "enriquecerlo" o "reformarlo".

**Gas natural:** Gas que se encuentra bajo tierra, en contraste con los gases que se producen artificialmente.

**Gases de chimenea:** Productos de combustión y exceso de aire en el quemador.

**Gases de servicio:** Gas natural, gas fabricado, mezclas de gas licuado de petróleo y aire, o mezclas de cualquiera de esos gases.

**Gases de ventilación:** Productos de combustión en los quemadores de gas, más el exceso de aire, más el aire de dilución, en el sistema de ventilación sobre una campana de tiro.

**Gases licuados de petróleo:** Este término, o "LPG", o "gas LP" quieren decir y comprenden cualquier gas combustible compuesto principalmente de cualquiera de los siguientes hidrocarburos, o mezclas de ellos: propano, propileno, butano normal o isobutano, y butilenos.

**GNS:** Gas natural sustituto. Gases que se producen artificialmente y que tratan de imitar al gas natural.

**Golpe de extinción:** (Véase Retroceso de flama.)

**GPM, gpm:** Abreviatura de "galones por minuto", medición de flujo volumétrico (1 GPM = 3.785 litros/min).

**Grado día:** Unidad que se usa para estimar el consumo de combustible y especificar la carga de calefacción en invierno, basada en la diferencia de temperatura y en el tiempo. Hay tantos grados día en cualquier día como hay grados F de diferencia de temperatura entre la temperatura promedio de ese día y 65°F.

**Gravedad específica:** Relación del peso de un volumen dado de gas, entre el peso del mismo volumen de aire, medidos ambos a la misma temperatura y presión.

## H

**Hidrocarburo:** Cualquiera de los compuestos de carbono e hidrógeno.

**Hidrónico:** Que pertenece a calentar o enfriar con agua o vapor.

**Hollín:** Sustancia negra que consiste principalmente de pequeñas partículas de carbón, que se puede formar por combustión incompleta, y que constituye el humo.

**Humedad, absoluta:** Cantidad de agua que hay realmente en un volumen dado de aire. Se expresa en unidades de peso de agua por unidad de peso de aire.

**Humedad, relativa:** Relación del peso de la humedad que realmente contiene el aire a determinada temperatura, con el peso que podría contener si estuviera saturado a esa temperatura.

**Humidostato:** Instrumento que se usa para regular el funcionamiento de un humidificador con objeto de controlar la humedad del aire acondicionado.

## I

**Ignición:** El acto de iniciar la combustión.

**Inclinación:** La pendiente que se da al tubo horizontal cuando se instala en un sistema de calefacción.

**Inertes:** Sustancias no combustibles en un combustible o en los gases de combustión, como por ejemplo nitrógeno o dióxido de carbono.

**Infiltración:** Fuga de aire exterior hacia dentro de una construcción, como resultado del viento y de diferencias de temperatura interior-exterior.

**Intercambiador de calor:** Cualquier dispositivo para transferir calor de un fluido a otro.

**Interruptor piloto:** Control que se usa en conjunto con los quemadores de gas. Su función es evitar el funcionamiento del quemador en caso de falla de la flama del piloto.

**Inyección:** Introducción de aire primario a un quemador de gas por medio del flujo del gas combustible.

## J

**Junta de expansión de deslizamiento:** Unión en la que la reserva para expansión y contracción consiste en un cilindro que se mueve hacia adentro y hacia afuera del cuerpo principal.

## L

**Latitud:** La relación de capacidades máxima a mínima.

**Límites de inflamabilidad:** Porcentajes máximo y mínimo de un combustible en la mezcla de aire-combustible a los cuales se genera la combustión.

**LNG:** Gas natural licuado. Es gas natural que se ha enfriado hasta que se ha transformado en líquido.

## M

**Macho de cuadro:** Válvula que se emplea con frecuencia como válvula de balanceo. En lugar del volante de la válvula, se tiene un vástago cuadrado, y se usa una llave de cuadro para ajustar la posición.

**Macho de drenado:** Válvula instalada en el punto más bajo de una caldera o en los puntos bajos de un sistema de calefacción para poder drenar por completo el agua del sistema.

**Mampara:** Superficie que se usa para desviar fluidos, en general con forma de una placa o pared.

**Mechero Bunsen:** Quemador de gas en el que el aire de combustión entra por acción del chorro de gas que sale del orificio correspondiente, y este aire se premezcla con el gas dentro del quemador antes de quemarse en la puerta del quemador.

**Medio de calentamiento:** Sustancia que se usa para conducir el calor desde la fuente hasta el punto de calefacción. En general es aire, agua o vapor.

**Metano:** Hidrocarburo gaseoso cuya fórmula es  $CH_4$ , que es el principal componente de los gases naturales.

**Mezcla pobre:** Mezcla aire-combustible que contiene más aire que lo necesario para una combustión completa.

**Mezcla rica:** Mezcla de combustible y aire que tiene demasiado combustible o muy poco aire para que la combustión sea completa.

**Mezclador:** La parte de un quemador en la que se mezclan aire y gas antes de pasar a las ranuras o puertas del quemador.

1. Cara del mezclador: el extremo de entrada de aire de la cabeza mezcladora.
2. Cabeza mezcladora: la parte de un quemador tipo inyección, generalmente ensanchada, hacia dentro de la cual pasa el aire primario para mezclarse con la corriente de gas.
3. Garganta del quemador: (garganta Venturi), es la parte del mezclador que tiene la sección transversal mínima y que queda entre la cabeza del mezclador y el tubo mezclador.
4. Tubo mezclador: la parte del mezclador que queda entre la garganta y la cabeza del quemador.

**Mezclas gas LP-aire:** Gas licuado de petróleo distribuido a presiones relativamente bajas y temperaturas ambientes normales que se han diluido con aire para producir el poder calorífico y las características de uso deseados.

**Molécula:** La porción más pequeña de un elemento o com-

puesto que retiene la identidad y características del elemento o compuesto.

**Múltiple, cabezal:** Conducto de una caldera que suministra gas a los quemadores individuales.

## N

**No ferroso:** Metal que no sea hierro o acero. En los sistemas de calefacción los principales metales no ferrosos son cobre y aluminio.

## O

**Obturador de aire:** Un obturador ajustable en las entradas de aire primario de un quemador, que se usa para controlar la cantidad de aire de combustión que se introduce al cuerpo del quemador.

**Odorante:** Sustancia que se agrega a un gas inodoro, incoloro e insípido para advertir cuando haya fugas de gas y ayudar en la detección de las mismas.

**Orificio fijo:** (Véase Placa de orificio.)

**Orificio universal:** Combinación de orificio fijo y ajustable diseñada para usar dos gases distintos, como por ejemplo GLP y gas natural.

**Orificio:** Abertura en cualquier dispositivo, como tapa o campana de orificio, placa de orificio, etc., a través del cual se descarga el gas y por medio del cual se limita y/o controla el flujo de gas. (Véase también Orificio universal.)

**Oxígeno:** Gas elemental que compone un 21 por ciento en volumen de la atmósfera. El oxígeno es uno de los elementos necesarios para la combustión.

## P

**PCM:** Pies cúbicos por minuto.

**Pérdida de calor de diseño:** La pérdida de calor de una construcción o un recinto a la diferencia de temperaturas interior-exterior de diseño.

**Pérdida de calor:** Tal como se usa en este libro, el término se aplica a la rapidez de transmisión de calor de una construcción calentada hacia el exterior.

**Pérdidas en chimenea:** Calor que se pierde en los productos de combustión que salen por el escape de una caldera.

**pH:** Término que se usa para expresar la concentración de iones hidrógeno en el agua, y que especifica si el agua es ácida, alcalina o neutra. Un pH de 8 o más indica alcalinidad; de 6 o menos, acidez. Un pH de 7 quiere decir que el agua es neutra.

**Pie cuadrado (vapor):** Término que se usa para expresar la capacidad de las calderas y los radiadores. Cuando se aplica a las calderas es 240 BTU/h; cuando se aplica a las unidades terminales, representa la cantidad de radiación igual a 240 BTU/h cuando la unidad se alimenta con vapor a 215°F (102°C) y el aire está a 65°F (22°C).

**Pie cúbico de gas:** (condiciones normales) La cantidad de gas que ocupa 1 pie cúbico (28.32 litros) a una temperatura de 20°C (60°F), bajo una presión equivalente a 30 pulgadas de mercurio.

**Pie de agua:** Medida de la presión. Un pie columna de agua es la presión creada por una columna de agua de un pie de alto. Equivale a 0.433 lb/pulg<sup>2</sup>.

**Piloto automático de gas:** Piloto de gas que tiene un dispositivo que acciona para cerrar en forma automática el abastecimiento de gas al quemador si se apaga la llama del piloto.

**Piloto continuo:** Piloto de ignición que trabaja constantemente.

**Piloto intermitente:** Piloto de ignición que se enciende y apaga cuando lo hace el quemador principal.

**Piloto:** Llama pequeña que se usa para encender el quemador principal.

**Placa de orificio:** Tapón o tapa con un orificio que permite el ajuste del flujo de gas ya sea por sustitución con una placa con otro tamaño de orificio (orificio fijo) o por el movimiento de una aguja ajustable hacia dentro o afuera del orificio (orificio ajustable).

**Placa:** (Véase Orificio.)

**Poder calorífico:** Número de BTU que se producen por la combustión completa de una unidad de peso o volumen de combustible, a presión constante. El poder calorífico total se obtiene enfriando los productos a la temperatura inicial del combustible y el aire, y condensando el vapor de agua que se forma durante la combustión.

**Presión atmosférica:** La presión que se ejerce sobre la superficie terrestre debido al peso de la atmósfera.

**Presión de velocidad:** Presión que ejerce un gas en virtud de su movimiento en su dirección de flujo. Es la diferencia entre la presión total y la presión estática.

**Presión en múltiple:** Presión de gas en el múltiple de una caldera, aguas arriba de los orificios del quemador.

**Presión estática:** Fuerza normal por unidad de área, medida en un agujero pequeño en una pared del tubo por el que pasa el fluido o el agua.

**Presión total:** También se llama presión de impacto. Es la presión que mide un tubo de impacto en un fluido en movimiento. Es la suma de la presión de velocidad y la presión estática.

**Productos de combustión:** Sustancias que resultan de la combustión de un material con el oxígeno en el aire, incluyendo los inertes, pero sin incluir al aire sobrante.

**Propano:** Hidrocarburo gaseoso más denso que el metano, pero más ligero que el butano. Se usa como gas combustible solo, mezclado con aire, o como componente principal de los gases licuados de petróleo.

**Protección contra regreso de flama:** (Véase Arrestador de flama.)

**psig:** Libras por pulgada cuadrada de presión manométrica.

**Puerta, puerto:** Abertura en la cabeza de un quemador a través de la cual descarga gas o mezcla de gas y aire para su ignición.

**Pulgadas de columna de agua:** Unidad que se usa para medir presiones. Una pulgada de columna de agua es igual a una presión de 0.580 onzas/pulg<sup>2</sup>, o 2.54 gramos/cm<sup>2</sup>, o 2.52 cm de columna de agua.

**Pulgadas de columna de mercurio:** Unidad que se usa para medir presiones. Una pulgada de columna de mercurio equivale a una presión de 0.491 lb/pulg<sup>2</sup>, a 13.6 pulgadas de columna de agua, o a 0,035 kg/cm<sup>2</sup>.

**Pulsación:** Vibraciones intensas durante la combustión de una unidad de petróleo cuando se enciende, debidas a tiro bajo o nulo al inicio de la combustión.

**Puntas amarillas:** La aparición de puntas amarillas en una flama azul indica la necesidad de más aire primario

**Punto neutro:** La posición en el cambiador de calor donde la presión positiva producida por la combustión de la mezcla de gas y aire, y la presión negativa producida por el tiro en la salida son iguales. La posición deseable del punto neutro es en la punta de la flama del quemador.

## Q

**Quegador a presión:** Quemador al cual se suministra una mezcla de aire y gas a presión, en general a entre 0.5 y 14 pulgadas de columna de agua.

**Quegador atmosférico:** (Véase Quemador.)

**Quegador de blanco de impacto:** Quemador que consiste simplemente en un orificio de gas y un blanco, en el que el chorro de gas que sale del orificio arrastra aire de combustión en el espacio abierto y la mezcla choca y se quema en la superficie de blanco. No se usa el cuerpo acostumbrado del quemador

**Quegador de chorro:** Quemador en el que las corrientes de gas o de mezcla de aire y gas chocan con aire en determinado punto sobre los puertos del quemador y se encienden allí.

**Quegador de flama amarilla:** (Véase Quemador.)

**Quegador de flama luminosa:** (Véase Quemador, flama amarilla.)

**Quegador de petróleo, tipo de atomización a presión, o de cañón:** Quemador diseñado para atomizar el petróleo para combustión, y al cual se suministra petróleo a 100 psig aproximadamente.

**Quegador de petróleo, tipo de vaporización o de cubeta:** Estos quemadores usan el calor de combustión para vaporizar el petróleo que hay en un charco bajo el anillo de evaporación, y este vapor sube por el anillo, se enciende y mantiene la combustión en el quemador.

**Quegador de petróleo, tipo rotatorio:** Quemador que emplea un anillo de impulso que mezcla el petróleo con el aire.

**Quegador de potencia:** (Véase Quemador.)

**Quegador de premezclado:** Quemador en el que todo, o casi todo el aire de combustión se mezcla con el gas como aire primario.

**Quegador de puerto perforado:** Quemador en que los puertos se forman perforando agujeros grandes en la cabeza del quemador, o mediante un método de fabricación cuyo resultado son agujeros de tamaño, forma y profundidad semejantes.

**Quegador de tiro forzado:** Quemador en el que el aire de combustión lo suministra un ventilador o soplador.



**Quemador de tiro inducido:** Quemador que depende del tiro inducido por un ventilador en la salida de los gases, que succiona el aire de combustión y saca el exceso junto con los gases de combustión.

**Quemador de un puerto:** Quemador en el que toda la mezcla aire-gas sale por una sola abertura.

**Quemador infrarrojo:** (Quemador radiante) Un quemador diseñado para funcionar con una superficie caliente de radiación. Una cantidad importante de esta energía producida está en forma de energía radiante infrarroja.

**Quemador radiante:** (Véase Quemador infrarrojo.)

**Quemador:** Dispositivo que se emplea para el transporte final del gas o de una mezcla de gas y aire, a la cámara de combustión. (Véase también el tipo específico del quemador.)

1. Quemador de inyección. Quemador que emplea la energía de un chorro de gas para inyectar aire de combustión al quemador y mezclarlo con el gas.
  - a) Quemador atmosférico de inyección: Quemador en el que aire inyectado por un chorro de gas pasa a presión atmosférica.
2. Quemador de poder. (Véase también Quemador de tiro forzado, Quemador de tiro inducido, Quemador de premezclado y Quemador a presión.) Quemador en el que el gas, el aire o ambos se suministran a una presión mayor que la presión de línea, para el gas, y la presión atmosférica, para el aire.
3. Quemador de flama amarilla: Quemador en el que el aire secundario sólo se utiliza para la combustión del gas.

## R

**Radiación térmica:** Transmisión de calor de una superficie caliente a una fría en forma de ondas electromagnéticas invisibles, que al ser absorbida por la superficie más fría elevan la temperatura de ésta.

**Radiación:** Transmisión de energía mediante ondas electromagnéticas.

**Radiador de tablero:** Unidad de calefacción que se instala en, o al ras de la superficie plana de una pared, y cuyo objeto es trabajar esencialmente como radiador.

**Radiador escondido:** Dispositivo de calefacción dentro, adyacente a, o externo al recinto que se va a calentar, pero cubierto, encerrado o disimulado de tal manera que la superficie de transmisión de calor del dispositivo (que puede ser radiador o convector) no es visible desde el recinto. Este dispositivo transmite su calor al recinto principalmente con corrientes de convección de aire.

**Radiador:** Unidad de calefacción expuesta a la vista dentro del recinto o espacio que se va a calentar. Un radiador transmite calor por radiación, a objetos dentro del rango visible, y por conducción al aire que lo rodea, el cual a su vez circula por convección natural; un radiador también es un convector, pero el término radiador se ha establecido a causa de su prolongado uso.

**Ramal de retorno:** Tubería que se emplea para hacer

regresar el agua de una unidad terminal a la troncal o cabezal principal del circuito.

**Ramal de suministro:** Tubería que se usa para suministrar agua caliente procedente de un troncal, troncal de circuito, o cabezal, a las unidades terminales.

**Ramal:** La parte del sistema de tubería que conecta una unidad terminal con el circuito.

**Ranuras de quemado:** (Véase Puerta.)

**Reductor excéntrico:** Conexión de tubo diseñada para pasar de un tamaño a otro de tubo y mantener alineado un lado de ambos tubos. Estas conexiones se deben instalar de tal modo que la parte "en línea" del tubo quede hacia arriba.

**Refractario:** Pieza fabricada con material no combustible y muy aislante que se necesita para evitar que salga el calor de combustión hacia otra parte que no sea hacia la caldera.

**Regulador de presión:** Dispositivo para controlar y mantener una presión de gas uniforme en la salida.

**Regulador:** (Véase Regulador de presión.)

**Relación aire a gas:** Relación del flujo de aire al flujo de gas combustible.

**Relevador del quemador de petróleo:** Control especial de objetivo múltiple que se usa en los quemadores de petróleo. El dispositivo controla el funcionamiento del quemador de petróleo y también trabaja como seguro para evitar el funcionamiento cuando sea incorrecto.

**Relevador:** Interruptor de accionamiento eléctrico. En general el circuito de control del interruptor emplea bajo voltaje mientras que el interruptor mismo hace y rompe el contacto de un circuito que trabaja al voltaje de línea (115V). Sin embargo, los circuitos tanto de control como de carga en algunos casos tienen el mismo voltaje.

**Reserva de tubería y funcionamiento inicial:** La parte de la capacidad bruta de una caldera que se tiene como reserva para calentar el sistema y para tomar en cuenta la emisión de calor de la cantidad normal de tubería.

**Reserva efectiva de calor:** Reserva que se suma a la capacidad de prueba de algunos diseños de radiadores para compensar una mejor distribución del calor dentro del recinto calentado. Algunas autoridades no permiten el empleo de la reserva efectiva de calor.

**Resistencia térmica:** La resistencia que presenta un material a la transmisión del calor. Los materiales aislantes tienen alta resistencia térmica. Los metales tienen baja resistencia térmica.

**Resonancia:** Efecto de flauta de órgano que se produce en un quemador de gas cuando la frecuencia de la flama del quemador y la distancia de la onda de presión en la bolsa del quemador tienen una sincronización exacta.

**Retorno directo:** Sistema de dos tubos en el que la primera unidad terminal que sale del cabezal de suministro es la primera conectada al cabezal de retorno.

**Retorno inverso:** Sistema de dos tubos en el que las conexiones de retorno de las unidades terminales a la troncal de retorno se hacen en orden inverso con respecto a las conexiones de la troncal de suministro a las conexiones de entrada de las unidades terminales.

**Retroceso de flama:** Movimiento de la flama de gas que pasa por la abertura de quemador al apagar el suministro de

gas. En general se origina por haber demasiado aire primario.

**Rodado de flama:** Estado en el que la flama rueda hacia afuera de la cámara de combustión cuando se enciende el quemador.

## S

**Salida de gases de combustión:** Abertura que tiene una caldera para que escapen los productos de combustión.

**Secuenciador, programador:** Relevador de demora de tiempo que es accionado, generalmente, por un elemento bimetálico.

**Sistema de agua de alta temperatura:** Sistema de agua caliente que trabaja a temperaturas mayores que 175°C, y cuya presión normal es aproximadamente 300 psi (21 kg/cm<sup>2</sup>).

**Sistema de agua de baja temperatura:** Es un sistema de calefacción con agua caliente a temperaturas de diseño del agua de 120°C (250°F) o menos, y a una presión de trabajo máxima de 11 kg/cm<sup>2</sup> (160 psi).

**Sistema de agua de temperatura intermedia:** Sistema de calefacción con agua caliente que trabaja a temperaturas de 175°C (350°F) o menos, y a presiones no mayores de 11 kg/cm<sup>2</sup> (150 psi).

**Sistema de alimentación ascendente:** Sistema hidráulico en el que la troncal de suministro está abajo del nivel de las unidades terminales.

**Sistema de alimentación hacia abajo:** Sistema hidráulico en el que el cabezal está arriba del nivel de las unidades terminales.

**Sistema de calefacción con aire caliente por gravedad:** (Véase Sistema de calefacción con aire caliente.)

**Sistema de calefacción con vapor:** Sistema hidráulico en el que circula vapor por las unidades terminales

**Sistema de circuito único:** Sistema hidráulico que se compone sólo de un circuito.

**Sistema de dos tubos:** Sistema de calefacción con agua caliente que emplea un tubo que sale de la caldera para suministrar agua caliente a las unidades terminales, y un segundo tubo por el que retorna el agua de las unidades terminales a la caldera.

**Sistema de tubo único:** Sistema de agua caliente, de circulación forzada, que usa un tubo o troncal continuo que va de la salida de la caldera al retorno a la misma. Las unidades terminales se conectan a este tubo mediante dos tubos más pequeños que se conocen como ramales de suministro y de retorno.

**Sistema zonificado:** Sistema hidráulico en el que se usa más de un termostato. Esto permite el control independiente de la temperatura de aire del recinto en más de un lugar.

**Sistemas de calefacción con agua caliente:** Sistemas hidráulicos en los que se hace circular agua calentada por las unidades terminales.

**Sistemas de tablero:** También sistema radiante. Sistema de calefacción en el que el techo o el piso funciona como unidad terminal.

**Sobrecapacidad:** Funcionamiento de un quemador de gas a mayor capacidad que aquella a la que fue diseñado.

**Subcircuitos:** Término que se aplica a circuitos que salen del circuito primario de distribución en un sistema hidráulico complejo.

**Subida:** Se refiere en general a la parte vertical de los ramales de suministro o de retorno. Sin embargo, cualquier tubo vertical de un sistema de calefacción puede llamarse subida.

**Superficie de calentamiento:** Todas las superficies que transmiten calor de las flamas o los gases de combustión al medio que se está calentando.

**Superficie expuesta:** La superficie de cualquier pared, ventana, techo, piso o mampara que separa un recinto calentado del exterior o de un recinto sin calentar.

## T

**Tanque de cojín de aire:** Tanque cerrado que está en general arriba de un calentador y conectado a un sistema hidráulico de tal manera que cuando se llena inicialmente el sistema con agua, queda atrapado aire en el tanque. Cuando se calienta el agua en el sistema se expande y comprime el aire atrapado en el tanque de cojín de aire y con ello ocupa espacio del volumen adicional de agua sin crear demasiada presión. También se llama tanque de expansión.

**Tanque de compresión:** (Véase Tanque de cojín de aire.)

**Tanque de expansión:** (Véase Tanque de cojín de aire.)

**Tapa o campana de orificio:** Conexión móvil que tiene un orificio, y que permite el ajuste del flujo de gas ya sea por sustitución con una placa con orificios de diversos diámetros (orificios fijos), o por el movimiento de una aguja ajustable hacia adentro o afuera del orificio (orificio ajustable).

**Tasa de entrada:** Cantidad de calor o combustible suministrado a un quemador, expresada en unidades de volumen o de calor por unidad de tiempo, como por ejemplo pies cúbicos por hora o BTU por hora.

**Tasa:** (Véase Capacidad.)

**Te divisora:** Instalación de una te, conexión de tubos, de tal modo que el agua entra o sale de la te en ambos extremos del lado recto, y sale (o entra, respectivamente) sólo por la conexión lateral.

**Te:** Conexión de tubería cuyo objeto es conectar tres extremos de tubo entre sí. Dos de los tubos están alineados y el tercero está en ángulo recto con respecto a los otros dos.

**Temperatura ambiente:** La temperatura del aire en la zona que se estudia o se considera.

**Temperatura de agua para diseño:** El promedio de la temperatura del agua que entra y sale de la caldera o subcircuito cuando el sistema trabaja a condiciones de diseño.

**Temperatura de ignición:** Temperatura mínima a la que puede iniciarse la combustión.

**Temperatura del sistema:** Promedio de las temperaturas del agua que sale de la caldera y la que regresa a ella.

**Temperatura exterior de diseño:** Temperatura del exterior sobre la que se basan las pérdidas de calor de diseño.

**Temperatura interior de diseño:** La temperatura del interior del recinto que se usa cuando se calcula la pérdida de calor de diseño. En general se supone que esta temperatura es de 25°C (70°F).

**Tendido:** Este término se aplica en general a la parte horizontal de circuitos ramales.

**Term:** Unidad de calor que equivale a 100,000 BTU.

**Termostato:** Interruptor de control accionado por la temperatura del aire.

**Tirante:** Las partes de las calderas seccionales de fierro colado se mantienen en estrecho contacto mediante tirantes que atraviesan completamente las secciones.

**Tiro ascendente:** Presión excesivamente baja que existe en la salida de una chimenea, que tiende a aumentar la velocidad y el volumen de los gases que pasan por la chimenea.

**Tiro hacia abajo:** Muy alta presión en la salida de la chimenea que tiende a hacer que los gases fluyan hacia abajo por la chimenea.

**Tiro natural:** Movimiento de los productos de combustión a través de una caldera, generado debido a que los gases de combustión se elevan hacia una salida conectada a la chimenea.

**Tiro:** Corriente de aire o gas. Se refiere en general a la diferencia de presión que hace que el aire o los gases pasen por una chimenea, unidad calefactora o recinto.

**Tobera, boquilla:** Dispositivo en el extremo del tubo de petróleo combustible que se emplea para desintegrar el petróleo en forma de gotas pequeñas, forzándolo a través de agujeros pequeños para forzar la ruptura en gotas. También se impulsa en trayectorias definidas en forma de remolino para que se mezcle con el aire y sea completa su combustión.

**Tornillo de ajuste:** Tornillo o perno que entra y sale del chorro de gas en un quemador para controlar la entrada del aire primario.

**Transformador:** Dispositivo diseñado para cambiar el voltaje. En los controles de calefacción el transformador convierte, en general, el voltaje de línea (115 V) a bajo voltaje (24 V).

**Transmisión de calor:** Cualquier rapidez de flujo de calor, en general se refiere a conducción, convección y radiación combinadas.

**Troncal de retorno:** Tubo que se usa para conducir el agua de los ramales de retorno de las unidades terminales a la caldera.

**Troncal, cabezal:** Tubo que se usa para conducir el agua entre la caldera y los ramales de las unidades terminales.

**Troncal:** La sección de cabezal en un sistema de circuitos múltiples por la que pasa la capacidad combinada de dos o más de los circuitos.

**Troncales de retorno:** Tubos o conductos que regresan el medio de calefacción o enfriamiento de la unidad de transmisión de calor a la fuente de calor o refrigeración.

**Tubo aletado:** Dispositivo de intercambio de calor que consiste en un tubo metálico en cuyo interior circula agua o vapor. En el exterior se fijan placas metálicas, o aletas, para aumentar la superficie de intercambio térmico. El tubo aletado puede consistir en una, dos o tres filas, y diseñarse para instalación descubierta o con parrillas tipo abierto,

cubiertas o cajas con salidas superiores, delanteras o inclinadas. En general, las unidades de tubo aletado no se usan en construcciones residenciales.

**Tubo de agua de reposición:** Conexión de agua a una caldera o un sistema para llenarlos o agregar agua cuando sea necesario.

**Tubo de ignición:** Dispositivo que se usa en forma normal para encender el gas en los quemadores. En el extremo de un tubo corto se inyecta una mezcla aire-gas procedente del quemador. La mezcla pasa a lo largo del tubo y se enciende mediante una flama piloto estacionaria al otro extremo abierto del tubo, y la flama regresa por la mezcla dentro del tubo para encender el gas en los puertos del quemador.

**Tubo de suministro:** La parte del sistema de tubería que lleva el agua de la caldera a las unidades terminales o al punto donde se usa.

**Tubo único de subida para vapor con alimentación hacia abajo:** Tubo que arrastra vapor hacia abajo a las unidades de calentamiento y en el que drena el condensado de las unidades calefactoras.

## U

**Unidad de calefacción directa e indirecta:** Unidad de calefacción que está en el recinto o espacio por calentar y parcialmente encerrada. La parte encerrada se usa para calentar aire que entra del exterior del recinto.

**Unidad de combustible:** Lo constituye una bomba tipo de engranes que se usa para suministrar petróleo a la tobera, a la presión adecuada de operación. Una segunda función es suministrar corte instantáneo del petróleo cuando se apaga el quemador.

**Unidad eléctrica de calefacción:** Estructura que contiene uno o más elementos calefactores, terminales o conductores eléctricos, aislamiento eléctrico y un bastidor o caja, todo armado en una unidad.

**Unidad terminal:** La parte de un sistema hidrónico en la cual se transmite el calor del agua al aire en el recinto acondicionado. Las unidades terminales comunes comprenden radiadores, convectores, zoclos, calefactores unitarios, tubo aletado, etc.

**Unidades de distribución de calor:** (Véase Unidades terminales.)

**Unión, fuelle de expansión:** Parte de un equipo que se usa para compensar la expansión y contracción de un tramo de tubo. El dispositivo se construye con un fuelle flexible que se estira o se comprime lo necesario para aceptar el movimiento del tubo.

## V

**Válvula compuerta:** Válvula diseñada de tal modo que la abertura al flujo, cuando la válvula está completamente abierta, es esencialmente la misma que la del tubo y el flujo que pasa por la válvula es en línea recta.

**Válvula de alivio de presión:** Dispositivo para proteger la caldera, o un tanque de almacenamiento de agua caliente, contra la excesiva presión que se pueda desarrollar. Se abre a una presión predeterminada y deja salir el agua o el vapor a una velocidad suficiente como para evitar el aumento de presión.

**Válvula de balanceo:** (Véase Conexión de balanceo.)

**Válvula de control de flujo:** Válvula de retención de diseño especial que se instala en general en el tubo de suministro para evitar la circulación del agua caliente por gravedad dentro del sistema de calefacción cuando la bomba no está funcionando.

**Válvula de petróleo de acción demorada:** Dispositivo entre la salida de la unidad de combustible y la tobera, que se usa para demorar la entrega del petróleo a la tobera hasta que se ha establecido la distribución completa de aire de combustión. También da corte instantáneo al apagado.

**Válvula de radiador:** Válvula que se instala en una unidad terminal para controlar manualmente el flujo de aire en la unidad.

**Válvula de seguridad:** Dispositivo para proteger una caldera de vapor contra la alta presión, mediante su abertura a un ajuste predeterminado de presión, para dejar escapar el vapor a un flujo igual o mayor que la capacidad de generación de vapor que tiene la caldera.

**Válvula de zona:** Válvula cuya operación controla un termostato de zona. Se usa en sistemas hidrónicos para controlar el flujo de agua en partes definidas del sistema haciendo posible controlar en forma independiente la temperatura en diversas zonas de la construcción.

**Válvula reductora de presión:** Válvula con accionamiento de diafragma instalada en la tubería de agua de reposición de un sistema de calefacción con agua caliente, para introducir agua al sistema y para evitar que el sistema quede expuesto a las presiones variables de suministro municipal, que sean mayores que la presión de trabajo de la caldera.

**Válvulas de control:** Válvula que se usa para controlar el flujo de agua en un sistema hidrónico.

**Vapor:** Forma gaseosa de una sustancia que, bajo otras condiciones de presión, temperatura, o ambas, es un sólido o un líquido.

**Velocidad de flama:** Velocidad a la cual la flama se mueve a través de una mezcla aire-combustible

**Velocidad de ignición:** (Véase Velocidad de flama.)

**Velocidad de quemado:** (Véase Velocidad de flama.)

**Ventilación de aire:** Válvula que se instala en los puntos altos de un sistema de agua caliente para permitir la eliminación del aire del sistema.

**Ventilación:** Dispositivo, como por ejemplo un tubo, que transmite los productos de combustión de una caldera al exterior. Este término también se aplica para designar un pequeño agujero o abertura para que escape un fluido, como por ejemplo en un control de gas.

**Ventilación:** Introducción, con medios mecánicos, de aire externo en una construcción.

**Ventilaciones:** (Véase Ventilaciones de aire.)

**Ventilador de unidad:** Unidad terminal en la que se usa un ventilador para hacer circular en forma mecánica el aire a través del serpentín de calentamiento. Estas unidades se fabrican de tal manera que se puede hacer circular aire tanto exterior como interior para dar al mismo tiempo ventilación y calor. Estas unidades pueden tener un serpentín de enfriamiento para operación durante el verano.

**Ventilador-serpentín:** Unidad terminal que consiste en un serpentín de tubo aletado y un ventilador en una caja única. Estas unidades se pueden diseñar para calentar, enfriar o en una combinación de las dos operaciones. Algunas unidades ventilador-serpentín se diseñan para recibir ductería con la finalidad de dar servicio a más de un recinto.

**Venturi:** Tramo de un tubo o un cuerpo de quemador que se angosta y a continuación se ensancha de nuevo.

**Viscosidad:** Propiedad que tiene un fluido de resistir el flujo

## Z

**Zoclo:** Unidad terminal de calefacción que se asemeja al zoclo de una casa. Estas unidades son las que más se usan para sistemas residenciales.

**Zona múltiple:** Sistema controlado por dos o más termostatos

**Zona:** La parte de un sistema hidrónico cuyo funcionamiento está controlado por un solo termostato



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

## CA-302 REFRIGERACIÓN

### TEMA

## GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS APLICADOS EN ELECTRICIDAD Y DATOS ELÉCTRICOS

EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ

DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005

PALACIO DE MINERÍA

---

---

---

---

# Glosario de términos técnicos aplicados en electricidad y datos eléctricos

---

## A

**Acción nuclear:** Producción de energía eléctrica mediante el uso de la energía térmica producida por energía nuclear liberada por reacciones nucleares.

**Adelanto:** La fase de una cantidad alterna que está delante de otra, medida en grados angulares.

**Agrupamiento trifásico en delta:** Método de agrupar un devanado trifásico en el que se conectan tres circuitos entre sí en forma de un triángulo, y las tres esquinas se conectan a las tres terminales.

**Agrupamiento trifásico en estrella:** Método de agrupar un devanado trifásico en el que un extremo de cada uno de tres circuitos se conecta a un empalme común, en general aislado, y los otros tres extremos se conectan a las tres terminales. Se llama también conexión o agrupamiento Y, o ye, por la semejanza de su representación en un diagrama con la letra Y.

**Agujero:** La parte de la órbita o capa externa de un átomo que no ocupa un electrón.

**Alternador:** Máquina que convierte la energía mecánica en corriente alterna.

**Amperaje a plena carga:** Cantidad de corriente que toma una carga inductiva (motor) cuando trabaja a su potencia de diseño.

**Amperaje a rotor bloqueado:** Cantidad de energía que toma un motor cuando está detenido.

**Ampere-vuelta:** Se abrevia AV o NI. Unidad de fuerza magnetizante producida por un flujo de corriente de un ampere por una espira de alambre de una bobina.

**Ampere:** Se abrevia amp. Unidad básica que representa la cantidad de electricidad que pasa por determinado punto durante un tiempo específico.

**Amperímetro:** Instrumento para medir la intensidad de flujo de corriente en amperes.

**Amplitud:** Valor instantáneo máximo de la corriente o voltaje alternos. Puede tener dirección positiva o negativa.

**Angulo de retraso o adelanto:** Diferencia de ángulos de fase entre dos ondas senoidales que tienen la misma frecuencia.

**Angulo eléctrico:** Método de especificar el instante exacto en un ciclo de corriente alterna. Cada ciclo tiene 360°. Por lo tanto, 180° indica medio ciclo y 45° indica un cuarto de ciclo.

**Anticipador:** Calentador que se usa para ajustar el funcionamiento de un termostato para producir un diferencial de temperatura más estrecho que la capacidad mecánica de control.

**Armadura:** Componente móvil o rotatorio de un motor, generador, relevador u otro dispositivo electromagnético.

**Atomo estable:** Atomo cuya capa externa contiene más del 50% del potencial para contener electrones.

**Atomo inestable:** Atomo cuya capa externa contiene menos de 50% del potencial de contención de electrones.

**Atomo:** La partícula más pequeña de materia que presenta las propiedades de un elemento.

**Autoinducción:** El proceso por el cual se induce FEM en el circuito por su propio campo magnético.

## B

**Barra de distribución (bus):** Medio de distribución primaria de corriente que se conecta a una fuente principal de corriente. Es en general un conductor grueso que consiste en una banda o cinta rígida.

**Batería:** Dos pilas o celdas primarias o secundarias interconectadas eléctricamente.

**Bobina de amortiguación:** Bobina con baja resistencia óhmica y alta impedancia al paso de la corriente alterna. Permite que pase la corriente directa, pero limita el flujo de la corriente alterna.

**Bobina:** Conductor enrollado en espiral o en hélice, que

crea un fuerte campo magnético cuando pasa la corriente por él.

**Bombeo:** Método de control del funcionamiento de un sistema de refrigeración a través del control del refrigerante que va al evaporador.

## C

**Caballo de fuerza:** Se abrevia hp. Es una unidad de potencia que equivale a elevar 33,000 lb a un pie de altura durante un minuto, o 550 pies libra por segundo, o 746 W de potencia eléctrica, o 76 kilogramos metro por segundo.

**Cable:** Conductor de alambres trenzados o combinación de conductores múltiples. La palabra cable se emplea para los tamaños mayores. Los cables pequeños se llaman *alambres*. El cable puede ser desnudo o aislado. El cable aislado puede estar blindado con plomo o con alambre o bandas de acero.

**Cableado de sistema trifásico:** Hay varias formas de conectar el circuito con la corriente trifásica, lo cual da muchos sistemas trifásicos que se pueden clasificar:

1. Con respecto al número de conductores empleados, como: *a)* tres conductores, *b)* cuatro conductores.
2. Con respecto a las conexiones, como: *a)* estrella; *b)* delta; *c)* delta estrella; *d)* estrella delta.

**Par (torque):** El par es una fuerza o combinación de fuerzas que produce o tiende a producir rotación.

**Caída de línea:** Caída de voltaje entre dos puntos de una línea de potencia o de transmisión debida a fugas, resistencia o reactancia.

**Caída de servicio:** La parte de los conductores de servicio aéreos entre el último poste o soporte aéreo y el primer punto de fijación a la construcción.

**Caída IR:** Caída de voltaje que resulta del flujo de la corriente a través de un resistor.

**Caja de conexiones:** Caja metálica en la que se introducen y se unen cables o conductores.

**Calibrador norteamericano de alambres:** Se abrevia AWG (*American Wire Gage*). Sistema de números que representan áreas de sección transversal de alambres. Cuando el diámetro se reduce el número aumenta, por ejemplo, AWG #14 = 0.0641 pulg; AWG # 12 = 0.0808 pulg.

**Campo magnético:** El espacio en el que existe una fuerza magnética.

**Campo:** Espacio donde se encuentran las líneas de fuerza magnética.

**Capa de valencia:** La capa externa de trayectoria de los electrones y que es la más alejada del núcleo central.

**Capa:** Trayectoria que toman los electrones al viajar alrededor del núcleo.

**Capacitor:** Dos conductores o electrodos en forma de placas separados entre sí por un dieléctrico (aislador). El capacitor bloquea el flujo de la corriente eléctrica e impide parcialmente el paso de la corriente alterna. Esta impedancia disminuye cuando aumenta la frecuencia de la corriente.

**Carga conectada:** La suma de las capacidades o potencias continuas de los aparatos de consumo conectados al sistema de suministro.

**Carga electrostática:** Energía eléctrica ubicada en la superficie de un material o en un capacitor debido a un exceso o deficiencia de electrones.

**Carga espacial:** La carga eléctrica que resulta de iones y electrones; la nube de electrones alrededor de un tubo de rayos catódicos.

**Carga inductiva:** Dispositivo que usa la energía eléctrica para producir movimiento.

**Carga parásita:** Carga diseñada para trabajar con la carga primaria y que puede limitar el flujo de corriente.

**Carga primaria:** Carga que es capaz de absorber el pleno voltaje de la fuente de electricidad.

**Carga:** Dispositivo que convierte la energía eléctrica a otra forma de energía útil.

**Carga:** La carga electrostática es la cantidad de electricidad que tiene un capacitor o un objeto aislado. La carga es negativa si hay exceso de electrones, y positiva si hay deficiencia de electrones.

**Cargo por demanda:** Cargo especificado que se cobra en base de la demanda de facturación, de acuerdo con una tarifa o contrato.

**Catión:** Ion con carga positiva que es atraído al cátodo en la electrólisis.

**Charola de servicio:** Conducto metálico rígido, tubo eléctrico o charola que contiene los conductores de entrada de servicio.

**Ciclo:** Cambio completo positivo y negativo de voltaje o corriente. Los ciclos por segundo se llaman hertz y son las unidades de frecuencia.

**Circuito abierto:** Circuito no continuo.

**Circuito de puente:** Circuito para determinar un valor desconocido de resistencia. Se interconectan una fuente de electricidad y tres resistores de resistencia conocida en una red en serie-paralelo junto con el resistor de resistencia desconocida. Si todos los resistores son iguales, un galvanómetro conectado entre las terminales en paralelo de cada conjunto de resistores tiene lectura cero. Si la resistencia desconocida es menor o mayor que las de los tres resistores conocidos, el galvanómetro indicará el grado y dirección del desequilibrio.

**Circuito magnético:** Trayectoria cerrada de las líneas magnéticas de fuerza.

**Circuito:** Un circuito cerrado es una trayectoria completa para el paso de la corriente. Si el circuito es abierto el paso de la corriente se interrumpe. Puede tener varios componentes eléctricos diseñados para llevar a cabo una o más funciones específicas.

**Conductancia:** Capacidad que tiene un material de conducir corriente eléctrica. Es recíproco de la resistencia, y por lo tanto se expresa en mhos.

**Conductividad:** Facilidad de transmisión eléctrica a través de una sustancia.

**Conductor:** Material o sustancia que conduce fácilmente la electricidad.

**Conductores de servicio:** La parte de los conductores de suministro que va de la troncal en la calle o el ducto, o de los transformadores, al equipo de servicio de las propiedades que se atienden. Para los conductores aéreos esto comprende los conductores entre el último poste u otro soporte aéreo y el equipo de servicio.

**Conexión de transformador en delta:** Conexión en la que tanto los primarios y secundarios están conectados en delta.

**Conexión delta-estrella:** Los primarios están conectados en delta y los secundarios en estrella.

**Conexión en delta:** La conexión en un sistema trifásico en la que las conexiones terminales son triangulares, semejantes a la letra griega delta. Con los inductores de una fase oponiéndose a la parte media de los polos, y suponiendo que se va a inducir corriente máxima en ese momento, sólo se inducirá la mitad de esa corriente en el mismo momento en las otras dos fases.

**Conmutador:** Anillo de segmentos de cobre, o *delgas*, aislados entre sí y que conecta la armadura y las escobillas de un motor o generador. Pasa la corriente hacia o de las escobillas.

**Contacto:** La parte del interruptor o relevador por la que pasa la corriente. La corriente se controla haciendo que los contactos se toquen o se separen.

**Contacto:** Dispositivo para establecer o romper contactos a la carga eléctrica que tiene un circuito piloto a través de una bobina magnética.

**Contactos del cortacircuitos:** Contactos metálicos que abren y cierran un circuito a intervalos establecidos.

**Controlador:** Mide la diferencia entre la salida real y la salida deseada e inicia una respuesta para corregir esa diferencia.

**Corriente alterna:** Se abrevia ca. Corriente que invierte la polaridad o dirección en forma periódica. Aumenta de cero a un máximo y regresa a cero en una dirección, y a continuación pasa por iguales variaciones en la dirección opuesta. Con ello se completa un ciclo que se repite a frecuencia fija. Puede ser monofásica, bifásica, trifásica o polifásica. Su ventaja sobre la corriente directa o unidireccional es que su voltaje se puede aumentar mediante transformadores hasta los altos valores que reducen los costos de transmisión.

**Corriente directa:** Se abrevia cd. Es la corriente eléctrica que pasa sólo en una dirección, es unidireccional. La corriente que varía en una dirección es corriente directa pulsante, que se puede derivar de la corriente alterna rectificándola.

**Corriente:** Paso de carga eléctrica a través de un conductor, entre puntos de distinto voltaje o potencial.

**Corrientes parásitas:** Corrientes circulantes inducidas en un material conductor que aparecen con un campo magnético variable.

**Cortacircuitos:** Dispositivo al cual acciona la energía electromagnética o la energía térmica para abrir un circuito cuando la corriente rebasa un ajuste predeterminado. En general tiene algún dispositivo para restablecimiento.

**Corte térmico:** Dispositivo protector de sobrecorriente que tiene un elemento de calefacción además de un fusible, y que sirve como fusible cambiable que abre el circuito. Su objeto no es interrumpir los cortocircuitos.

**Cortocircuito:** Conexión de baja resistencia, en general accidental y no deseada, entre dos partes de un circuito eléctrico.

**Coulomb:** Unidad eléctrica de carga. Un coulomb por segundo es igual a un ampere, o a  $6.25 \times 10^{18}$  electrones a través de un punto dado durante un segundo.

## D

**Demanda de facturación:** La demanda sobre la cual se basa el cobro a un usuario, tal como lo especifique la tarifa o el contrato. La demanda de facturación no necesita coincidir con la demanda real medida durante el período de consumo.

**Demanda:** Magnitud de cualquier carga, en general promediadas en determinado intervalo, pero a veces en forma instantánea. La demanda se expresa en kilowatts, kilovoltamperes u otras unidades adecuadas. A veces se usa en lugar de carga.

**Derivación:** Parte conectada en paralelo con otra parte.

**Desconexión rápida:** Fijar y soltar rápidamente los contactos del conector.

**Devanado en serie:** Un motor o generador cuyos devanados de armadura y campo están conectados en serie.

**Devanado:** Una o más espiras de alambre que forman una bobina o trayectoria conductora continua.

**Dieléctrico:** Aislador o no conductor. El material entre las placas de un capacitor, que se puede usar para almacenar energía electrostática.

**Diodo:** Dispositivo que conduce la corriente en una dirección, pero no en la dirección inversa.

**Dispositivo:** Componente que conduce principalmente, pero que no utiliza, la corriente eléctrica y no efectúa trabajo útil. Por ejemplo un controlador o un interruptor.

**Dopado:** Mejoramiento de las propiedades de conducción de electricidad que tiene un semiconductor mezclando átomos extraños con los átomos del material del semiconductor.

## E

**E:** Símbolo de potencial eléctrico.

**Efecto piezoeléctrico:** Generación de potencial eléctrico a través de un material dado por aplicación de presión en el material.

**Eficiencia:** Valor porcentual que representa la relación de la potencia entregada a la potencia de entrada.

**Electricidad dinámica:** Electrones en movimiento. Al movimiento de los electrones se le llama *corriente*.

**Electricidad:** El efecto creado por interacción de cargas eléctricas positivas o negativas. La atracción o repulsión electrostática originan movimiento de los conductores de corriente, y las cuales, cuando se les da fuerza y dirección, se transforman en flujo de corriente eléctrica.

**Electrodos:** Las placas en un baño electrolítico. La corriente entra a la solución por el ánodo y sale por el cátodo. También, cada placa de un acumulador.

**Electroimán:** Imán temporal que crea un campo eléctrico sólo durante el paso de una corriente eléctrica.

**Electrólisis:** Cambio de las características químicas de un compuesto por aplicación de una corriente eléctrica.

**Electrólito:** Solución de una sustancia, líquida o en pasta, que es capaz de conducir electricidad.



**Electrón:** La parte ligera de un átomo, portadora de carga negativa.

**Electrostática:** Electricidad en reposo, electricidad estática.

**Empalme:** Lugar en el circuito donde se unen dos o más conductores.

**En fase:** Estado que existe cuando dos ondas de la misma frecuencia tienen sus valores máximos y mínimos de igual polaridad en el mismo instante.

**Enclave:** Dispositivo de seguridad que permite que pase la corriente a un circuito sólo después que haya sucedido una función predeterminada.

**Enlace covalente:** Combinación de átomos que tiene muchos electrones en la capa externa. El enlace hace compartir electrones al aumentar las trayectorias de éstos y abarcar dos átomos.

**Enlace electrovalente:** La combinación de átomos originada por el paso de electrones de un átomo a otro átomo. Ejemplo: la sal de mesa, cloruro de sodio.

**Enlace metálico:** Combinación de átomos que tiene un mínimo de electrones en su capa externa.

**Entrar:** Acción de un interruptor para pasar al modo de conducción.

**Equipo de servicio:** El equipo necesario, que en general consiste en un cortacircuitos o interruptor y fusibles, y sus accesorios, colocados cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a una construcción, cuyo propósito es ser el control y medio de corte principales para el suministro de esa construcción.

**Escobilla:** Material conductor, generalmente carbón o grafito, que hace contacto continuo con un conmutador en movimiento a través del que puede pasar corriente para el resto del circuito.

**Estator:** La parte estacionaria del circuito magnético de un motor o generador.

**Estructura de tarifa de servicio:** Tarifas aprobadas de servicio eléctrico que el suministrador del servicio cobra a diversas clases de consumidores o clientes.

## F

**Factor de carga:** Relación de la carga promedio en kilowatts que se suministran durante un período determinado, a la carga máxima que se presenta en ese período. La fórmula típica es:

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Kwhr suministrado en periodo}}{\text{Kw pico en periodo} \times \text{horas en periodo}}$$

**Factor de potencia:** Potencia real medida con un wattímetro en un circuito de corriente alterna, entre la potencia aparente determinada multiplicando los amperes por los volts.

**Farad:** Unidad de capacitancia. El almacenamiento de un coulomb en un capacitor cuando se aplica un volt.

**Fase:** Relación angular entre ondas, que se expresa en grados.

**Flujo magnético:** La suma de las líneas de fuerza que salen del polo magnético.

**Flujo:** El número de líneas de fuerza eléctrica o magnética en una región.

**Foco de filamento eléctrico:** Fuente luminosa que consiste en un bulbo de vidrio que contiene un filamento mantenido en incandescencia por la corriente eléctrica. NOTA: Una unidad de alumbrado, que consiste en un foco de filamento con una pantalla, reflector, globo de cierre, caja u otros accesorios, se llama lámpara o luminaria.

**Fotovoltaico:** Generación de potencial eléctrico a través de una celda por conversión de energía luminosa en energía eléctrica.

**Frecuencia:** El número de ciclos o vibraciones completas en una unidad de tiempo.

**Fuente de electricidad:** Fuente de energía eléctrica, como una batería, un generador, cristal piezoeléctrico o termopar, de la cual una carga eléctrica toma corriente.

**Fuerza contraelectromotriz:** La fuerza electromotriz inducida en una armadura o bobina que se opone al voltaje aplicado.

**Fuerza dieléctrica:** Voltaje máximo que puede resistir un dieléctrico sin permitir el paso de la corriente.

**Fuerza electromotriz:** Se abrevia FEM. La fuerza o presión eléctrica (voltaje) que produce el flujo de corriente. La diferencia de energía eléctrica potencial entre dos puntos.

**Fusible:** Elemento diseñado para fundirse o desintegrarse a un valor predeterminado de corriente, que tiene por objeto proteger contra condiciones anormales de corriente.

## G

**Galvánica:** Corriente que se genera en forma química, que resulta cuando dos conductores de material distinto se sumergen en un electrólito. En el circuito eléctrico cerrado la corriente pasará y oxidará al conductor que se oxide con más facilidad.

**Galvanómetro:** Instrumento para medir pequeñas corrientes directas.

**Gauss:** Unidad electromagnética de densidad de flujo magnético: es un maxwell por centímetro cuadrado.

**Generador:** Máquina que convierte energía mecánica en energía eléctrica. Véase *Alternador*.

**Grado eléctrico:** La 360ava parte de un ciclo de corriente o voltaje alternos.

**Grupo:** Conexión mecánica de dos o más dispositivos en un circuito para que se puedan variar en forma simultánea.

## H

**Henry:** Se abrevia H. Es la unidad básica de inductancia. Un henry es la variación de corriente de un ampere por segundo, y produce un volt.

**Histéresis magnética:** Fricción interna que resulta en una sustancia ferromagnética sujeta a un campo magnético variable.

**Histéresis:** Retraso. Si se sujeta un material ferromagnético a un campo magnético variable se origina un retraso del flujo magnético con respecto a la fuerza magnetizante.

**Humidóstato:** Control para circuitos eléctricos que es accionado por cambios de la humedad que rodea al control.

## I

**Iluminación:** La densidad del flujo luminoso en una superficie; es el cociente del flujo entre el área de la superficie cuando ésta se ilumina uniformemente. NOTA: El término iluminación también se usa en sentido general cualitativo para indicar el acto de iluminar o el estado de ser iluminado. En general el contexto indicará cuál es el significado que se quiere dar, pero a veces se aconseja usar la expresión nivel de iluminación para indicar que se trata del significado cuantitativo.

**Impedancia:** Oposición total al flujo de corriente alterna. Puede consistir en cualquier combinación de reactancia inductiva, capacitiva y resistencia. El símbolo de la impedancia es  $Z$  y la unidad es el ohm.

**Inducción:** El acto que produce electrificación, magnetización o voltaje inducido en un objeto por exposición a un campo magnético.

**Inducida:** Corriente o voltaje en un conductor que resulta cuando el conductor se mueve en dirección perpendicular a la de un campo magnético, o se sujeta a un campo magnético variable.

**Inductancia mutua:** Estado de circuito que se presenta cuando las posiciones relativas de dos inductores originan líneas magnéticas de un inductor que enlazan con las espiras de otro inductor.

**Inductancia:** La característica que tiene un circuito de oponerse a un cambio en el flujo de corriente. El cambio en la corriente por el circuito causa un cambio en el campo magnético. El cambio en el campo magnético induce un contravoltaje que tiende a oponerse al cambio en la corriente. Es un efecto de volante en el que el contravoltaje causa retardo de corriente, con acumulación de ésta, y prolonga el flujo de corriente cuando ésta disminuye. Su símbolo es  $L$ .

**Interrupción total:** Dispositivo de control que funciona por la conexión o desconexión del 100% del circuito eléctrico.

**Interruptor de dos polos:** Abre o cierra en forma simultánea dos conductores de un circuito. Completa un circuito vivo de cada lado de la posición APAGADO.

**Interruptor de acción instantánea:** Interruptor cuyos contactos cierran y abren con rapidez por medio de estabonamientos mecánicos.

**Interruptor de desconexión:** Interruptor de navajas que abre un circuito después de que se ha desconectado la carga mediante otros medios.

**Interruptor de lengüeta:** Dos o más lengüetas muy conductoras encapsuladas en una ampolla de vidrio. La energía de un campo magnético hará que las lengüetas de contacto abran o cierren en forma simultánea.

**Interruptor de un polo:** Interruptor que tiene movimiento de una posición APAGADO a una posición de permitir el paso de corriente.

**Interruptor:** Dispositivo mecánico para hacer o romper un circuito eléctrico.

**Ion:** Atomo o molécula que tiene electrones de más o de menos que los normales. El ion negativo tiene más electrones y el positivo menos que lo normal.

## J

**Joule:** Se abrevia  $J$ . Es la unidad de energía o trabajo que resulta cuando pasa un ampere de corriente a través de un ohm de resistencia en un segundo.

## K

**Kilovolt-ampere:** Se abrevia  $kva$ . Es unidad de potencia aparente, a diferencia de los kilowatts de potencia real.

**Kilowatt-hora:** Unidad de medición de energía eléctrica. Un kilowatt-hora es igual a 3,413 BTU.

**Kilowatt:** Unidad de medición de potencia eléctrica. Un kilowatt es igual a 1000 W. También es igual a 3,413 BTU por hora.

$Kw$  máximos en el período  $\times$  horas del período

$Kwh$  suministrados en el período

## L

**Lámpara fluorescente:** Lámpara de descarga eléctrica en la que la energía radiante de la descarga se transfiere a materiales adecuados (fósforos) que la convierten en ondas luminosas con mayor eficiencia lumínica.

**Ley de Kirchhoff de corriente:** Ley eléctrica básica que afirma que la suma de todas las corrientes que se dirigen hacia un punto en el circuito debe ser igual a la suma de las corrientes que se alejan del punto.

**Ley de Kirchhoff de voltaje:** Afirma que la suma de todos los aumentos de voltaje en un circuito completo debe ser igual a la suma de las caídas de voltaje en ese circuito.

**Ley de Ohm:** La corriente es directamente proporcional al voltaje e inversamente proporcional a la resistencia.

**Leyes de la carga eléctrica:** Las cargas iguales se repelen; las cargas diferentes se atraen.

**Leyes del magnetismo:** Los polos iguales se repelen; los polos diferentes se atraen.

**Limitador de corriente:** Dispositivo de protección en un circuito por el que pasa amperaje alto.

**Línea de fuerza:** Una línea de un campo eléctrico o magnético que indica la dirección de la fuerza.

**Lineal:** Relación proporcional de cambio de dos cantidades relacionadas. Salida que varía en proporción directa a la entrada.

**Líneas de transmisión:** Conductor o sistema de conductores cuyo objeto es transportar energía eléctrica desde su origen hasta la carga.

Los kilowatt-hora y la carga máxima en general se dan en base a una salida neta. El máximo en general es para un intervalo de demanda de 60 minutos.

## M

**Magnetizar:** Rearreglar las moléculas de un material para convertirlo en un imán.

**Medidor de demanda:** Dispositivo que indica o registra la demanda o la demanda máxima. **NOTA:** Como la demanda implica tanto un factor eléctrico como un factor tiempo, se necesitan mecanismos que respondan a cada uno de esos factores, así como un mecanismo indicador o registrador. Estos mecanismos pueden ser separados o combinados estructuralmente entre sí. Los medidores de demanda se pueden clasificar como sigue: Clase 1: medidores graficadores, Clase 2: medidores de demanda integrada, y Clase 3: medidores de demanda con retraso.

**Mega:** Prefijo de un millón. Por ejemplo, un megohm es un millón de ohms.

**Micra:** Unidad de longitud. Es la milésima parte de un milímetro, o la millonésima parte de un metro.

**Micro:** Prefijo que significa una millonésima. Por ejemplo, un microampere es una millonésima de un ampere; un microfaradio es una millonésima de faradio.

**Mili:** Prefijo que significa una milésima. Por ejemplo, un miliampere es una milésima de ampere.

**Modular:** Respuesta de salida que varía proporcionalmente a la señal de entrada.

**Módulo:** Combinación de componentes en un circuito en un paquete unitario, que son capaces de llevar a cabo una función completa.

**Molécula:** La partícula más pequeña de una sustancia que retiene todas las características de la sustancia.

**Monofásico:** Un solo voltaje alterno.

**Motor universal:** Motor que puede trabajar con corriente alterna o directa.

## N

**National Electric Code:** Se abrevia NEC. Un reglamento eléctrico que se basa en requisitos de los aseguradores contra incendio para instalaciones eléctricas interiores. La instalación se debe apegar a las reglas NEC para cumplir con los requisitos municipales y de las aseguradoras.

**Negativa:** La terminal o electrodo con exceso de electrones.

**Neutrón:** Partícula atómica del núcleo que tiene el peso de un protón, pero no tiene carga eléctrica.

**Niveles de energía:** Estados de energía de los electrones en un átomo.

**Normalmente abierto:** Interruptor eléctrico cuyos contactos están abiertos cuando está desenergizado o sin corriente.

**Normalmente cerrado:** Interruptor eléctrico cuyos contactos están cerrados cuando está desenergizado o sin corriente.

**Núcleo:** Parte magnetizable de un dispositivo que proporciona una trayectoria fácil para el flujo de las líneas magnéticas de una bobina.

## O

**Ohm:** Unidad de resistencia. Es la resistencia que permite el paso de un ampere de corriente con un potencial de un volt.

**Onda, o forma de onda:** Representación gráfica de una onda electromagnética que muestra las variaciones de amplitud graficadas en función del tiempo.

**Oscilador:** Componente eléctrico que genera un voltaje alterno.

## P

**Paralelo:** Circuito conectado de tal modo que la corriente tiene dos o más trayectorias que puede seguir.

**Permeabilidad:** Facilidad con la que pasan las líneas magnéticas de fuerza a través de un material en comparación con la correspondiente en aire, en el cual se considera unidad.

**Peso atómico:** Número de protones en un átomo.

**Polaridad:** Condición que denota la dirección del flujo de corriente; condición de ser positivo o negativo, o de tener un polo norte y un polo sur.

**Polfásico:** Dos o más corrientes alternas que difieren en fase por un número predeterminado de grados.

**Polos magnéticos:** Concentraciones de campo en un imán que consiste en un polo norte y uno sur de igual magnitud.

**Positivo:** Punto de atracción de electrones.

**Potencia:** La rapidez con que se efectúa trabajo.

**Potencial:** La cantidad de voltaje o carga entre puntos de un circuito.

**Potenciómetro:** Un resistor con tres contactos. Un contacto se encuentra en un brazo móvil, que puede recorrer el resistor. Con ello se agrega resistencia a una rama de un circuito de puente de Wheatstone, y al mismo tiempo se disminuye resistencia en la otra y con ello se varía la corriente que pasa por cada rama del puente.

**Protección de sobrecarga:** Componente que interrumpe la corriente cuando alcanza ésta un valor alto predeterminado.

**Protón:** La parte del núcleo básico de un átomo que lleva la carga positiva.

**Puente de Wheatstone:** Puente con cuatro ramas principales que contienen un resistor en cada una de ellas. Con valores conocidos de tres resistencias se puede calcular el valor de la resistencia desconocida.

**Puente:** Un conductor que se usa para rodear a un interruptor o una interrupción en un circuito, o para hacer una conexión eléctrica entre terminales.

## Q

**Quemado:** Paso accidental de alto voltaje a través de un circuito o dispositivo eléctrico que lo daña.

## R

**Reactancia inductiva:** Oposición, medida en ohms, a una corriente alterna o pulsante.

**Reactancia:** Oposición al paso de la corriente alterna por capacitancia, inductancia o ambas. Se representa con  $X$  y se mide en ohms.

**Red:** Dos circuitos eléctricos o más; sistema de distribución eléctrica

**Regla de la mano izquierda:** Se usa para determinar la dirección de las líneas magnéticas de fuerza alrededor de un conductor con corriente. Si los dedos de la mano izquierda se colocan de modo que el pulgar apunte en la dirección del flujo de electrones, entonces los demás dedos apuntarán en la dirección del campo magnético.

**Relevador de voltaje:** Relevador que trabaja a un valor de voltaje predeterminado.

**Relevador o contactor:** Un dispositivo de dos circuitos. Un circuito piloto controla un circuito de carga.

**Reluctancia:** La oposición que ofrece un material al paso de las líneas magnéticas de fuerza. Es igual a la fuerza magnetomotriz dividida entre el flujo magnético.

**Reóstato:** Resistor ajustable o variable.

**Resistencia:** La oposición que ofrece un conductor físico al paso de la corriente cuando se aplica un voltaje.

**Resistor:** Elemento de circuito que presenta resistencia al paso de la corriente.

**Retentividad:** La capacidad de una sustancia de mantener el magnetismo.

**Retraso:** El tiempo de atraso de una onda con respecto a otra de la misma frecuencia. Se expresa normalmente en grados eléctricos.

**Retroatimentación:** Transferencia de energía, de la salida de regreso a la entrada.

**Rotor:** Armadura rotatoria o miembro de un motor o generador eléctrico.

**Ruptura:** Discontinuidad eléctrica en el circuito, que generalmente resulta por el funcionamiento de un interruptor o cortacircuitos.

## S

**Salir:** Acción de un interruptor para pasar a la posición de APAGADO.

**Semiconductor tipo "N":** Conductores dopados para tener un exceso de electrones libres y portadores de corriente predominantemente negativa.

**Semiconductor tipo "P":** Conductor dopado para tener un exceso de agujeros y una capacidad de conducción de más corriente positiva.

**Seno:** En un triángulo rectángulo es la relación del lado opuesto a un ángulo entre la hipotenusa.

**Senoidal:** Corriente que varía en proporción del seno de un ángulo o función del tiempo. Por ejemplo, la corriente alterna ordinaria.

**Serie:** Circuito con una trayectoria continua de corriente.

**Servicio:** Conductores y equipo que entregan energía eléctrica, desde el sistema de suministro hasta la instalación en la propiedad que se sirve.

**Servo:** Mecanismo de control que convierte una fuerza pequeña en una mayor.

**Servomecanismo:** Un sistema de circuito cerrado que inicia una señal de entrada con desviación de un valor deseado; la señal se retroalimenta al sistema de control hasta que la respuesta continua elimina la señal.

**Sistema trifásico conectado en delta:** En su cableado este arreglo emplea tres conductores. Si suponemos que hay 100 amp y 1000 V en el devanado de cada fase, la presión entre dos conductores cualesquiera es la misma que la presión en el devanado, y la corriente en cualquier conductor es igual a la corriente en el devanado multiplicada por la raíz cuadrada de 3, o sea  $100 \times 1.732 = 173.2$  amp. Si se omiten las fracciones, es 173 amp.

**Sistema trifásico de cuatro conductores:** Sistema trifásico de tres conductores que tiene un cuarto conductor conectado al punto neutro de la fuente, que se puede conectar a tierra.

**Sistemas trifásicos conectados en estrella:** En las instalaciones hay sistemas con conexiones estrella que emplean tres o cuatro conductores. Suponiendo que son devanados, la presión entre dos conductores cualesquiera es igual a la presión en un devanado multiplicada por la raíz cuadrada de 3, esto es,  $100 \times 1.732 = 173.2$  V. La corriente en cada conductor es igual a la corriente en el devanado, o sea 100 amp.

**Solenoides:** Embolo móvil accionado por una bobina electromagnética.

## T

**Tablero de distribución:** Tablero grande unitario o conjunto de tableros en los que se montan al frente, en la parte trasera o en ambas, interruptores, protectores de sobrecorriente, barras de distribución e instrumentos. A los tableros de distribución se puede entrar por detrás, y también por el frente y no son para instalarse dentro de cajas o cabinas.

**Tablero de interruptores:** Tablero sencillo o grupo de tableros unitarios diseñados para armarse en forma de un solo tablero, incluyendo barras de distribución con o sin interruptores y/o dispositivos protectores de sobrecorriente, para control de circuitos de iluminación, calefacción o potencia de pequeña capacidad individual o total. Se diseña para colocarse en una cabina o caja de empotrar que se coloca dentro o contra una pared o seccionamiento, y que es accesible sólo desde el frente.

**Terminal:** Conexión de un conductor.

**Terminal:** Punto de conexión para conductores eléctricos.

**Termoeléctrico:** Conversión de calor a electricidad o viceversa.

**Termopar:** Unión de dos metales distintos que desarrolla un voltaje cuando se calienta.

**Termostato:** Control para circuitos eléctricos, accionado por cambios en la temperatura del aire que le rodea.

**Tierra:** Conexión intencional o accidental entre un circuito eléctrico y la tierra en un punto común de potencial cero.

**Transformador trifásico de cuatro conductores:** Los secundarios de tres transformadores se conectan en estrella y el cuarto conductor se conecta a un punto neutro. El voltaje entre cualquier conductor principal y el neutro será el 57% del voltaje entre dos conductores principales cualesquiera.

**Transformador:** Dispositivo electromagnético con dos o más bobinas enlazadas por líneas magnéticas de fuerza, que se usa para aumentar o disminuir voltaje de ca. Al aumentar el voltaje se disminuye la corriente y viceversa.

## U

**Underwriters Laboratories:** Se abrevia UL. Es una organización en Estados Unidos que mantiene y opera laboratorios para examinar y probar aparatos, sistemas y materiales.

## V

**Vector:** Una flecha que representa la dirección y magnitud de una cantidad.

**Volt:** Unidad de potencial ó presión eléctricos. La fuerza

electromotriz (FEM) que impulsa un ampere a través de una resistencia de un ohm.

**Voltaje de entrada:** El voltaje que hace que asiente la armadura del relevador en la cara del polo.

**Voltaje primario:** Voltaje del circuito que suministra corriente a un transformador. Se llama voltaje primario en contraste con el voltaje de salida del transformador que se llama voltaje secundario. En el campo de distribución de corriente el primario es casi siempre el lado de alto voltaje y el secundario el de bajo voltaje en el transformador.

**Voltaje secundario:** Voltaje de salida, o de suministro a la carga, de un transformador o subestación.

**Volt-ampere:** Se abrevia VA. El producto de volts por amperes.

## W

**Watt:** Unidad eléctrica de potencia o rapidez con que se efectúa trabajo. En términos sencillos es la rapidez de transferencia de energía equivalente al flujo de un ampere bajo la presión de un volt a factor de unidad de potencia. Es semejante al caballo de fuerza o pies libras por minuto de potencia mecánica. Un caballo de fuerza equivale a 746 watts.

**Watt-horímetro:** Medidor eléctrico para medición y registro de la integral de la potencia activa del circuito con respecto al tiempo. Esta integral de potencia es la energía entregada al circuito durante el intervalo en el que se hace la integración, y la unidad en que se mide en general es el kilowatt-hora.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



**...: Mecánica e Industrial**

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **RESPUESTAS A PROBLEMAS DE REFRIGERACIÓN**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

---

---

---

# Respuestas a problemas de refrigeración

---

## CAPITULO R1

R1-1. China. R1-2. 1900. R1-3. Cierto. R1-4. 13. R1-5. Falso. R1-6. Falso. R1-7. Compresor, condensador, evaporador y dispositivo reductor de presión. R1-8. Tubo de líquido, tubo de succión, tubo de gas caliente y tubo de retorno de líquido. R1-9. Transmisión de calor por cambio de estado de un líquido. R1-10. Tubo de succión. R1-11. Tubo de gas caliente. R1-12. Tubo de líquido. R1-13. Tubo de retorno de líquido. R1-14. Serpentes de tubo desnudo y tubo aletado.

## CAPITULO R2

R2-1. Sólido, líquido y gas. R2-2. Molécula. R2-3. Intensidad. R2-4. El punto en el que teóricamente hay una ausencia completa de calor y actividad molecular. Se cree que se tiene a  $-460^{\circ}\text{F}$  o  $-273^{\circ}\text{C}$ . R2-5. La energía no se puede crear ni destruir; sólo se puede convertir de una forma a otra. R2-6. Hacer que el calor pase se debe establecer y mantener una diferencia de temperaturas. R2-7. La cantidad de calor necesaria para cambiar  $1^{\circ}\text{F}$  la temperatura de 1 libra de agua, al nivel del mar. R2-8.  $^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(\text{F} - 32) = \frac{5}{9}(68 - 32) = 20^{\circ}\text{C}$ . R2-9.  $\text{Btu} = W \times \Delta T = 100(120^{\circ} - 70^{\circ}) = 100 \times 50^{\circ} = 5000 \text{ Btu}$ .

R2-10.  $\text{Btu} = W \times \Delta T$ ;  $\Delta T = \frac{\text{Btu}}{W} = \frac{750}{15} = 50^{\circ}\text{F}$ .

R2-11. 1.0. R2-12. Falso. R2-13. Conducción, convección y radiación. R2-14. Calor sensible. R2-15. Calor latente. R2-16. Sublima. R2-17. Latente; evaporación. R2-18. Las Btu necesarias para fundir 1 ton de hielo en 24 horas. R2-19. 12,000 Btu/h. R2-20. Malo.

## CAPITULO R3

R3-1. La presión del fluido es la fuerza por unidad de área que ejerce un gas o un líquido. R3-2. Libras por pulgada cuadrada (psi). R3-3. El peso total de la sustancia. R3-4. Fuerza total = peso de agua = 3 pies  $\times$  3 pies  $\times$  1 pie = 9 pies<sup>3</sup>  
 $= 9 \text{ pies}^3 \times 62.4 \text{ lb} \times \text{pie}^3 = 561.6 \text{ lb}$ .

$$\text{Presión} = \frac{561.6 \text{ lb}}{3 \text{ pies} \times 3 \text{ pies}} = \frac{561.6 \text{ lb}}{36 \text{ pulg} \times 36 \text{ pulg}} = 0.433 \text{ psi}$$

R3-5. La profundidad de un cuerpo de agua se llama "altura." R3-6.  $\text{Psi} = 0.433 \text{ psi} \times 8 \text{ pies de altura} = 3.464 \text{ psi}$ . R3-7. La mitad de 7.532 psi, o sea 3.464 psi.

R3-8.  $\frac{134.67 \text{ lb}}{12 \text{ pies}^2} = 134.67 \text{ lb/pie}^2$ , o 0.914 psi.

$$\text{R3-9. } \frac{600 \text{ lb}}{16 \text{ pulg}^2} \times 2 \text{ pulg}^2 = 75 \text{ psi.}$$

$$\text{R3-10. } \frac{75 \text{ psi}}{2 \text{ pulg}^2} = 37.5 \text{ psi.}$$

**R3-11.** Peso de una sustancia por unidad de volumen. Se expresa con frecuencia en peso por pie cúbico. **R3-12.** 62.4 lb/pie<sup>3</sup>. **R3-13.** El peso de una sustancia en comparación del peso de una sustancia de referencia. **R3-14.** El número de pies cúbicos ocupados por 1 libra de la sustancia. **R3-15.** Temperatura. **R3-16.** Temperatura y presión. **R3-17.** El volumen de un gas varía en razón inversa a su presión si la temperatura del gas permanece constante. **R3-18.** 183.8 psi. **R3-19.** 382.3 psi. **R3-20.** El volumen del gas está en razón directa a su temperatura absoluta si la presión se mantiene constante, y la presión absoluta de un gas está en proporción directa a su temperatura absoluta, si el volumen se mantiene constante. **R3-21.** 5.46 pies<sup>3</sup>.

$$\text{R3-22. } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \text{ o bien } P_1 V_1 T_2 = P_2 V_2 T_1.$$

$$\begin{aligned} \text{R3-23. } P_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{V_2 T_1} = \frac{(57.7 + 14.7) \times 10 \times (126.6 + 460)}{5 \times (60 + 460)} = \frac{72.4 \times 10 \times 586.6}{5 \times 520} \\ &= \frac{424,698.4}{2600} = 163.4 \text{ psia} - 14.7 = 148.7 \text{ psig.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{R3-24. } V_2 &= \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 \times T_1} = \frac{(70.2 + 14.7) \times 20 \times (115 + 460)}{(146.8 + 14.7) \times (70 + 460)} = \frac{84.9 \times 20 \times 575}{161.5 \times 530} \\ &= \frac{976,350}{85,595} = 11.4 \text{ pie}^3 \end{aligned}$$

**R3-25.** Calor agregado que eleva la temperatura de un vapor sobre la de su punto de ebullición.

**R3-26.** Disminuyendo la temperatura de un líquido a menos que su temperatura de condensación. **R3-27.** El líquido saturado está a su punto de ebullición antes de haber agregado calor latente de evaporación. El vapor saturado está al mismo punto de ebullición después de haber agregado calor latente de evaporación.

## CAPITULO R4

**R4-1.** Llave de tuercas de campana. **R4-2.** Cierto. **R4-3.** 6 y 8. **R4-4.** Falso. **R4-5.** Allen. **R4-6.** Plano y Phillips. **R4-7.** Musa y bastarda (de corte simple y doble). **R4-8.** Falso. **R4-9.** 1/1000 (0.001 pulgada). **R4-10.** Falso. **R4-11.** Acta de seguridad y salud en el trabajo.

## CAPITULO R5

**R5-1.** Cobre. **R5-2.** Falso. **R5-3.** K, L y M. **R5-4.** K y L. **R5-5.** Estirado suave y estirado duro. **R5-6.** Campana, compresión y unión mecánica. **R5-7.** Angulo de 45°. **R5-8.** Cinco por el diámetro del tubo. **R5-9.** Española. **R5-10.** Soldadura a tope. **R5-11.** Corte y limpieza adecuados, aplicación correcta de fundente y soporte adecuado. **R5-12.** Neutro.

## CAPITULO R6

**R6-1.** Evaporador, compresor, condensador y dispositivo reductor de presión. **R6-2.** Aumento de la superficie del serpentín al agregar aletas o empleo de un ventilador o soplador para aumentar el movimiento del aire a través del serpentín. **R6-3.** Cuando el evaporador debe trabajar en un lugar donde se debe mantener alta la humedad. **R6-4.** Serpentines sumergidos, configuraciones de envolvente y tubos y de tubos concéntricos, y enfriadores Baudelot. **R6-5.** Alternativos, rotatorios y centrífugos. **R6-6.** Lengüeta y anillo. **R6-7.** El compresor y el motor están sellados en la misma caja hermética. El compresor abierto está impulsado por bandas con un motor separado.



**R6-8.** Pistón rodante y aspas rotatorias. **R6-9.** Ninguno. **R6-10.** Para disipar el calor que tomó el refrigerante en el evaporador. **R6-11.** Enfriado por aire, enfriado por líquido y con enfriamiento evaporativo. **R6-12.** Válvula automática de expansión, válvula termostática de expansión, tubo capilar, flotador del lado de baja y flotador del lado de alta. **R6-13.** El tubo capilar, porque no tiene partes móviles que se gasten y necesiten cambio. **R6-14.** Para permitir el flujo de un líquido o vapor a través de un tubo sólo en una dirección. **R6-15.** Para permitir el control de flujo de un líquido o vapor bajo la dirección de un circuito eléctrico o algún otro medio de accionamiento.

## CAPITULO R7

**R7-1.** Absorbe calor del lugar donde no se necesita y lo desprende en algún otro lugar. **R7-2.** Calor latente de evaporación. **R7-3.** Químico y físico. **R7-4.** Verde. **R7-5.** Detector electrónico de escapes o solución de jabón. **R7-6.** 80. **R7-7.** 125. **R7-8.** R-12 blanco; R22 verde; R-502 orquídea. **R7-9.** 76 psig. **R7-10.** 115°F.

## CAPITULO R8

**R8-1.** La cantidad de calor, en Btu, que absorbe cada libra de refrigerante en el evaporador. **R8-2.** El contenido calorífico del líquido que entra al dispositivo reductor de presión y el contenido total de calor que sale del evaporador. **R8-3.**

$$W = \frac{200}{\text{ENR}}, \text{ siendo}$$

$W$  = Peso del refrigerante circulado por minuto,  
 $200$  = 200 Btu/min = 1 ton de efecto refrigerante,  
 $\text{ENR}$  = efecto neto refrigerante (Btu/lb) del refrigerante  
 empleado en las condiciones particulares de funcionamiento.

**R8-4.** El calor que se agrega a un vapor y que eleva su temperatura sobre su punto de ebullición. **R8-5.** Vapor saturado es vapor a su punto de ebullición; al vapor sobrecalentado se le ha agregado calor sensible para elevar su temperatura sobre su punto de ebullición. **R8-6.** Su desplazamiento total y su eficiencia volumétrica. **R8-7.** Es una representación gráfica en un diagrama Mollier de los diversos procesos de un ciclo de refrigeración. **R8-8.** En la parte central se muestran los cambios de estado del refrigerante; en la zona del lado izquierdo se muestran los factores de líquido subenfriado, y en la zona derecha se muestran los factores para el vapor sobrecalentado. **R8-9.** Control de calor (entalpía), entropía, temperatura, presión y volumen.

## CAPITULO R9

**R9-1.** Tubo desnudo, tubo aletado y placas. **R9-2.** Las aletas dan una mayor rapidez de trasmisión de calor por pulgada cuadrada de superficie de tubo, aumentando así la capacidad del serpentín. También, se puede usar un serpentín menor para una carga dada. **R9-3.** Conducción. **R9-4.** Cuando la convección natural del aire que pasa por el serpentín no produce buena circulación para manejar la carga de calor. **R9-5.** Cantidad de superficie total en el serpentín; rapidez de transferencia de calor (factor  $U$ ) en Btu por pie cuadrado por grado de diferencia de temperatura; diferencia media de Temperatura del aire que pasa por el serpentín. **R9-6.** En aplicaciones a baja temperatura donde se tiene mucho escarchamiento del serpentín. **R9-7.** La escarcha trabaja como aislador, reduciendo la transferencia de calor entre el aire y el refrigerante en el serpentín, y con ello reduce la eficiencia del sistema. **R9-8.** Un deshielo con gas caliente quita la escarcha del serpentín mientras está trabajando el compresor. Cuando el gas caliente cede su calor en el proceso y se condensa a líquido, puede pasar una gran cantidad de líquido (que se llama *golpe*) al compresor y provocar daños. **R9-9.** Para seguridad de una buena lubricación del compresor. **R9-10.** El aceite en el evaporador reduce la rapidez de transferencia de calor en el serpentín, y también reduce el volumen que queda para manejo del refrigerante.

## CAPITULO R10

**R10-1.** Válvula automática de expansión, válvula termostática de expansión, tubo capilar, flotador del lado de baja y flotador del lado de alta. **R10-2.** Se debe usar en carga constante. **R10-3.** Sobrecalentamiento. **R10-4.** Presión del resorte, del cuerpo y del bulbo. **R10-5.** La presión del resorte y del cuerpo se oponen a la presión del bulbo. **R10-6.** Falso. **R10-7.** Costo inicial y equilibrio de presiones en el sistema durante el ciclo apagado,

que ocasionan menor par de arranque necesario. **R10-8.** No pueden regular el flujo del refrigerante en un cambio de carga, y necesitan una carga crítica del refrigerante.

## **CAPITULO R11**

**R11-1.** Alternativos, rotatorios, helicoidales y centrífugos. **R11-2.** Falso. **R11-3.** Reparable en campo y completamente hermético o soldado. **R11-4.** True. **R11-5.** Field service able or bolted and full hermetic or welded. **R11-6.** Inducción. **R11-7.** Regreso positivo de aceite al cárter del compresor. **R11-8.** Es un modo de decir qué tan "espeso" es un aceite. **R11-9.** Sistema de salpicadura y sistema de alimentación positiva. **R11-10.** Debe permanecer fluido a baja temperatura; debe permanecer estable a alta temperatura; no debe reaccionar químicamente con los refrigerantes, metales, aislamiento del motor, aire o demás contaminantes; no debe descomponerse y depositar carbón bajo las condiciones de trabajo esperadas; no debe producir depósitos de cera a temperaturas extremadamente bajas, y debe ser seco y libre de humedad. **R11-11.** La menor temperatura a la que fluye el aceite. **R11-12.** Cuando se usan compresores herméticos, el aceite que regresa al compresor pasa por los devanados del motor, sus terminales y cables. **R11-13.** Calor. **R11-14.** 3%. **R11-15.** 10; 10. **R11-16.** 10; 5. **R11-17.** Relación de eficiencia de energía. **R11-18.** Capacidad. **R11-19.** Relación alta. **R11-20.** Vida esperada.

## **CAPITULO R12**

**R12-1.** Enfriados por aire, por agua y evaporativos. **R12-2.** De doble tubo, envolvente vertical abierta y tubos, envolvente horizontal y tubos, y envolvente y serpentín. **R12-3.** Activo (tiro forzado) y pasivo (gravedad). **R12-4.** Calor latente. **R12-5.** Bulbo húmedo. **R12-6.** Tiro natural y tiro forzado. **R12-7.** Sustancias formadoras de incrustación. **R12-8.** Evaporación, purga y arrastre. **R12-9.** El número de grados Fahrenheit que se enfría el agua en la torre y la diferencia de temperatura del agua que entra y sale de la torre. **R12-10.** La diferencia de temperatura entre la del agua que sale de la torre y la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra a la torre. **R12-11.** 3; 4. **R12-12.** 5. **R12-13.** 65. **R12-14.** Falso. **R12-15.** 80%.

## **CAPITULO R13**

**R13-1.** Dar un paso para el refrigerante y para el aceite que regresa al compresor. **R13-2.** Mantener limpio el tubo, del tamaño adecuado, usar lo mínimo de conexiones que sea posible, tener precauciones especiales para hacer las conexiones y dar pendiente a los tubos horizontales en la dirección del flujo del refrigerante. **R13-3.** Malo. **R13-4.** 500 pies/min; 100 pies/min. **R13-5.** 2 psig para R-12 y 3 psig para R-22 y R-502. **R13-6.** Cierto. **R13-7.** Cuando se instala la unidad de condensación a más de 5 metros sobre el serpentín de enfriamiento. **R13-8.** Aquellos en los que el sistema tiene control de capacidad de compresor. **R13-9.** Falso. **R13-10.** Cierto. **R13-11.** 6. **R13-12.** Sí. **R13-13.** 4 psig. **R13-14.** Gas que se forma en el tubo de líquido antes del dispositivo de reducción de presión. **R13-15.** Bajando la presión del líquido y su punto de ebullición por debajo de la temperatura que rodea al tubo de líquido, ebullición de éste. **R13-16.** Cuando el tubo de líquido está a mayor temperatura que la de condensación del líquido.

## **CAPITULO R14**

**R14-1.** Falso. **R14-2.** Alternativo. **R14-3.** Vertical (flujo descendente de gas) y horizontal. **R14-4.** Para reducir la temperatura o subenfriar al refrigerante líquido y agregar calor al gas en la succión para evitar que pase líquido al compresor. **R14-5.** Reducir la cantidad de humedad que circula en el sistema y filtrar cualquier partícula sólida que tenga el refrigerante líquido. **R14-6.** Líquido y vapor. **R14-7.** Evitar que el refrigerante líquido entre al compresor. **R14-8.** Contacto, inserción y envoltura. **R14-9.** Evitar acumulaciones de refrigerante líquido en el cárter del compresor durante la parte inactiva del ciclo. **R14-10.** Color. **R14-11.** La presión del refrigerante en el lado de descarga o de alta del sistema. **R14-12.** Falso. **R14-13.** D. **R14-14.** Son lo mismo. **R14-15.** Aliviar la presión del sistema; evitar formación de presiones que pudieran ser destructivas. **R14-16.** Aliviar la presión del sistema. evitar formación de presiones que pudieran ser destructivas. **R14-17.** La válvula de alivio de presión acciona cuando sube la presión, y el tapón fusible acciona cuando sube la temperatura. **R14-18.** Una válvula de alivio de presión se restablece cuando baja la presión. Un disco de ruptura es una válvula que funciona una vez y ya no cierra.

## CAPITULO R15

R15-1. Calor. R15-2. Menor. R15-3. Agua. R15-4. Bromuro de litio. R15-5. Generador, absorbedor, evaporador y condensador. R15-6. El evaporador. R15-7. Generador. R15-8. No condensable. R15-9. Manual. R15-10. Cierta.

## CAPITULO R16

R16-1. Protones, electrones y neutrones. R16-2. Negativa. R16-3. Cierta. R16-4. El estado cuando los electrones están en reposo, pero tienen el potencial para moverse. R16-5. Electrones en movimiento. R16-6. Diferentes, iguales. R16-7. Primaria: pila de linterna sorda, no recargable; secundaria: acumulador de automóvil, recargable. R16-8. cd. R16-9. Químico. R16-10. Termopar. R16-11. 0.15 a 0.35 V. R16-12. Termopila. R16-13. Efecto fotovoltaico. R16-14. Efecto piezoeléctrico. R16-15. Electromecánica. R16-16. Fuerza electromotriz. R16-17. Voltaje. R16-18. Cierta. R16-19. Ohm. R16-20. Ampere. R16-21. En serie y en paralelo. R16-22. Fuente de poder, carga y conductores.

$$R16-23. I (\text{amperaje}) = \frac{V (\text{voltaje})}{R (\text{resistencia})}$$

R16-24. 12 V. R16-25. Cierta. R16-26. Falso. R16-27. Reactancia inductiva. R16-28. Henry. R16-29. Voltaje. R16-30. Capacitor. R16-31. Microfaradio. R16-32. La relación de potencia consumida a potencia suministrada. R16-33. 90.

## CAPITULO R17

R17-1. Cierta. R17-2. Curva senoidal. R17-3. Falso, 60 ciclos en 1 segundo. R17-4. Cierta. R17-5. 120 y 240 V monofásica. R17-6. Clientes comerciales e industriales. R17-7. Conductor. R17-8. Mil circular. R17-9. *National Electric Code*. R17-10. Charola. R17-11. Conductores. R17-12. Demora de tiempo.

## CAPITULO R18

R18-1. Fuente de poder, carga y conductores. R18-2. Controles. R18-3. De subida y de bajada. R18-4. En un transformador de subida, el secundario (salida) tiene mayor número de vueltas que el devanado primario. En un transformador de bajada, el primario (entrada) tiene mayor número de vueltas. R18-5. En ambos devanados los volts por los amperes son prácticamente iguales. Si se duplica el voltaje en el secundario, con respecto al primario, el amperaje será la mitad, sin tener en cuenta la eficiencia del transformador. Si el voltaje es la décima parte (240 a 24 V), la salida de amperes será 10 veces el amperaje que entra (sin tener en cuenta la eficiencia del transformador). R18-6. 2400 V. R18-7. Tipo primario, se pueden conectar en el voltaje aplicado sin dañarse, y tipo parasítico, deben tener una carga primaria conectada en serie para limitar el paso de corriente. R18-8. Anticipador de calor en termostato. R18-9. Magnético y térmico. R18-10. Interrupción total y cambio característico. R18-11. Bandas bimetalicas. R18-12. Bourdon. R18-13. El voltaje del dispositivo de control y el de la carga no son iguales, el control no puede conducir la demanda de corriente de la carga, y un solo dispositivo de control puede controlar a más de un circuito. R18-14. Falso. R18-15. Dos placas separadas por un aislador donde, cuando se aplica un voltaje positivo a una placa, se crea un voltaje negativo en la otra. R18-16. Manual; automático. R18-17. Arranque y marcha. R18-18. Arranque: alta capacitancia, electrolítico para trabajo de corta duración. Marcha: baja capacitancia, caja de metal llena de aceite para trabajo continuo. R18-19. Una fuerza o combinación de fuerzas, que produce o tiende a producir rotación. R18-20. Fase partida, arranque con capacitor, capacitor dividido permanente, arranque con capacitor y marcha con capacitor, y polos sombreados. R18-21. Falso. R18-22. Para evitar daños al motor causados por sobrecalentamiento.

## CAPITULO R19

R19-1. Circuito eléctrico. R19-2. a) Voltímetro. b) Megger. c) Amperímetro. d) Ohmmetro. e) Wattímetro. f) Ohmmetro. g) Ohmmetro. R19-3. Máximo. R19-4. Falso. R19-5. Mínimo. R19-6. Abierto. R19-7. 1 V para contactos de alto voltaje, 0.5 V para contactos de bajo voltaje. R19-8. Para revisar un circuito eléctrico con mediciones de bajo voltaje y corriente. R19-9. Thermocouple circuits on gas appliances. R19-10. 500 V.

## CAPITULO R20

R20-1. Normalmente abierto. R20-2. Normalmente cerrado. R20-3. a) 70°F o 21.1°C. b) Presión atmosférica psig. c) Está desconectada la corriente al circuito. R20-4. Normalmente abierto. R20-5. Normalmente cerrado. R20-6. Dos polos un tiro. R20-7. Dos polos un tiro. R20-8. Uno de cada uno. R20-9. Tres polos, un tiro; normalmente abierto. R20-10. Sí, conectando en paralelo dos contactos para duplicar la capacidad de cada juego de contactos. R20-11. Normalmente cerrado.

## CAPITULO R21

R21-1. Protones, electrones y neutrones. R21-2. Positiva. R21-3. Negativa. R21-4. El número de protones en el núcleo. R21-5. 29. R21-6. Capa. R21-7. 2. R21-8. Capa de valencia. R21-9. 8. R21-10. Externa. R21-11. Un electrón con suficiente energía adicional para sacarlo de la capa de valencia. R21-12. La capa externa contiene menos de 5 electrones. R21-13. Dos átomos de cobre combinados con uno de oxígeno producen una molécula de óxido de cobre con ocho electrones de valencia. R21-14. Tiene igual número de protones que de electrones. R21-15. Ion. R21-16. Ion positivo. R21-17. Ion negativo. R21-18. El proceso de combinar átomos de cargas opuestas. R21-19. La capacidad del electrón de valencia de moverse libremente de átomo a átomo. R21-20. Cuando se combinan tienen electrones libres que transporten energía de átomo a átomo. R21-21. They do not have free electrons to carry energy from atom to atom. R21-22. El espacio que queda en la capa de valencia cuando un electrón deja al átomo. R21-23. La cantidad de electrones transferidos aumenta cuando aumenta la temperatura; por lo tanto, mientras mayor sea la temperatura menor es la resistencia al paso de la corriente. R21-24. Corriente negativa de electrones libres y corriente positiva de agujeros. R21-25. Flujo de electrones libres. R21-26. Dopado. R21-27. Pentavalente. R21-28. Trivalente. R21-29. N. R21-30. P. R21-31. Un semiconductor dopado, de modo que la corriente pasa en una dirección, pero no en la dirección contraria. R21-32. Rectificadores metálicos y diodos de semiconductor. R21-33. Óxido de cobre, selenio. R21-34. La región donde se unen los semiconductores P y N para establecer una condición de desbalanceo de electrones y agujeros entre semiconductores. R21-35. Media onda. R21-36. El voltaje aplicado en las terminales de un diodo, en la dirección no conductora, que destruye su capacidad de impedir el paso de corriente. R21-37. 4. R21-38. Cuando el voltaje deseado es el de la fuente de voltaje más o menos el 10%. R21-39. Para limitar la corriente cuando cargan los capacitores y proteger al diodo. R21-40. Bobina de reactor. R21-41. Sección L. R21-42. Sección Pi. R21-43. Circuito duplicador de voltaje. R21-44. El diodo en el primario del transformador de pulsos. R21-45. Seguir las instrucciones del fabricante.

## CAPITULO R22

R22-1. De vidrio y de carátula. R22-2. Termistor. R22-3. Arriba, abajo. R22-4. Temperatura de saturación. R22-5. Cabezal de pruebas, o de manómetros. R22-6. Falso. R22-7. Purgado. R22-8. 2. R22-9. Explosión e incendio. R22-10. Evacuación profunda y triple evacuación. R22-11. 1/25,400. R22-12. 500 o menos. R22-13. Falso. R22-14. Botella de carga. R22-15. Vapor.

## CAPITULO R23

R23-1. National Fire Protection Association. R23-2. Falso. R23-3. Reglamentos y reglas son lo que se debe hacer; normas son lineamientos recomendados. R23-4. Posibilidad de dar servicio. R23-5. Falso. R23-6. Costra dentro del tubo de cobre. R23-7. Sudoración. R23-8. Lona. R23-9. Tubo de pellizco. R23-10. Falso. R23-11. Falso; debe estar dentro de los límites de la carga de operación. R23-12. Evacuación total y pesar la carga que especifica la fábrica. R23-13. Sobrecarga. R23-14. Falso. R23-15. Falso.

## CAPITULO R24

R24-1. Presión. R24-2. Arriba. R24-3. Dispersión. R24-4. Abajo. R24-5. 2 a 3. R24-6. Aire, sistema de refrigerante. R24-7. Alto. R24-8. 65°F. R24-9. Cantidad de refrigerante, flujo de refrigerante.

## CAPITULO R25

R25-1. Control; punto de ebullición. R25-2. Baja. R25-3. Queda igual. R25-4. Disminuye.  
R25-5. Baja. R25-6. Falso. R25-7. Cerrar el suministro de aire estando trabajando la unidad y revisar si los  
circuitos del serpentín se escarchan. R25-8. Clogged air filters. R25-9. Shut off the air-supply with the unit  
running and check the coil circuits for frost-up. R25-10. de  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{2}$ . R25-11. Temperatura ambiente. R25-12.  
Demasiada carga de refrigerante; tubo de líquido obstruido.

## CAPITULO R26

R26-1. 10; 10. R26-2. 10; 5. R26-3. 3. R26-4. 1; 0.5. R26-5. Demora. R26-6. Portafusibles flojo.  
R26-7. Ayuda de calor montaje externo, elemento calefactor de termostato interno/línea principal, y desconexión interna  
de línea. R26-8. Capacitor de arranque y relevador de capacitor. R26-9. Alto, 264 V; bajo, 216 V. R26-10.  
Alto, 253 V; bajo, 198 V. R26-11. En las terminales del contactor. R26-12. Bajo voltaje aplicado. R26-13.  
Aumenta R26-14. Disminuye. R26-15. Falso. R26-16. Falso; tienen jabón. R26-17. De corriente y de  
potencial. R26-18. Simple, 0; el relevador depende sólo de la cantidad de amperes. R26-19. Falso; no son  
ajustables en campo. R26-20. 10; 10. R26-21. 0; 10.

R26-22.  $\mu F = \frac{\text{amperes} \times 2650}{\text{voltaje a través del capacitor}}$

R26-23. Cierto.

## CAPITULO R27

R27-1. Transmisión de calor, infiltración de aire, cargas de producto y calor suplementario. R27-2. Sensible,  
latente. R27-3. Alto. R27-4. 875 Btu/hr. R27-5. Relleno suelo, flexible, rígido, reflector y formado en el  
lugar. R27-6. La temperatura sólo se rebasa el 1% del tiempo durante el verano. R27-7. Infiltración de aire.  
R27-8. Calor específico. R27-9. Arriba. R27-10. Humedad del agua.

## CAPITULO R28

R28-1. Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). R28-2. Empleando evaporadores mayores para reducir la eliminación de humedad y  
mantener alta humedad relativa en la cabina. R28-3. 0 a 10°F. R28-4. Destructivas y preservativas.  
R28-5. Cualquier demora en la refrigeración permite continuar al proceso de maduración y reduce el tiempo permisible  
de almacenamiento. R28-6. El hielo en las cavidades extremas de los transportes con un sistema de circulación de  
aire entre el hielo y el producto. R28-7. Dispositivos fabricados de un material con alto calor específico, que se  
enfían y dan gran absorción de calor sin tener fijo un sistema de refrigeración. R28-8. La superficie del hielo. El  
hielo en escamas enfía más rápido que el hielo en cubos. R28-9. Porque los productos tienen distintas necesidades  
de humedad y temperatura. R28-10. Almacenamiento mezclado.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

**RESPUESTAS A PROBLEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

---

---

---

---

# Respuestas a problemas de aire acondicionado

---

## CAPITULO A1

A1-1. Fuego, vestidos, cavernas. A1-2. John Garrie. A1-3. Willis Carrier. A1-4. Freón. A1-5. 1935. A1-6. Air-Conditioning and Refrigeration Institute. A1-7. Fabricantes de equipos de acondicionamiento de aire y refrigeración. A1-8. Air-Conditioning Contractors Association. A1-9. Contratistas en el área de calefacción, aire acondicionado y control ambiental de la industria de refrigeración y aire acondicionado. A1-10. El personal capacitado disponible. A1-11. 11.

## CAPITULO A2

A2-1. Temperatura, humedad, circulación de aire, limpieza y ventilación. A2-2. 98.6°F. A2-3. Humedad. A2-4. Las combinaciones de temperatura y humedad a las cuales la mayoría de la gente se siente confortable. A2-5. 68 a 70°F. A2-6. 78 a 80°F y 50% de humedad relativa. A2-7. Pies por minuto. A2-8. 50 pies/min. A2-9. Bulbo seco. A2-10. Bulbo húmedo. A2-11. Psicrómetro de honda. A2-12. Disminución de temperatura de bulbo húmedo. A2-13. Zona de confort. A2-14. 36. A2-15. Polvo, polen, humos y sustancias químicas. A2-16. 10; 20. A2-17. 95.

## CAPITULO A3

A3-1. La ciencia de la compresión de las propiedades del aire. A3-2. 77% de nitrógeno, 23% de oxígeno, en peso, con huellas de otros gases raros. A3-3. Granos, libras. A3-4. Termómetro ordinario. A3-5. Rapidez de evaporación. A3-6. Psicrómetro. A3-7. Disminución de temperatura de bulbo húmedo. A3-8. La temperatura a la cual el vapor de agua se condensa. A3-9. El peso real del vapor de agua medido en libras o granos por libra de aire seco. A3-10. 7000. A3-11. El porcentaje real de vapor de agua en el aire, comparado con la cantidad total que podría tener determinada temperatura. A3-12. 100. A3-13. Calor sensible, calor latente. A3-14. El número de pies cúbicos ocupados por 1 libra de la mezcla de aire y vapor de agua. A3-15. El contenido total de calor del aire y del vapor de agua. A3-16. En Btu por libra de aire. A3-17. Temperatura sensible. A3-18. Relación de humedad expresada en libras de humedad por libra de aire seco. A3-19. Saturado. A3-20. Línea de saturación. A3-21. Temperaturas de bulbo húmedo. A3-22. Humedad relativa. A3-23. Sensible. A3-24. Latente.

## CAPITULO A4

A4-1. Diferencia de presiones o variaciones de temperatura. A4-2. Turbulencia, cambios de forma o dirección, y dispositivos de control de aire. A4-3. Presión estática ( $P_s$ ) y presión de velocidad ( $P_v$ ). A4-4. Manómetro. A4-5. Anemómetro. A4-6. Tubo Pitot. A4-7. Gráfica de fricción de aire. A4-8. Longitud equivalente de tubo recto. A4-9. Ducto principal; suministro, 1000 pies/min; retorno, 800 pies/min. Ramales: suministro, 600

pies/min; retorno, 600 pies/min.      **A4-10.** Aspas curvadas hacia adelante.      **A4-11.** Reducción de velocidad, igual fricción; recuperación estática.

## **CAPITULO A5**

**A5-1.** Carbón, petróleo, gas y electricidad.      **A5-2.** N° 1 y N° 2; aproximadamente 140,000 Btu/gal.  
**A5-3.** Metano.      **A5-4.** Licuado de petróleo; propano y butano.      **A5-5.** Más denso.      **A5-6.** 10 partes de aire por 1 parte de gas.      **A5-7.** Más de 24 pies<sup>3</sup> de aire por pie<sup>3</sup> de gas.      **A5-8.** Dióxido de carbono; agua.  
**A5-9.** Monóxido de carbono (CO).      **A5-10.** 34 lb.      **A5-11.** American Gas Association (AGA).  
**A5-12.** Underwriters' Laboratories (UL).      **A5-13.** De zoclo.      **A5-14.** Alto, bajo, horizontal y de contracorriente (flujo descendente).      **A5-15.** El alto tiene el soplador bajo el cambiador de calor, y el bajo tiene el soplador junto al cambiador de calor.      **A5-16.** 96,000 Btu/h; 80%.      **A5-17.** Materiales combustibles.      **A5-18.** Dar un trayecto seguro a los productos de combustión hacia la atmósfera exterior y producir y mantener un tiro en la unidad.  
**A5-19.** Reducir al mínimo el efecto de la variación de tiro sobre el funcionamiento del calefactor.      **A5-20.** Todo el aire dentro de la construcción; todo el aire del exterior; todo el aire del desván ventilado; aire en entresijos al desván.  
**A5-21.** No; es una práctica muy peligrosa.      **A5-22.** Seccional y tambor y radiador.      **A5-23.** Primaria.  
**A5-24.** Secundaria.      **A5-25.** Refractario, hogar, cámara de combustión.      **A5-26.** Cañón de atomización a alta presión.      **A5-27.** Unidad o bomba de combustible, soplador de aire, motor eléctrico, transformador de ignición y tubo y conjunto del quemador.      **A5-28.** 5.      **A5-29.** Interruptores de límite alto y eslabones fusibles.      **A5-30.** Secuenciador.      **A5-31.** Espaciar el golpe de corriente y reducir al mínimo su efecto sobre el sistema de suministro de corriente.      **A5-32.** Vapor, agua caliente y agua helada.      **A5-33.** 30; 250.      **A5-34.** Circuito en serie; de un tubo; de dos tubos, y de tableros de agua caliente.      **A5-35.** Un calentador en el que dentro de los tubos hay agua, y los productos de combustión pasan por fuera de los tubos.      **A5-36.** Tipo placa; tipo de atomización; tipo de elemento mojado.      **A5-37.** Humidóstato.

## **CAPITULO A6**

**A6-1.** Desechable.      **A6-2.** 75.      **A6-3.** Falso; puede causar muchos problemas de servicio.      **A6-4.** Tipo ionizante y tipo medio con carga.      **A6-5.** 12,000 V cd.      **A6-6.** Capacidad de pies<sup>3</sup>/min.      **A6-7.** Una unidad de medición. 1/25,400 de pulgada.      **A6-8.** 50.      **A6-9.** Cierto, excepto en caso de la válvula de lavado automático.  
**A6-10.** Sumergiéndola en una tina o una tarja con limpiador detergente.

## **CAPITULO A7**

**A7-1.** Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM).      **A7-2.** 80°F bulbo seco y 67°F bulbo húmedo en el aire del recinto y 95°F de bulbo seco en el aire exterior.      **A7-3.** 75% (0.75).      **A7-4.** 115.  
**A7-5.** Funcionamiento con clima promedio.      **A7-6.** Funcionamiento a baja temperatura ambiente.  
**A7-7.** Controlando la velocidad del ventilador del condensador.      **A7-8.** En paralelo.      **A7-9.** Anticongelante y agua.      **A7-10.** Tipo "A", plano, inclinado y horizontal.      **A7-11.** Flujo de aire horizontal y vertical.  
**A7-12.** Conexión rápida, compresión y de campana.      **A7-13.** Elevación vertical.      **A7-14.** 25.      **A7-15.** Unidad de manejo de aire.      **A7-16.** Descarga de cilindro y derivación de gas caliente.      **A7-17.** Para asegurar un regreso adecuado de aceite, en pequeñas cantidades, para proteger al compresor.      **A7-18.** Cierre de aire.

## **CAPITULO A8**

**A8-1.** Sistemas incrementales.      **A8-2.** Una zona y multizonas.      **A8-3.** Economizador.      **A8-4.** Electrónico.  
**A8-5.** Toda corriente eléctrica a una sola conexión de la unidad.      **A8-6.** Aire de suministro y de retorno por un difusor de combinación.      **A8-7.** 3.

## **CAPITULO A9**

**A9-1.** Sistemas aplicados, equipo aplicado, maquinaria aplicada y sistemas armados.      **A9-2.** Campo.      **A9-3.** Aire; líquido; refrigerante      **A9-4.** Enfriador de agua, calentador, unidad de manejo de aire, torre de enfriamiento de agua y



sistema de control. A9-5. 40; 45. A9-6. 180; 200. A9-7. Para controlar temperatura de aire regulando la cantidad de éste que pasa por el serpentín y la zona de derivación. A9-8. Alternativo. A9-9. El número de veces que el agua pasa a lo largo de la envolvente desde que entra hasta que sale. A9-10. El factor de ensuciamiento es un margen de seguridad supuesto que anticipa la formación de costra en los tubos de agua. A9-11. 4. A9-12. Cuproníquel. A9-13. Transmisión directa; engranes. A9-14. Dos, tres y cuatro tubos. A9-15. Aspersión de agua, tablero de vapor y parrilla de vapor. A9-16. Velocidad baja, media y alta. A9-17. Multizonas. A9-18. Flexibilidad máxima.

## **CAPITULO A10**

A10-1. Fuente de poder, carga o cargas, y controladores. A10-2. Termostato, humidóstato o presóstato. A10-3. Relevador, contactor, válvula o compuerta. A10-4. Transformador de 24 V de salida. A10-5. Dos bobinas no conectadas de alambre aislado devanado alrededor de un núcleo de hierro. A10-6. Tipo de bajada. A10-7. La relación de vueltas de alambre en cada devanado. A10-8. Falso. A10-9. Voltamperes (VA); multiplicando el voltaje de salida por la capacidad nominal en amperes. A10-10. Dos metales de distintos coeficientes de expansión soldados entre sí, que por tener expansiones distintas hace que el elemento cambie de forma cuando cambia la temperatura. A10-11. La menor abertura entre contactos que se puede tener con bajos voltajes permite un control más estrecho de temperatura. A10-12. Resistores. A10-13. En serie con. A10-14. En paralelo con. A10-15. Ajustable. A10-16. La corriente total de operación que pasa por el contacto de calentamiento. A10-17. Bulbo remoto, varilla y tubo, y termistor. A10-18. Resistencia. A10-19. Automático, manual. A10-20. Hélice, horquillas múltiples, banda, en U, en espiral y disco de acción instantánea. A10-21. De fuelle, de diafragma y de Bourdon. A10-22. De interrupción total (encendido-apagado) o de modulación. A10-23. El que controla otro circuito eléctrico; un relevador o contactor. A10-24. Relevador, tiene una capacidad de contactos menor que 20A; contactor: tiene una capacidad de contactos de 20 A o más; arrancador de motor: relevador o contactor con protección de sobrecarga incluida. A10-25. Control manual para ignición y funcionamiento normal; suministro piloto, ajuste y corte de seguridad; regulación de presión de la entrada del quemador de gas; operación encendido-apagado controlada por un instrumento externo, como por ejemplo un termostato de recinto. A10-26. Regulación de presión del gas que entra al quemador. A10-27. Cierto. A10-28. Control primario, o *protecto relay*. A10-29. Un elemento bimetalico; temperatura de gases de combustión. A10-30. Una celda de cadmio; la luz que produce la combustión del petróleo. A10-31. Se alcanza el suministro completo de aire antes de entrar el petróleo para la combustión.

## **CAPITULO A11**

A11-1. 120/240; 1; 60. A11-2. 100; 200 (200 A en una casa toda eléctrica). A11-3. 3. A11-4. Leyendas, símbolos. A11-5. B (*black*, negro) y W (*white*, blanco). A11-6. Vivo, negro; neutro, blanco; tierra, verde; neutro gris o alambre desnudo. A11-7. Gráficos y esquemáticos. A11-8. Gruesas, delgadas. A11-9. Continuas, de puntos. A11-10. Para detener el proceso de calentamiento si la temperatura del aire sube mucho. A11-11. Enciende y apaga el ventilador, en respuesta a la temperatura del aire. A11-12. Falso; el ventilador está en un circuito separado al del termostato.

## **CAPITULO A12**

A12-1. Corriente monofásica y trifásica. A12-2. El fabricante del equipo. A12-3. Ingeniero consultor o coordinador del sistema de control. A12-4. Eléctrico, electrónico y neumático. A12-5. Falso; los compresores siempre necesitan corriente para calentar el cárter y protegerlo. A12-6. Se puede emplear encendido y apagado de los motores de los ventiladores para control de baja temperatura ambiente. A12-7. 6.52 A. A12-8. Fuente de aire seco y limpio; tubos troncales de aire; controladores, tubo de ramal; operadores o accionadores. A12-9. 20; 35. A12-10. Regula el flujo de aire que pasa por una salida controlada de sangre.

## **CAPITULO A13**

A13-1. La presión del múltiple con manómetro de vidrio; para tomar el tiempo al medidor, con un cronómetro. A13-2. Medidor de tiro, termómetro para chimenea, indicador de CO<sub>2</sub>, regla de cálculo para eficiencia de combustión, y dos termómetros para temperatura del aire. A13-3. Seguir fielmente las instrucciones del fabricante del instrumento.

A13-4. Termopar del piloto. A13-5. Medir el diámetro del orificio del quemador principal. A13-6. El lado de presión se usa para medir el ajuste de la presión de atomización, y el lado de vacío se usa para medir la elevación del petróleo a la bomba. A13-7. 9 a 12; 600; -0.4. A13-8. -0.6; -0.8. A13-9. Nº 2. A13-10. Espejo de flama. A13-11. Luz. A13-12. Poder sacar la boquilla sin perjudicar a los electrodos.

## CAPITULO A14

A14-1. Consumo correcto. A14-2. Poder calorífico en Btu por pie cúbico; gravedad específica. A14-3. 945; 1121. A14-4. 2522. A14-5. 3261. A14-6. Se debe obtener en la compañía que suministre el gas del orificio. A14-7.  $3\frac{1}{2}$ ; 3; 4. A14-8. Se debe cambiar el diámetro del orificio. A14-9. Denver está a 5280 pies sobre el nivel del mar; 5 por 4% = 20%.

$$\text{A14-10. Pies cúbicos por hora} = \frac{\text{Btu por hora}}{\text{Btu por pie cúbico}}$$

A14-11. 119.05 pies<sup>3</sup>/h.

$$\text{A14-12. Pies cúbicos por hora} = \frac{150,000 \text{ Btu/h, consumo}}{970 \text{ Btu/pie}^3 \text{ de gas}} = 154.64 \text{ pies}^3$$

$$\text{Segundos por pie cúbico} = \frac{60 \times 60}{154.64} = 23.3 \text{ segundos por revolución}$$

A14-13. 11. A14-14. Se usa un regulador para bajar la presión desde la del tanque hasta la de la unidad. A14-15. El tubo principal de suministro puede conducir más pies<sup>3</sup>/h de gas, o puede ser un tubo de menor diámetro. A14-16. Butano, 140°F, propano 30°F. A14-17. Aire primario. A14-18. Aire secundario. A14-19. 40. A14-20. 50%. A14-21. Suave, azul claro. A14-22. 80. A14-23. 125; 130; 95; 100. A14-24. La diferencia entre el calor que se puede obtener en el proceso de combustión y el calor real que se obtiene en la unidad. A14-25. La mayor cantidad de aire consume el calor con mayor rapidez y aumenta la eficiencia de operación; también puede causar corrientes en la zona acondicionada, y puede hacer que el agua de los productos de combustión se condense sobre el cambiador y acorte su vida. A14-26. El punto en el que la presión positiva originada por la expansión de los productos calientes de combustión, y la presión negativa producida por el tiro de la unidad se igualan. A14-27. En la punta de las flamas del quemador. A14-28. 75; 80. A14-29. En caso de flujo residual de petróleo en la boquilla después de haber apagado el quemador, se quedará en el refractario hasta que se pueda quemar. A14-30. Cono lleno, cono hueco y cono lleno especial. A14-31. Falso. A14-32. 5. A14-33. Árboles de coque. A14-34. Carbón no quemado por combustión incompleta del petróleo. A14-35. 100. A14-36. Una y dos etapas. A14-37. Una bomba de dos etapas, porque el combustible debe elevarse y también alcanzarse la presión de atomización. A14-38. El pistón regulador de presión de la bomba del combustible no asienta bien. A14-39. 5 minutos. A14-40. Cuando el tanque de suministro de combustible está más alto que el quemador; el petróleo llega al quemador por gravedad. A14-41. Cuando el tanque de combustible está más bajo o lejos del quemador. A14-42. 0.20 pulg de CA duplican la resistencia de diseño. A14-43. Demasiados depósitos de carbón en el cambiador de calor. A14-44. Controles de secuencia. A14-45. Corte por interruptor de límite alto y eslabón fusible. A14-46. Gravedad; circulación forzada; circulación forzada. A14-47. Circuito en serie, de un tubo, de dos tubos, y de tableros de agua caliente.

## CAPITULO A15

A15-1. La estación en la que el interruptor podría estar en "apagado" o "enfriar." A15-2. Si hay voltaje en las terminales de la válvula. A15-3. Conectar un puente entre la terminal de corriente y la de calefacción; la unidad debe trabajar. A15-4. Revisar la continuidad de la bobina. A15-5. El ajuste del anticipador de calefacción. A15-6. Para evitar que el agua del tubo principal pase al tubo ramal, congelándose y cerrando el suministro de gas. A15-7. 20; 30. A15-8. Pierna de escurrimiento. A15-9. Incapacidad de cerrar por completo la válvula de gas. A15-10. Recibe demasiado aire primario. A15-11. Reducción de la eficiencia de funcionamiento de la unidad. A15-12. Demasiado aire primario. A15-13. 0; 10. A15-14. La unidad trabaja a baja capacidad. A15-15. Unidad trabaja a sobrecapacidad; filtros sucios. A15-16. 125; 130; 100; 105. A15-17. Abrir y cerrar frecuentemente la válvula de gas. A15-18. Con una vela cuya flama se debería desviar hacia el divisor.

A15-19. Aerosoles para cabello y blanqueador para lavado. A15-20. Corregir el consumo; suavizar la flama y cambiar el tamaño de la bolsa del quemador. A15-21. Un embrague impulsado por un elemento bimetálico tipo V. A15-22. Una celda de cadmio sensible a la luz. A15-23. Revisar si hay petróleo líquido en el fondo del refractario. A15-24. Poner un puente a las terminales T-T del *protecto relay*. A15-25. Acumulación de carbón en los electrodos. A15-26. Falso; si se doblan los conductores se romperán los aisladores. A15-27. El tanque de combustible está vacío. A15-28. 90; 100. A15-29. -0.02 pulgadas CA. A15-30. Falso. Es mejor desecharlo y reemplazarlo por uno nuevo. A15-31. Mal corte de petróleo de la unidad de combustible. A15-32. Falso. A15-33. El cambiador de calor para ver si tiene roturas u otras aberturas. A15-34. Falta de tiro cuando la unidad está parada.

## CAPITULO A16

A16-1. Se debe establecer la carga correcta de Btu/h para medir la eficiencia del sistema. A16-2. Carga de refrigerante. A16-3. Psicrómetro de honda. A16-4. Ampliar la escala para tener mayores dimensiones y más exactitud de las dimensiones. A16-5. Anemómetro, cronómetro.

## CAPITULO A17

A17-1. Las condiciones de confort deseadas con el menor costo de operación. A17-2. Caída de temperatura del aire al pasar por el serpentín. A17-3. Voltaje de línea. A17-4. Para asegurar que el paso de corriente está entre la de rotor bloqueado y la de plena carga. A17-5. 20. A17-6. Falso. A17-7. Falso. A17-8. Cierto. A17-9. Calor latente. A17-10. Para medir la pérdida o ganancia de calor en el sistema de distribución de aire. A17-11. 25%. A17-12. La presión de succión y la temperatura del gas que sale. A17-13. Hacia abajo. A17-14. Ninguno de los dos casos; permanecerá constante. A17-15. La diferencia entre las temperaturas del aire que entra al condensador y la de condensación del refrigerante. A17-16. Falso. A17-17. El calor que recoge en el serpentín más el que se produce por la energía eléctrica que consume la unidad. A17-18. Btu/h en motor  $\frac{= \text{volts} \times \text{amperes} \times F_p \times 3.413 \text{ Btu/W}}$ . A17-19. Capacidad neta.

## CAPITULO A18

A18-1. Manómetro de alta presión; manómetro de baja presión; psicrómetro de honda; siete termómetros; multímetro de gancho. A18-2. Temperatura del aire de suministro; temperatura y humedad del aire de retorno; temperatura del tubo de líquido; temperatura del tubo de succión; temperatura del aire que entra al condensador, temperatura promedio del aire que sale del condensador. A18-3. La parte del aire del sistema. A18-4. Cantidad y flujo del refrigerante. A18-5. La eficiencia energética nominal de la unidad; el número de Btu/hr que saca la unidad por cada watt de electricidad consumida. A18-6. Capacidad neta de la unidad en Btu/hr; consumo de potencia en watts de la unidad de condensación. A18-7. 11. A18-8. Será igual con un serpentín de válvula termostática de expansión, y aumentará con un serpentín de presiones. A18-9. Bajará la capacidad. Reduce la diferencia de presiones, con lo cual se reduce el flujo de refrigerante. A18-10. 65°F en sistema de tubo capilar y 35°F en sistema de válvula termostática de expansión. A18-11. 65°F. A18-12. Medir la cantidad de subenfriamiento. A18-13. Una sobrecarga. A18-14. Una onza. A18-15. Presión de succión; sobrecalentamiento del serpentín de expansión seca; presión de descarga; subenfriamiento del líquido; corriente que pasa por la unidad de condensación.



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACIÓN**

### **TEMA**

#### **RESPUESTAS A PROBLEMAS DE BOMBAS TÉRMICAS**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO DE 2005**

**PALACIO DE MINERÍA**

---

---

---

# Respuestas a problemas de bombas térmicas

---

## CAPITULO B1

B1-1. Lord Kelvin; 1852. B1-2. Una unidad de aire acondicionado sólo transmite calor en una dirección; una bomba térmica puede invertir la dirección de transmisión de calor. B1-3. Invertir el ciclo del sistema de refrigeración. B1-4. Interior; exterior. B1-5. Interior. B1-6. Interior. B1-7. Válvula reversible. B1-8. Acumulador. B1-9. Coaxial. B1-10. Para evitar congelación del serpentín de agua. B1-11. Cuproníquel, a causa de las diversas clases de aguas subterráneas. B1-12. El serpentín se dimensiona como condensador en el modo de calefacción, porque es el que necesita más superficie. B1-13. Se reduce la capacidad latente de la unidad, con lo cual se tiene mayor humedad en la zona acondicionada. B1-14. Válvula principal; válvula piloto. B1-15. Compresor. B1-16. 75; 100. B1-17. Falso; controla la purga de presión del extremo de la válvula. B1-18. Trombón. B1-19. Tipo disco y tipo bola. B1-20. El de bola. B1-21. Válvulas termostáticas de expansión y tubos capilares. B1-22. El elemento de accionamiento tiene una carga especial para trabajar cuando está en modo de enfriamiento, y sin embargo toma la temperatura del tubo de vapor en el modo de calefacción. B1-23. Inundación en el ciclo de enfriamiento; filtros sucios, problemas del soplador, etc.; inundación en el ciclo de calefacción; acumulación de hielo en el serpentín exterior; terminación del ciclo de desescarchado: se presenta inundación cada vez. B1-24. 55. B1-25. 350; 142. B1-26. Tubo de líquido; tubo de vapor. B1-27. Compresor; válvula reversible. B1-28. Compresor; válvula reversible. B1-29. Para reducir la pérdida de calor; para mantener alta la eficiencia del sistema.

## CAPITULO B2

B2-1. Del recinto y ambiente exterior. B2-2. Diferencia de temperaturas; presión y temperatura; tiempo y temperatura; presión-temperatura y tiempo. B2-3. Sistema totalmente apagado; sólo enfriamiento; sólo calefacción; calor de dos etapas; cambio automático; calor de emergencia; sólo circulación de aire por el recinto; indicación de problemas. B2-4. 2. B2-5. Para permitir una diferencia de temperaturas de 3°F entre calefacción y cambio de la válvula reversible, y una diferencia de 2°F entre cambio de válvula reversible y enfriamiento. B2-6. Período muerto. B2-7. Limita la cantidad de calor auxiliar que se puede proporcionar cuando no se necesita; limitar la corriente de arranque al equipo. B2-8. Invertir la válvula reversible; para el ventilador exterior; dar contacto de sujeción en derivación con el dispositivo de iniciación del desescarchamiento. B2-9. Temperatura del serpentín exterior y del aire que entra a ese serpentín. B2-10. 35; 45. B2-11. La resistencia al flujo de aire que pasa por el serpentín exterior. B2-12. La temperatura del refrigerante líquido en el tubo inferior del serpentín exterior (el condensador). B2-13. El tiempo de trabajo del compresor. B2-14. El tiempo de cierre de contactos del interruptor de presión. B2-15. Relevador de seguro. B2-16. El paso de corriente por el circuito es muy pequeño para mantener accionado el contacto más grande. B2-17. Cortar la corriente al circuito de seguro.

## CAPITULO B3

B3-1. Operación dual aire a aire; operación dual líquido a aire; operación sencilla aire a aire; operación sencilla líquido a aire; operación sencilla aire a líquido. B3-2. Paquete y dividida. B3-3. Banda eléctrica. B3-4. Menor costo de instalación. B3-5. Instalación más versátil; una unidad puede ser vertical, horizontal o de flujo descendente.

B3-6. Cierto. B3-7. Líquido a aire. B3-8. Para evitar el congelamiento del serpentín exterior. B3-9. Una para regular la diferencia de presiones en el modo de enfriamiento y otra para regular la presión de succión en el modo de calefacción. B3-10. Para que puedan trabajar con temperaturas de agua cercanas a la de congelación. B3-11. Calefacción de agua en el hogar.

## CAPITULO B4

B4-1. Presión de succión; presión de descarga; presión en el tubo de vapor. B4-2. Descarga. B4-3. La acumulación de costra en el serpentín de líquido a refrigerante que afecta a la eficiencia. B4-4. Midiendo la resistencia al flujo a través del serpentín de agua y comparándola con las especificaciones del fabricante. B4-5. Compuerta o bola.

## CAPITULO B5

B5-1. La cantidad correcta de aire por el serpentín interior. B5-2. 10. B5-3. Falso. B5-4. Cierto. B5-5. Una vez al mes. B5-6. Una vez al mes. B5-7. Caída de potencial a la construcción y/o el transformador de poder que se usa es muy pequeño. B5-8. No. Ambos responden igual a las condiciones del aire. B5-9. 2. B5-10. A la salida del serpentín exterior. B5-11. La pérdida de calor en el modo de calefacción reduce mucho la capacidad del sistema. B5-12. En los boletines del fabricante. B5-13. Falso. B5-14. Cierto. B5-15. El serpentín interior.

$$\text{B5-16. } \text{pies}^3/\text{min} = \frac{\text{volts} \times \text{amperes} \times 3.414 \text{ Btu/W}}{\Delta T^{\circ}\text{F a través del serpentín} \times 1.08}$$

B5-17. Capacidad bruta. B5-18. Capacidad neta (calor recogido por el aire o el líquido) más el calor del motor. B5-19. Capacidad bruta = 47,980.8 Btu/h; consumo del motor = 11,798.8 Btu/h; capacidad neta = 36,182 Btu/h.

$$\begin{aligned} \text{B5-20. } 6,497 \text{ Btu/h capacidad de calefacción} &= \frac{\text{cantidad de agua} \times 8.33 \times \Delta T^{\circ}\text{F} \times 60}{\text{tiempo}} \\ &= \frac{40 \times 8.33 \times (135^{\circ} - 70^{\circ}) \times 60}{200 \text{ minutos}} \\ &= \frac{40 \times 8.33 \times 65 \times 6}{200} = 6,497 \text{ Btu/h} \end{aligned}$$

## CAPITULO B6

B6-1. Demasiados escapes del lado de alta al de baja por la válvula reversible. B6-2. El dispositivo de reducción de presión y la válvula de retención en paralelo. B6-3. Tubo de succión de la válvula reversible al compresor; tubo de descarga del compresor a la válvula reversible. B6-4. El sistema debe trabajar en ambos modos. B6-5. La válvula de retención en el serpentín exterior debe abrir y la del serpentín interior debe cerrar. B6-6. El modo de enfriamiento. B6-7. El modo de enfriamiento. B6-8. La válvula de retención en el serpentín interior está atorada y cerrada. B6-9. La válvula está atorada a media carrera. B6-10. Toda la carga del sistema. B6-11. 75 psig. B6-12. 250°F. B6-13. W1 en el termostato se conecta con W1 en el calentador eléctrico en lugar de a la terminal y al compresor. B6-14. Control de temperatura ambiente exterior. B6-15. Punto inicial de equilibrio. B6-16. Demasiado recalentamiento en el ciclo de deshielo, que hace que el termostato de recinto se dé por satisfecho antes de terminar ese ciclo. B6-17. 55°F. B6-18. El termostato de terminación está flojo y no enfría en forma correcta. B6-19. El serpentín necesita limpieza. B6-20. La capacidad sensible de la unidad en el modo de enfriamiento.

# Indice

## A

- Abatimiento del bulbo húmedo, 370
- Absorbedores, 178
- Absorción, calor de, 178
- Acarreo de gotas, 141
- ACCA. *Véase también* Air Conditioning Contractors of America
- Accesorios:
- acumulador de succión, 170
  - calentadores de cárter, 170-71
  - colador-secador, 169
  - conexiones de seguridad, 174
  - intercambiadores de calor, 168-69
  - lista de, 40, 167
  - mirillas, 171
  - refrigeración por absorción y, 179-85
  - reguladores de presión del evaporador, 173-75
  - separadores de aceite, 122, 167-68
  - silenciadores, 65-66, 168
  - válvulas de alivio, 174
  - válvulas de regulación de agua, 171-72
  - válvulas de retención, 66, 73, 172-73
  - válvulas solenoide, 172
- Acción de la luz, 189
- Acción de tope, 220-21
- Acción instantánea, 220-21
- Acción mecánica, 190
- Acción nuclear, 189-90
- Acción química, 187-88
- Aceite combustible, 405-406
- falta de, 631
- Aceite:
- almacenamiento del, 429-30, 591-92
  - calefactores de recinto, 409-10
  - carga, 283-84
  - circulación y evaporadores, 105
  - combustible, 405-406
  - controles, 426, 520-24
  - densidad del, 23
  - en la tubería, 153-54
  - equipo de medición y prueba, 557-59
  - gravidad específica del, 24
  - interruptor de seguridad, 223-24
  - motores eléctricos y, 321
  - refrigerantes y, 74, 82, 120-23
  - separadores, 122, 167-68
  - válvulas, 524
- Acercamiento, 141
- Acero:
- densidad del, 24
  - gravidad específica del, 24
  - tubería de, 42
- Acondicionadores autocontenidos para almacenes, 359-60
- Acoplamientos, mecánicos, 45-49
- ACR, tubo, 42-43
- Actuador de tubo Bourdon, 511
- Actuadores bimetalicos, 510
- Actuadores de fuelle o diafragma, 510-11
- Actuadores, 549
- bimetalicos, 510
  - fuelle o diafragma, 510-11
- Acumulador de succión, 170
- Acumuladores, 669, 675-76
- Adiabático, 93
- Aeroquip Corporation, 47
- AGA. *Véase* American Gas Association
- Agente descongelante, salmuera como, 103
- Agente, contratista, 5
- Agua a agua, bombas térmicas, 670
- Agua:
- altura del, 22
  - calor específico del, 13
  - como agente descongelante, 103
  - como refrigerante, 76-77
  - corrientes de convección y, 18
  - densidad del, 23, 24
  - gravidad específica del, 23-24
  - punto de ebullición del, 29-30, 77
  - subenfriamiento del, 31
  - válvulas de regulación, 171-72
- Agujeros, 252
- AHAM. *Véase* Association of Home Appliance Manufacturers
- Air Conditioning and Refrigeration Institute (ARI), 275-76, 363, 448
- historia del, 367-68
  - Informe de mano de obra, 5, 365
  - Standard 210*, 218, 467
  - Standard 270*, 282, 458
  - Standard 610*, 642, 437
- Air Conditioning Contractors of America (ACCA), 308, 363, 389, 403, 624, 637, 712, 727
- Air Conditioning, Heating and Refrigeration News*, 374
- Air-Moving and Conditioning Association (AMCA), 399, 401
- Aire a aire, bomba térmica de operación dual, 697, 705-15
- prueba al poner en marcha el ciclo de calefacción, 711-12, 715
  - prueba al poner en marcha el ciclo de enfriamiento, 707-12
  - prueba al poner en marcha la unidad, 706-707
  - prueba antes de poner en marcha la unidad, 706
- Aire a aire:
- bomba térmica, 669
  - bomba térmica de operación sencilla, 698-99, 718
- Aire a líquido, bomba térmica de operación sencilla, 699-700, 719-20
- Aire acondicionado:
- asociaciones de industriales para, 367-68
  - aspectos médicos y, 373-74
  - beneficios del, 369-75
  - de almacenes, autosuficiente, 359-60
  - definición de, 369
  - empleo por tipo de mercado, 365
  - enfriamiento con aire en comparación con el de agua, 360
  - equipo de estación central, 363
  - historia de, 357-63
  - mercado internacional del, 364-65
  - oportunidades de ocupación en, 366

- primeros desarrollos técnicos, 357-58  
rapidez de crecimiento de, 363, 364-65  
recinto, 358, 365  
sistema dividido, 361  
tuberías precargadas, 361  
ventana, 359  
*Véase también* Equipo de medición y prueba, aire acondicionado
- Aire de combustión en quemadores de gas, 422-23, 570-71, 618
- Aire primario, 416, 570
- Aire secundario, 416-17, 570
- Aire:
- calor específico, 14
  - circulación continua de, 574
  - como refrigerante, 78
  - en el sistema de refrigeración, 307
  - primario, 416, 569
  - secundario, 416-17
- Aislamiento de espuma en el lugar, 330-32
- Aislamiento de reflexión, 329
- Aislamiento de relleno suelto, 329-30
- Aislamiento flexible, 329
- Aislamiento relativo, 329
- Aislamiento rígido o semirígido, 329, 330
- Aislamiento:
- conductores y, 205-207
  - tipos de, 19
  - transmisión de calor y, 329-32
- Alambre, tamaños de, 526, 528
- compresor, 124
- numeración de los, 205-206
- Aleaciones para soldar con plata, 49, 53, 54
- Alergias, 374
- Aletas:
- en condensadores, 68
  - en evaporadores, 59
- Algas, cómo evitarlas, 145-46
- Alimentación forzada y presión, sistema de lubricación, 120
- Alimento,
- datos de almacenamiento para, 337, 342-43, 348, 351-52
  - procesamiento de, 348-49
  - transporte y distribución de, 349
- Alisamiento de la soldadura, 52
- Almacenamiento a temperatura media, 5
- Almacenamiento de baja temperatura, 5
- Almacenamiento de refrigerante, 267
- Almacenamiento refrigerado, 341-52
- de alimentos, 337, 342-43, 347, 351-52
  - de entrar, 341
  - de tomar con la mano, 341-42
  - empleo comercial, 341
  - materiales empleados en, 41-42
- Alta temperatura ambiente, 659
- Altura hidráulica para la bomba de la torre de enfriamiento, 141
- Aluminio:
- como conductor, 17, 191
  - densidad del, 24
  - gravedad específica del, 24
  - tubo de, 42
- Ambiente, temperatura de entrada de aire al condensador:
- alta, 659
  - baja, 658
- AMCA. *Véase* Air-Moving and Conditioning Association
- American Gas Association (AGA), 406, 407, 408, 409, 418-19, 421, 517, 577
- Reglamento Nacional de Gas Combustible, 618
  - tablas de presión en gases, 565-67, 569
- American National Standards Institute (ANSI), 78, 82, 577
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Equipment (ASHRAE), 78, 276, 368, 371
- Guide and Data Book*, 338, 378, 393, 398
- Handbook and Product Directory 1974 Applications*, 342
- Handbook of Fundamentals and Equipment*, 80, 489
- tabla de ventilación, 373
- American Society of Mechanical Engineers (ASME), 276
- American Society of Refrigeration Engineers (ASRE), 358
- Amoniaco:
- como refrigerante, 78, 82, 83
  - densidad del, 24
  - fugas, 81
  - gravedad específica del, 24
  - toxicidad del, 79
- Amortiguador de aislamiento, 278
- Amperaje a plena carga, 123
- Amperaje de placa, 123
- Amperímetros, 236-37
- tipo gancho, 557
- Anemómetro, 392-93, 641-42
- ANSI. *Véase* American National Standards Institute
- Anticipación al enfriamiento, 508
- Arboles de coque, 583
- ARI. *Véase* Air-Conditioning and Refrigeration Institute
- Armadura, 228
- Armazón, 228
- Arrancadores, 221
- Arranque, capacitores, problemas con, 293, 324-25
- Arranque, relevador de, problemas con, 293
- Arreglo de soplar, 448
- Arreglo de succionar, 448
- Arreglo del flotador, 72
- ASHRAE. *Véase* American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- ASME. *Véase* American Society of Mechanical Engineers
- Aspas o placas rotatorias, compresores, 65-66
- Association of Home Appliance Manufacturers (AHAM), 447
- Atmósfera, /Data definición de, 377
- Átomos, 186
- estables e inestables, 251
  - pentavalentes, 253
  - trivalentes, 253
- Automatización, control, 552
- Autotransformador, 125
- AWG (calibrador norteamericano de alambres), 205
- AWG, calibres norteamericanos de alambre, 205
- ## B
- Bacterias, 343
- Baja carga, 283
- refrigerante, 659
- Baja temperatura ambiente, 658
- Bajada, transformadores de, 203, 212, 529
- Balanco de compresores, 127-129
- Bandas, 284
- Barreras de vapor, 331
- Bibliografía de medios de capacitación, 368
- Bielas en compresores, 62
- Bifásica, corriente, 202
- Bobina de sombreado, 231
- Bobinas:
- en corto, 320
  - quemadas, 320
- Boca, llaves de, 35
- Boletín-O*, 585
- Bombas térmicas, 361
- acumuladores para, 669, 674-75
  - agua a agua, 670
  - agua a aire, 669-70
  - aire a aire y funcionamiento dual, 697
  - aire a aire y funcionamiento sencillo, 698-99
  - aire a aire, 669
  - aire a líquido y funcionamiento sencillo, 699-700
  - capacidad y, 715, 716, 717, 718-20
  - ciclo de las, 667-70
  - dispositivos reductores de presión en las, 674
  - historia de la, 667



intercambiadores de calor para, 671-72  
 líquido a aire y funcionamiento dual, 697-98  
 líquido a aire, funcionamiento sencillo, 699  
 principios básicos de las, 667  
 sistema de agua a aire, 669-70  
 sistema de aire a aire, 669  
 tubos de refrigerante en las, 675  
 válvula de retención en, 673-74  
 válvula inversora en las, 672-73  
*Véase también* Equipo de medición y pruebas, bombas térmicas  
 Bombas térmicas, controles para, 677-95  
 descongelamiento, 687-95  
 temperatura, 677-87  
 termostatos de recinto, 677-87  
 termostatos de temperatura ambiente exterior, 677-87  
 traba por alta presión, 695  
 Bombas, torres de enfriamiento y, 143-44  
 Botes de pesca, hieleras para, 349  
 Brocas de prueba, juego de, 557  
 Brocas, 39-40  
 Bromuro de litio, 176  
 Bruta, capacidad, 651-52  
 Butano:  
 como gas combustible, 406, 407, 561  
 (R-600) como refrigerante, 78, 79, 82  
 BX, 206

## C

Cabezal para manómetro, 363-64, 266  
 Cable blidado, 206  
 Cable de control, problemas con, 610-11  
 Cable eléctrico de calefacción radiante, 413  
 Cable, 206  
 Cableado:  
 diagramas, 532-34  
 inadecuado, 317  
 símbolos, 241-45, 528  
 torres de enfriamiento y, 144  
 CAC (circulación continua de aire), 573  
 Caída de presión:  
 en tuberías de gas caliente, 160-61  
 en tuberías de líquido, 162  
 Cajas de quemadores de gas, 418-19  
 Cálculo de carga para aire acondicionado en invierno y verano, 712  
 Calderas de pared, 409  
 Calderas de tubos de agua, 435-602  
 Calderas de tubos de fuego, 435-602  
 Calderas eléctricas, 602  
 Calderas, 434-35, 602  
 Calefacción con agua caliente, 433, 599-601

Calefactores convectivos de rodapié, 413  
 Calefactores de pared, 410  
 Calefactores de recinto, 409-14  
 Calefactores de tablero radiante en techo, 410  
 Calefactores unitarios de ventilador suspendido de aire forzado, 410-11  
 Calentador radiante de hueco, 410  
 Calentadores de aire forzado, 410  
 Calentadores de cárter, 170-71, 215  
 Calentadores de ducto, 597  
 Calentadores de focos infrarrojos, 410  
 Calentadores de gas para recinto, 409-10  
 Calentadores de listón, 215  
 Calentadores de radiación, 410  
 Calentadores de recinto tipo caja, 411-12  
 Calentadores eléctricos de recinto, 410-14  
 Calentadores instantáneos, 602  
 Calentadores:  
 de cárter, 170-71, 215  
 de cinta, 215  
 ducto, 597  
 recinto, 409-414  
 Calibradores, 39  
 Calibres norteamericanos de alambre (AWG), 205  
 Calor específico, 12-13  
 Calor latente:  
 de condensación, 15  
 de congelación, 337  
 de evaporación, 15, 139  
 de fusión, 15  
 de refrigerantes, 80  
 definición de, 378  
 Calor radiante, 19  
 Calor sensible, 14-15, 335-36, 337, 378, 386  
 Calor solar, 4  
 Calor total, 378-387  
 Calor:  
 acción, 188-89  
 adhesión, 45, 49-55  
 aislamiento, 19  
 anticipadores, 508-509, 611, 629  
 balance de, 45, 49-55  
 cambios de estado, 14-15  
 cantidad, 12  
 carga, torres de enfriamiento, 141  
 conducción de, 16-17  
 contenido de calor latente de los refrigerantes, 80  
 convección, 18  
 conversión de temperaturas, 11  
 de absorción, 178  
 de compresión, 16-17  
 definición del, 6  
 específico, 4  
 intensidad, 6  
 latente, 15, 139, 337, 378

leyes de la termodinámica, 10, 15  
 medición de temperaturas, 11  
 radiación, 18  
 radiante, 18  
 sensible, 15, 335-37, 378, 386  
 sobrecalentamiento, 32  
 solar, 4  
 total, 378, 387  
 transmisión de, 16-19  
 Cámara de combustión, refractario, 582-85  
 Camiones refrigerados, 349  
 Campana de tiro, 420  
 Campanas:  
 conexiones para, 46-47  
 espesor doble, 46  
 espesor sencillo, 45-46  
 Canadian Standards Association (CSA), 408  
 Capa de valencia, 251  
 Capacidad bruta, 652  
 Capacidad del sistema, 125  
 Capacidad, bombas térmicas y, 715, 716, 717, 718-20  
 Capacidad, bruta, 652  
 Capacidad, compresores y, 125-26  
 Capacitancia, 198  
 Capacitores de marcha, problemas con, 294, 325  
 Capacitores, 225-27  
 problemas con el arranque, 294, 324-25  
 problemas en la marcha, 294, 325  
 Capas electrónicas, 250-51  
 Característica de no sobrecarga, 399  
 Característica de sobrecarga, 399  
 Carbón, 405  
 Carga de aceite, 283-84  
 Carga de producto, 335  
 Carga del sistema, 270-74, 281-83  
 Carga negativa, 186  
 Carga positiva, 186  
 Carga suplementaria, 338  
 Cargas inductivas (magnéticas), 216-17  
 Cargas, refrigeración, 327-340  
 cálculo, 338-340  
 calor latente y, 332, 335  
 calor sensible y, 335-37  
 carga suplementaria y, 338  
 efecto solar y, 332  
 infiltración de aire y, 332  
 temperaturas de diseño para, 332  
 transmisión de calor y, 327-32  
 Cargas:  
 demasiadas, 658  
 distribución y mal funcionamiento, 300-301  
 evaporadores e incorrectas, 299-300  
 inductivas (magnéticas), 216-17  
 insuficientes o desbalanceadas, 657  
 térmicas, 214-16

- Carrier, Willis H., 358
- Carros de ferrocarril, refrigerados, 349
- CD de onda completa, 255
- CD pura, 202
- Celda de sulfuro de cadmio, 511, 513
- Celda fotovoltaica, 189
- Celdas de fotorresistencia, 511
- Chimenea y ventilación, quemadores de gas, 420-22 quemadores de petróleo, 426, 589-90
- Ciclo de economizador, 476, 748
- Cigüeñal tipo excéntrico, 62
- Cigüeñales en compresores, 62 sellos para, 64
- Cinéticos, compresores, 116
- Cinta de acero, 642
- Cinta de fricción, 40
- Cinta de hule, 40
- Cintas métricas, 39
- Circuito de calefacción, 528-32
- Circuito de control, 534
- Circuito de enfriamiento, 532-38, 540
- Circuito de potencia, 535
- Circuito rectificador de puente, 255
- Circuitos abiertos, 192
- Circuitos cerrados, 192
- Circuitos eléctricos, 190-92, 241-45 abiertos, 192 cerrados, 192 en paralelo, 195-97 en serie, 194-95, 197 partes básicas de los, 210-11
- Circuitos en paralelo, 195-97
- Cloro, 146
- Cloroformo: como refrigerante, 78 Toxicidad del, 79
- Cloruro de calcio, 176
- Cloruro de metilo: como refrigerante, 78, 82 toxicidad del, 79
- Cloruro de sodio, 176
- Cobre: como conductor, 16, 191 densidad, 24 gravedad específica del, 24 rectificador de óxido de, 254
- Coefficiente de funcionamiento (COP), 93-94, 670
- Colador-secador, 169-70
- Coigaderas para tubo, 280
- Combustión, 407
- Componentes del ciclo de compresión: compresores, 7, 61-67 condensadores, 7, 17, 67-70 controles de flujo de refrigerante, 71-74 evaporadores, 18, 57-61 recibidores, 71 tubos de refrigerante, 74
- Componentes del sistema, 6-8
- Componentes eléctricos, 210-33 cargas, 214-17 conexiones de componentes flojas o rotas, 317 controles, 217-27 fuentes de poder, 211-14 motores, 228-33
- Compresores accesibles, 65
- Compresores centrífugos, 67, 116
- Compresores con transmisión de banda, 116
- Compresores de desplazamiento positivo, 116
- Compresores herméticos atomillados, 119-20
- Compresores tipo abierto, 63-64
- Compresores, 7, 61-67, 115-32 accesibles, 65 aceite y, 120-23 alternativos, 62, 64, 116, 117-18 amperaje del motor, 123 arrancadores a voltaje reducido, 124-25 balanceo, 128-29 bielas en los, 62 capacidad de los, 125-28 centrífugos, 67, 116, 487-88 cigüeñales en los, 62 cinéticos, 116 con transmisión por bandas, 115 de aspas o álabes rotatorios, 65-66 de desplazamiento positivo, 116 de dos etapas, 130 de pistón rodante, 65 de tornillo, 488 descargadores, 130 diseños, 116-17 eficiencia, 125, 130 eficiencia, 125-28 empaquetaduras y, 64 helicoidales (de tornillo), 116-17 herméticos con posibilidad de servicio, 65 herméticos, 64-65, 115, 119-20, 487-88 historia de los, 115 impulsores de los, 67 ineficientes, 662 lubricación, 120-21 mantenimiento de, 130-31 objeto de los, 61-62 pernos en los, 62 pistones de los, 62 rotatorios, 65-67, 116 ruidos, 131 sellos del eje y, 64 semiherméticos, 65 sobrecarga del motor, 131 tamaños de alambre, 124 temperatura del motor, 123 tipo abierto, 63-64 turbocompresores, 116 válvula de descarga, 284 válvula en los, 62-64, 66 vibraciones y, 277-78 volantes y, 64
- Compuerta barométrica, 589
- Compuerta: barométrica, 589 motor, 516-17
- Condensación, 14, 15 calor latente de, 15
- Condensadores abiertos verticales enfriados por agua de envolvente y tubos, 133
- Condensadores de doble tubo enfriados por agua, 133
- Condensadores de doble tubo, 69
- Condensadores de un paso, 69
- Condensadores enfriados por agua, 67, 68-69, 138-39 de doble tubo, 133 eficiencia y, 145 envolvente y tubo, vertical abierto, 133 envolvente y serpentín, 68, 69, 135
- Condensadores remotos enfriados por aire, 68
- Condensadores, 7, 18, 57-61, 133-151 abiertos verticales de envolvente y tubos, 133 aletas en, 68 balance de calor y, 137 capacidades nominales de funcionamiento, 145-46 control de temperatura ambiente baja, 149-50 de doble tubo, 133 de dos pasos, 69 de envolvente y serpentín, 68, 69, 135 de envolvente y tubos, 68, 69, 485-86 de tubos concéntricos, 68, 69 de un paso, 68 enfriados por agua, 67, 68-69, 133, 135, 138-39, 145 enfriados por aire, 67-68, 133, 147-49 autocontenidos, 149 tiro forzado (activos), 136 tiro natural (pasivos), 136 unidad de condensación, exterior, 457-58 evaporativos, 67, 69-70, 133, 137-38 gráfica de contenido de calor y temperatura, 135 horizontales de tubos y envolvente, 133 limpieza de, 68, 145-46 mantenimiento de, 151 objeto de los, 67 obstruidos, 306 refrigeración por absorción y, 178

- remotos enfriados por aire, 68
  - torres de enfriamiento, 139-45
  - ventiladores en los, 67, 136, 306, 320-21
  - Conducción, 16-17
    - evaporadores y pérdidas en, 58-59
  - Conductores aislados, 205-206
  - Conductores cubiertos, 206
  - Conductores desnudos, 206
  - Conductores trenzados, 207
  - Conductores:
    - clasificación, 206
    - protección, 206
    - tamaños, 205
  - Conduit flexible, 207
  - Conduit metálico rígido, 206
  - Conduit, 206
  - Conexión acampanada, 460
  - Conexión de disco de ruptura, 174
  - Conexión eléctrica en un solo punto, 480
  - Conexiones de diafragma, 47-48
  - Conexiones de lona para ductos, 280-81
  - Conexiones tipo compresión, 47, 459-60
  - Conexiones:
    - acoplamientos mecánicos, 45-49
    - revisión de, 312
    - troqueladas, 50
  - Conexiones:
    - acampanadas, 46-47
    - de seguridad, 174
    - diafragma, 48-49
    - ducto, 398
    - soldadas, 50
    - tipo compresión, 47, 459-60
  - Confort total, sistemas de (TCS), 542, 543
  - Conjunto motor compresor, problemas con, 293
  - Consideraciones médicas, aire acondicionado y, 373-74
  - Construcción coaxial, 670
  - Consumo de calor del motor, 652
  - Contactores, 221, 294, 318-19, 515
  - Contenido de calor. *Véase* diagramas de presión-entalpía
  - Contratos de servicio, 5
  - Control de almacenamiento de refrigerante, 224
  - Control de capacidad:
    - compresores y, 129-30
    - derivación de aire caliente y, 464
  - Control de confort humano, 369-71
  - Control de confort humano, 369-71
  - Control de corte:
    - alta presión, 223, 513-14
    - térmico, 511-12
  - Control de disco bimetalico, 220-21
  - Control de secuencia eléctrica, 430-31, 596-98
  - Control limitador de ventilador, 512-14, 530
  - Controlador de inmersión, 514
  - Controladores de purga, 549, 550
  - Controladores, 549
  - Controles bimetalicos, 627
  - Controles de baja presión, 223
  - Controles de bajo voltaje, 505
  - Controles de descongelar para bombas térmicas, 687-96
    - control de dos temperaturas, 687
    - efecto del viento sobre, 689
    - empleo del temporizador en, 690
    - iniciados por presión, terminados por temperatura, 687-89
    - iniciados por presión y tiempo, terminados por temperatura, 690, 695
  - Controles de flotador, 110-11
  - Controles de flujo de refrigerante, 71-74
  - Controles de operación, 221-22
  - Controles de sobrecarga para calentadores eléctricos, 222
  - Controles de sobrecarga, calefacción eléctrica, 223
  - Controles electrónicos, 550-52
  - Controles primarios, 218-21
  - Controles residenciales. *Véase* Sistemas de control, residenciales
  - Controles, 504-525
    - ajustes incorrectos de control, 318
    - anticipación al calor y, 508
    - anticipación al enfriamiento y, 508-509
    - automatización, 552-53
    - bimetalicos, 627
    - capacitores, 225-27
    - contactos de, 317
    - de combustible o energía, 516-17
    - de funcionamiento, 221-22
    - de purga, 549, 550
    - de seguridad, 222-25
    - dispositivos sensores, 510-15
    - eléctricos, 245-47
    - electrónicos, 550-52
    - en quemadores de petróleo, 426, 520-25
    - fuerza de poder, 514, 17
    - humidostatos, 217-18, 219-20, 509-10
    - operadores, 515-16
    - para gas, 517, 518-20
    - primarios, 218-21
    - termostatos, 508
    - Véase también* Bombas térmicas, controles para
  - Convección forzada, evaporadores de, 57
  - Convección, 17-18
  - Conversiones de vacío, 744
  - Conversiones métricas, 741-46
  - Corcho:
    - densidad del, 23-24
    - gravedad específica del, 24
  - Corriente alterna, 197
    - forma de onda, 201-202
    - generación, 201-202
    - motores, 228, 229
  - Corriente de magnetización, 198-99
  - Corriente directa, 187, 197, 202-203
  - Corriente, 186
    - alterna, 197, 201-202
    - bifásica, 203
    - de magnetización, 198
    - directa, 187, 197, 202-203
    - monofásica, 202
    - paso de la, 252, 254-55
    - sensibilidad, 236
    - trifásica, 202
  - Corrientes de convección, 98-99
  - Cortadores de tubo, 44
  - Cortadores manuales, 44
  - Corte por alta presión, 223, 513-14
  - Corte térmico, control, 511-12
  - Cullen, William, 358
- ## D
- Delta de temperatura, 10
  - Densidad:
    - presión y, 23-24
    - volumen y, de refrigerantes, 80
  - Departamento de Transporte en E. U. A., 82
  - Depósitos de carbón, 634
  - Derivación de gases calientes, 130, 465
  - Descargador de cilindro, 465
  - Descargadores, 130
    - cilindro, 465
  - Descongelamiento con gas caliente, 103-104
  - Descongelamiento fuera de ciclo, 103
  - Descongelamiento, evaporadores y, 59, 103-104
  - Desechable, 442
  - Destornilladores para tuercas, 37-38
  - Destornilladores, 38
  - Detector de halógeno para fugas, 81
  - Detector electrónico de fugas, 81-82
  - Devanado de arranque, 230
  - Devanado parcial, 125
  - Diafragma o fuelle, actuadores de, 510-11
  - Diagrama de escalera, 540
  - Diagrama Mollier, 92, 93
  - Diagramas de conexiones en campo, 534
  - Diagramas presión-entalpía:
    - diagramas de ciclo, 92
    - efecto de refrigeración, 88-92
    - efectos sobre la capacidad, 94-97
    - eficiencia, 93-94
    - procesos de refrigeración, 92, 93
  - Diagramas. *Véase* Diagramas presión-entalpía
  - Diferencial de compresión, 298

Diferencial de operación, 508  
 Diferencial, 220  
 Dimensionamiento:  
   de sistemas de tubo capilar, 159  
   unidad inadecuada, 623, 637  
 Diodos semiconductores, 254, 257  
 Diodos:  
   estado sólido, 253  
   rectificador de diodo P-N, 255  
   semiconductor, 254, 257  
 Dispositivos de conmutación, 241  
 Dispositivos de control para refrigerantes,  
   106-14  
   tubos capilares, 72, 111-13  
   válvulas automáticas de expansión, 71,  
   106-107  
   válvulas de flotador, 110-11  
   válvulas termostáticas de expansión, 72,  
   544-49  
 Dispositivos de medición de flujo de aire,  
   390-93  
 Dispositivos medidores, 8. *Véase también*  
   Dispositivos de control para refri-  
   gerantes; Dispositivos de prueba  
 Dispositivos para prueba  
   amperímetros, 236-37  
   meggers, 239  
   miliamperímetros, 239  
   milivoltímetros, 239  
   óhmetros, 237-38  
   wattímetros, 238-39  
*Véase también* Equipo de medición y  
   prueba, acondicionamiento de  
   aire; equipo de medición y prue-  
   ba, calefacción; equipo de medi-  
   ción y prueba, bombas térmicas;  
   equipo de medición y prueba, re-  
   frigeración  
 Dispositivos reductores de presión:  
   en bombas térmicas, 674, 702-704  
   en refrigeración, 71-75  
 Dispositivos sensores, 510-15  
 Distribución de aspersion de toberas, 581  
 Distribución de electricidad, 203-204  
 Distribuidor, obstruido, 301-302  
 Doblado de tubo, 44-45  
 Dopado, 253  
 Dos etapas, compresores, 130  
 Dos etapas, termostatos, 509  
 Dos etapas, unidad de combustible, 586-88  
 Dos pasos, condensadores, 69  
 Dos temperaturas, reguladores de presión,  
   174  
 Dos tubos, sistema inverso, 434  
 Dos tubos, sistemas de, 434, 593  
 Drenado de condensado, 60  
 Du Pont de Nemours & Co., Inc., E. I., Di-  
   visión de Productos de Freón de,  
   78, 358-59

## E

Edison Electric Institute (EEI), 364-65  
 Eductores, 180  
 Efecto de la lata de aceite, 623  
 Efecto electrónico de presión, 189  
 Efecto piezoeléctrico, 189  
 Eficiencia volumétrica, 92  
 Eficiencia:  
   coeficiente de, 93-94  
   compresor, 125-28  
   condensador, 145-46  
 Electric Energy Association, 429  
 Electricidad dinámica, 186  
 Electricidad, 186-200  
   circuitos en paralelo, 195-97  
   circuitos en serie, 194-95, 197  
   circuitos y, 190-92  
   corriente alterna, 197  
   corriente directa, 197  
   dinámica, 186  
   estática, 186  
   factor de potencia, 198-99  
   fuentes de energía eléctrica, 187-90  
   inductancia-capacitancia-reactancia,  
   197-98  
   ley de Ohm, 192-93  
   teoría electrónica, 186-87  
 Electrodo, 187, 629-30  
 Electrones, 186, 249  
 Elevación de temperatura de aire, 573-75  
 Empaquetaduras y compresores, 64  
 Energía eléctrica, 10, 407-408  
 Energía mecánica, 10  
 Energía química, 10  
 Energía, 10, 187  
   nivel, 251  
 Enfriado por aire  
   condensadores autocontenidos, 150  
   condensadores de tiro forzado (activos),  
   136  
   condensadores de tiro natural (pasivos),  
   136  
   condensadores, 67-68, 133, 147-50  
   unidad de condensación, exterior, 457-  
   58  
   unidades, paquete, 448-52  
 Enfriador Baudelot, 62  
 Enfriamiento a alta temperatura, 5  
 Enfriamiento unitario paquete, 447-71  
   acondicionadores de aire para recinto,  
   447-48  
   enfriamiento comercial con sistema divi-  
   dido, 464-65, 466-71  
   enfriamiento con sistema dividido, 454,  
   456, 464-65, 466-71  
   sistema dividido para enfriamiento en  
   residencias, 455-62

unidad para cuarto de cómputo, 453-54  
 unidades de enfriamiento de sistema  
   central, 448-54  
 unidades de ventilador y serpentín, 463-  
   64  
 unidades paquete enfriadas por agua,  
   452-53  
 unidades paquete enfriadas por aire,  
   448-52  
 Enfriamiento, torres de, 139-45  
 Enlace covalente, 252  
 Enlace electrovalente, 251-52  
 Enlace metálico, 252  
 Enlaces, 251-52  
 Entalpía, 378-387  
*Véase también* diagramas presión-ental-  
   pía  
 Entropía, 93  
 Envolvente y serpentín, condensadores,  
   69, 70, 135  
 Envolvente y serpentín, evaporadores, 61  
 Envolvente y tubos, condensadores, 68,  
   70, 485-86  
 Envolvente y tubos, evaporadores, 61  
 Equipo de calefacción y enfriamiento.  
*Véase* Equipo de medición y prue-  
   bas, calefacción; Equipo unitario  
   de combinación, calefacción y en-  
   friamiento  
 Equipo de distribución de aire, 491-93  
 Equipo de enfriamiento de agua, 223, 363,  
   482, 484-89  
 Equipo de estación central, 364, 482  
 Equipo de manejo de aire, 363, 491-93  
 Equipo de medición y prueba, aire acondi-  
   cionado:  
   anemómetro, 641-42  
   campana de flujo, 642  
   cinta métrica de acero, 642  
   manómetros, 640-41  
   mediciones de presión, 640-41  
   mediciones de temperatura, 639-40  
   psicrómetro de honda, 639-40  
   termómetro de aguja, 639  
   termómetro de termopar, 639  
 Equipo de medición y prueba, bombas tér-  
   micas:  
   dispositivos reductores de presión, 674,  
   702-703  
   mediciones de temperatura, 702  
 Equipo de medición y prueba, calefacción:  
   aceite, 530-59  
   espejo de flama, 559  
   gas, 554-57  
   juego de brocas de medición, 557  
   llave de toberas, 559  
   manómetro, 554  
   medidor de presión, 558  
   medidor de tiro, 556, 559

- micrómetro, 557  
 milivoltímetro, 557  
 multímetro de gancho, 557  
 probador de humo, 559-60  
 probador primario de celda de sulfuro de cadmio, 559  
 termómetro de gas de combustión, 556  
 Equipo de medición y prueba, refrigeración:  
   bomba de vacío, 267-68  
   carga del sistema, 270-74  
   evacuación triple, 269-70  
   evacuación, 266-67  
   indicadores de alto vacío, 268-69  
   mediciones de presión, 233, 263-64, 265  
   mediciones de temperatura, 11, 261-63  
   método de evacuación al alto vacío, 269  
   prueba de fugas, 265-66, 281  
   purga, 266  
 Equipo de oxiacetileno para soldadura, 278-79  
 Equipo instalado en campo, 363  
 Equipo unitario de combinación para calefacción y enfriamiento, 472-81  
   unidades de techo, 475-77, 478-81  
   unidades terminales paquete, 472-75  
 Escobillones, 38  
 Escuelas, aire acondicionado en, 374  
 Espacios libres en quemadores de petróleo, 427, 591  
 Espejo para ver flamas, 559  
 Esquema, 534-35  
 Estado gaseoso de la materia, 9  
 Estado líquido de la materia, 9  
 Estado sólido de la materia, 9  
 Estática, electricidad, 186  
 Estática, recuperación, 402-403  
 Estator, 113, 220, 119, 228  
 Estera, 203  
 Estrado duro, tubo de cobre, 43  
 Estrella-delta, 125  
 Etano:  
   como gas combustible, 406-561  
   (R-170) como refrigerante, 79  
 Eter como refrigerante, 78  
 Evacuación, 266-67  
   método de, al alto vacío, 269  
   triple, 269-70  
 Evaluación de eficiencia:  
   de sistemas de gas, 575-79  
   de sistemas de petróleo, 593, 595  
 Evaporación superficial, 139  
 Evaporación, superficie de, 139  
 Evaporadores de doble tubo, 61  
 Evaporadores de expansión directa, 100-102  
 Evaporadores de expansión seca, 57-60  
 Evaporadores de placas, 57-58, 98  
 Evaporadores de tubos desnudos, 98  
 Evaporadores sin escarcha, 59-60  
 Evaporadores, 18, 57-61, 98-105  
   aletas para, 58  
   carga inadecuada de, 299-300  
   circulación de aceite y, 105  
   convección forzada, 57  
   comentes de convección, 98-99  
   de doble tubo, 61  
   de envolvente y serpentín, 61  
   de envolvente y tubos, 61  
   de tubo dentro de tubo, 61  
   descongelamiento y, 59, 103-104  
   dren del condensado, 60  
   efecto refrigerante, 99-100  
   enfriamiento líquido, 61  
   expansión directa, 100-102  
   expansión seca, 57-60  
   inundado, 60-61  
   libres de congelamiento, 59-60  
   pérdidas por conducción y, 58-59  
   refrigeración por absorción y, 178  
   serpentín de soplador, 57  
   sopladores, 466  
   tipo placas, 57-58, 98  
   tubo aletado, 98  
   tubo desnudo, 98  
   ventiladores para, 58-59  
 Evaporativos, condensadores, 67, 69-70, 133, 137-38  
 Expansión termostática, válvulas de, 68, 72, 107-10, 154-58, 303, 305  
 Explosión de apagado, 616  
 Explosividad de los refrigerantes, 79
- ## F
- Fabricantes de equipo, 5  
 Fábricas textiles, 4  
 Factor de ensuciamiento, 139, 485, 703  
 Factor de potencia, 198-99  
 Farad, 198  
 Fase partida, motores de, 230  
 Federal Housing Administration, 375  
 Fierro, colado:  
   densidad del, 24  
   gravedad específica del, 24  
 Filtración electrónica, 442-46  
 Filtración mecánica, 442  
 Filtración:  
   electrónica, 442-46  
   mecánica, 442  
 Filtros capacitivos, 256  
 Filtros de aire:  
   electrónicos, 257  
   problemas con, 619, 655, 722  
 Filtros de sección pi, 256-57  
   sección, 256  
 Filtros de sección, 256  
 Filtros lavables, 442  
 Filtros permanentes, 442  
 Filtros:  
   capacitativos, 256  
   en ductería, 398  
   sección pi, 256-57  
   sección, 256  
 Flama neutra, 55  
 Flotador de baja presión, 110  
 Flotador de lado bajo, 72-73  
 Flotador lado de alta, 263  
 Flujo de corriente hacia adelante, 254  
 Flujo de fluido, 389-90  
 Flujo inverso de corriente, 254  
 Flujo turbulento, 390  
 Flujo, campana de, 642  
 Freón-12, 358-59  
 Fricción igual, método de, 402  
 Frío, definición de, 6  
 Fuente de poder:  
   para componentes eléctricos, 211-12, 312  
   para controles, 504-506  
 Fuerza contraelectromotriz, 216  
 Fuerza dieléctrica, 122  
 Fuerza electromotriz, 191  
 Fuerza, definición de, 21  
 Fugas:  
   detector de fugas de compuestos halogenados, 81  
   detector electrónico de fugas, 81-82  
   prueba de, 267, 281  
   refrigerantes y, 81-82, 308  
*Fundamentals of Gas Combustion*, 407  
 Fundente, repartición del, 51  
 Fusibles de tiempo de demora, 208  
 Fusibles, 207-208, 314, 610, 626  
 Fusión, calor latente de, 15
- ## G
- Gas Appliance Manufacturers Association (GAMA), 364  
 Gas de preexpansión, 163  
 Gas de ventilación, 620  
 Gas mezclado, 406  
 Gas natural, 4, 406, 407, 561-65, 566, 568  
 Gas preparado, 406  
 Gas Vent Institute, 421  
 Gas:  
   como combustible, 406-407  
   controles, 517, 518-19  
   equipo de medición y pruebas, 554-57  
   expansión de, 28-29  
   licuado de petróleo, 406, 561, 566, 568, 612  
   natural, 4, 406, 407, 561-65, 566, 568

poder calorífico del, 406-407, 561  
presión del, 28  
presión en el cabezal y, 563-66  
tuberías, 561-62  
Gasolina:  
densidad de la, 24  
gravedad específica de la, 24  
Generación y distribución eléctrica, 201-209  
calibres de alambre, 206  
conductores, 206  
corriente alterna, 201-202  
corriente directa, 201-202  
distribución de electricidad, 203-204  
fusibles, 207-208  
protector térmico de sobrecarga, 208-209  
voltajes, 204-205  
Generadores, 178, 201  
Golpes de líquido, 155  
Gorrie, John, 358  
Gráfica P-e, 92  
Gráficas de fricción de aire, 393-97  
Gravedad específica, 23-24  
Gravedad y cubeta, quemadores, 579  
Gravedad y pasiva, ventilación, 619, 620  
Greenfield, 206  
*Guide and Data Book*, 338, 378, 396, 398

## H

Halocarburos refrigerantes, 79  
*Handbook and Product Directory 1974 Applications*, 342  
*Handbook of Fundamentals and Equipment*, 80, 489  
*Heat Pump Equipment Selection and Application*, 712, 727  
*Heating and Air Conditioning Systems Installation Standards*, 389  
Heladeras centrífugas, 487-88  
Heladeras de absorción líquida, 176  
Heladeras de absorción, 489  
Heladeras de agua con compresor centrífugo tipo abierto, 487-88  
Heladeras de agua de compresor centrífugo hermético, 487-88  
Heladeras de compresor de tornillo, 488  
Heladeras paquete, 484-87  
Helicoidales (de tornillo), compresores, 116-17  
Henry, 198  
Herméticos, compresores, 64-65, 115, 119-20, 282, 359  
Herramientas  
autoclés, 35

brocas, 40  
calibradores, 40  
cintas métricas, 39  
destornilladores, 38  
escobillones, 38  
limas, 39  
lista de, 34-35  
llaves Allen, 37  
llaves de cadena, 37  
llaves de caja, 36  
llaves de perico, 36  
llaves españolas, 36  
llaves para tuerca de campana, 36  
llaves Stillson, 37  
micrómetros, 39  
para acoplamientos, 49  
pinzas, 38  
reglas, 40  
tornillos de banco, 39  
Hidrocarburos refrigerantes, 79  
Hielo.  
como refrigerante, 3  
fabricación del, 349-51  
Hojas de revisión, servicio, 295  
Horizontales, condensadores de envolvente y tubos enfriados por agua, 133  
Humedad específica, 377  
Humedad.  
beneficios de la, 374  
específica, 377  
relación, 378  
relativa, 140-41, 370, 377  
Humedad:  
control de la, 169-70  
indicador de, 171  
Humidificación permisiva, 543  
Humidificación, 436-40  
comando, 543  
permisiva, 543  
Humidificadores de atomización, 438  
Humidificadores de derivación, 438  
Humidificadores de elementos mojados, 438  
Humidificadores de placas, 438  
Humidificadores tipo bandeja, 437-38  
Humidificadores, 492  
Humidostatos de nylon, 220  
Humidostatos, 218, 219-20, 509-10  
Humo, probador de, 559  
Hydronic Institute, 436, 604

## I

Ice Machine Builders Association of the United States, 367  
Ignición, electrónica, 257-58  
Impedancia, 198

Impulsor del soplador, 622, 636, 655, 722  
Impulsores, 67  
Indicadores de alto vacío, 268-69  
Inductancia-capacitancia-reactancia, 197-98  
Industria de procesamiento de datos, 4  
Industria petroquímica, 4  
Infiltración de aire, carga de refrigeración y, 332  
Inflamabilidad de los refrigerantes, 79  
Instalación de sistemas de refrigeración:  
carga de aceite, 283-84  
carga del sistema, 281-83  
colocación del equipo, 277-81  
normas y reglamentos para, 275-77  
puesta en funcionamiento inicial, 284-85  
Intercambiadores de calor de doble tubo, 169  
Intercambiadores de calor, 168-69  
refrigeración por absorción y, 178-79  
de doble tubo, 169  
en quemadores de gas, 415  
en bombas térmicas, 671-72  
en quemadores de petróleo, 424  
problemas con, en quemadores de gas, 608, 618, 621, 622  
problemas con, en quemadores de petróleo, 624, 634, 635-37  
de tubo triple, 169  
Internacional, mercado de aire acondicionado, 365  
Interruptor de desconexión, 312-14, 530, 610, 626  
Interruptor de fusible para desconexión, 280  
Interruptor de vela, 515  
Interruptor limitador, 530, 610, 611  
Interruptor normalmente abierto, 241-43  
Interruptor normalmente cerrado, 241-43  
Inundados, evaporadores, 60-61  
Inversora, válvula, en bombas térmicas, 672-74, 724-26  
Invierno, confort en, 405-41  
aceite combustible, 405-406  
calefactores de recinto y, 409-14  
carbón, 405  
energía eléctrica, 10, 407-408  
gas y aire forzado, sistema de quemador, 414-23  
gases, 406-407  
humidificación, 436-40  
petróleo y aire forzado, sistema de quemador, 423-29  
quemador con aire forzado, sistema, 429-31  
sistema hidrónico, 432-36  
unidades de manejo de aire, 432  
Iónico, enlace, 252

## J

Juego de herramientas, definición de, 34-35

## K

K, tubo de cobre, 43  
Kelvin, lord, 667

## L

L, tubo de cobre, 43  
Ladrillo común:  
  densidad del, 24  
  gravedad específica del, 24  
Lana de acero, 41, 51  
Latón:  
  densidad del, 24  
  gravedad específica del, 24  
Latonado:  
  consejos de seguridad para, 54  
  definición de, 49  
  equipo, 54-55, 278-79  
  etapas del, 50-52  
  limpieza después del, 54  
Lavables, filtros, 442  
Leonardo da Vinci, 357  
Ley de Boyle, 28  
Ley de Charles, 28-29  
Ley de Ohm, 192-93  
Ley general del gas perfecto, 29  
Libras por pie cúbico, 23  
Libras por pulgada cuadrada (psi), 21  
Libras por pulgada cúbica, 23  
Licuefacción, 14-15  
Lija, 41  
Limas, 39  
Límites de enfriamiento, 141  
Límites, 220  
Limpiador de aire tipo medio con carga, 444  
Limpiadores de aire, electrónicos, 364, 442-44  
Limpiadores electrónicos de aire, 364, 442-45  
Limpiadores electrostáticos, 442-44  
Línea de saturación, 378  
Líquido a aire, bomba térmica de funcionamiento dual, 697-98, 716-18  
Líquido a aire, bomba térmica de funcionamiento sencillo, 699, 718  
Líquido y vapor, válvulas para, 83  
Líquido, petróleo, gas (LP), 406, 561, 566, 568, 612  
Líquidos, temperatura del punto de ebullición y condensación de, 29-30

Llaves ajustables, 36-37  
Llaves Allen, 37  
Llaves de cadena, 37  
Llaves de caja, 36  
Llaves de matraca, 35  
Llaves españolas, 36  
Llaves para tubo, 37  
Llaves para tuercas de campana, 36  
Llaves, 35  
  Allen, 37  
  autoclé, 35  
  de cadena, 37  
  de caja, 36  
  de estrias, 35  
  de perico, 37  
  españolas, 36  
  para tuercas de campana, 36  
  Stillson, 38  
*Load Calculation for Winter and Summer Air Conditioning*, 712  
Localización de fallas de sistemas de refrigeración, 297-311  
  aire en el sistema, 307-308  
  baja temperatura ambiente, 308-309  
  condensadores, 306-307  
  distribución de carga, 300-301  
  distribuidores, 301-302  
  escasez de refrigerante, 303-305  
  evaporadores, 299-300  
  fugas, 308  
  problemas del sistema completo, 294-95  
  problemas eléctricos, 292-93, 312-26  
  ruido, 310  
  serpentines, 308  
  sobrecarga de refrigerante, 305  
  tubos de gas caliente, 308  
  tubos de líquido, 302-303  
  tubos de refrigerante subdimensionados, 303  
  ubicación de la unidad, 307  
  unidad subdimensionada, 309  
  válvulas termostáticas de expansión, 303  
  vibración, 309  
Localización de fallas, categorías de problema, 286-96  
  disipador de calor, 292  
  fuente de calor, 290-92  
Lubricación de compresores, 120-21  
Luminarias, 500-501

## M

M, tubo de cobre, 43  
Madera:  
  densidad de, 24  
  gravedad específica de, 24  
Magnetismo, 190

Mandar humidificación, 543  
Manómetro compuesto, 263  
Manómetro de alta presión, 263  
Manómetro inclinado, 390-91, 640-41  
Manómetro, 26, 554  
  inclinado, 390-91, 640-41  
Manómetros de tubo de Bourdon para presión, 26-27  
Manómetros, 26-27, 263-64, 267, 558, 703  
Manómetros:  
  de tiro, 555-56, 558-59, 593-94  
  de presión, 26-27, 263-64, 267, 558-59, 703  
*Manpower Survey Report*, 5, 365  
Mantenimiento de compresores, 130-32  
Máquina para preparar hielo en escamas, 350  
Maquinaria aplicada, 363  
Máquinas de hielo en botes de pesca, 349  
Materia  
  estados de la, 9  
  movimiento molecular, 10  
Medidor de balance, 393  
Medidores de tiro, 555-56, 558-59, 593-94  
Megger, 239  
Mercurio:  
  bulbo de, 221  
  densidad del, 24  
  gravedad específica del, 24  
  presión atmosférica y, 24-26  
  pulgadas de, 26  
Metano, 406, 561  
Método de arranque y paro con termostato, 224  
Método de evacuación al alto vacío, 269  
Método de la línea de congelamiento, 283  
Mezclas de aire, psicrometría y, 384-87  
Micras, 39, 267, 557  
Microfaradio, 198  
Micrómetros, 39, 557  
Midley, Thomas, 358  
Mil circular, 205  
Mil, 205  
Miliamperímetros, 239  
Milivoltímetros, 239, 557  
Miscibilidad de refrigerantes, 80-81  
Moho, 343  
Moldeadas, conexiones, 50  
Monarch Manufacturing Works, Inc., 585  
Monoclorodifluorometano, refrigerantes, 78, 79, 83, 84, 736-37  
Monofásica, corriente, 202  
Monofásicos, motores, 227, 228-32  
Monóxido de carbono:  
  en quemadores de gas, 571-575  
  en quemadores de petróleo, 595  
Motor de capacitor permanente y fase partida, 231

Motor de compuerta tipo motor térmico, 215  
 Motores de arranque por capacitor, 231  
 Motores de arranque y marcha por capacitor, 231  
 Motores de inducción, 119  
 Motores.  
   arranque por capacitor, 230  
   arranque y marcha con capacitor, 231-32  
   capacitor y fase partida permanente, 230-31  
   compuerta, 515-16  
   corriente alterna, 227, 228  
   de fase partida, 230  
   de polos sombreados, 232  
   monofásicos, 227, 228-30  
   polifásico (trifásico), 228  
   soplador, 321, 636  
 Movimiento de aire, confort y, 372-73  
 Movimiento molecular, 10  
 Multímetro tipo gancho, 557  
 Multímetros tipo gancho, 557  
 Multímetros, 313

## N

National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), 358  
 National Board of Fire Underwriters (NBFU), 421, 427, 589  
 National Electric Code (R) (NEC), 205, 276, 430, 528  
 National Electrical Manufacturers Association (NEMA), 123, 413  
 National Fire Protection Association (NFPA), 276-77, 421, 422, 429, 591, 619  
 National Warm Air Heating and Air-Conditioning Association, 362  
 NEC. *Véase* National Electric Code (R)  
 Negocios al mayoreo y contratistas, 5  
 NEMA. *Véase* National Electrical Manufacturers Association  
 Neutrones, 186  
 NFPA. *Véase* National Fire Protection Association  
 Nitrógeno, 279  
 Norma 210, 467  
 Norma 270, 458  
 Norma 610, 437  
 North American Heating and Air-Conditioning Wholesalers Association, 436, 604  
 Número de evaluación sonora (SRN), 458

## O

Obturadores de aire, 571, 588  
 Ohm, 191

Ohm, Georg Simon, 192  
 Ohmetros, 237-38, 313, 314, 317  
 Olores, causas de los, 619, 635  
 Onda senoidal, 201-202  
 Oportunidades de empleo en refrigeración, 5  
 OSHA (acta de seguridad y salud ocupacionales), 41

## P

Par de torsión, 228  
 Par del medidor, 236  
 Pentaclorofenolato de sodio, 145  
 Pentavalentes, átomos, 253  
 Permanganato de potasio, 146  
 Perms, 331  
 Pernos en compresores, 62  
 Personal de servicio de fábrica, 5  
 Peso de la carga, 782  
 Pies cúbicos por minuto en serpentín DX, 645-51  
 Pilas eléctricas, 187-88  
 Piloto(s):  
   apagado, 612-13  
   corrientes en los, 614  
   en quemadores de gas, 416  
   orificio, antes de funcionar, 613-14  
   piloto de seguridad, antes de funcionar, 614  
 Pinzas, 38  
 Pistas, 206  
 Pistón rodante, compresores, 65  
 Pistones para válvulas a la cabeza, 62  
 Pistones, compresores y, 63  
 Placa, amperaje de, 123  
 Planos y especificaciones de sistemas proyectados, 482  
 Planta de alimentos congelados, 348-49  
 Plomo:  
   densidad del, 24  
   gravedad específica del, 24  
 Poder calorífico del gas, 406-407, 561  
 Polifásicos (trifásicos), motores, 228  
 Polos sombreados, motores, 231-32  
 Potencia aparente, 199  
 Potencia real, 199  
 Potencia, ventilación activa, 620  
 Potenciómetro, 516  
 Prensa de tubo, 39  
 presión absoluta, 38  
 presión atmosférica, 24-26  
 Presión de altura de fluido, 22-23, 282-83, 298-99  
 Presión de fluido, 21-22  
 Presión en cabezal, 563-66  
 Presión estática, controles, 514  
 Presión:

absoluta, 28  
 altura de, 22-23, 282-83, 298-99  
 atmosférica, 24-26  
 baja en la tubería, 612  
 cabezal, 563-66  
 controles, 514  
 de fluido, 21-22  
 de gas, 28  
 de refrigerantes, 79-80  
 definición de, 21  
 densidad y, 23-24  
 en succión, 297-98  
 manómetros, 26-28, 263-64, 265, 558, 703  
 mediciones, 26-28, 263-64, 265, 703  
 no hay en la tubería, 612  
 principio de Pascal, 23  
 resistencia, 390  
 volumen específico, 24  
 zonas de, en el ciclo de refrigeración, 7  
 Presóstato tipo fuelle, 219  
 Presóstato tipo tubo de Bourdon, 219  
 Presóstatos, 218, 219  
 Principio de Pascal, 23  
 Principios de flujo de aire, 389-403  
   calculadoras de ducto, 398  
   conexiones de ductos, 398  
   dimensiones de ducto, 397  
   dispositivos de medición, 390-93  
   flujo de fluidos, 389-90  
   gráficas de fricción de aire, 393-97  
   método de igual fricción, 402  
   métodos de diseño de ductos, 397  
   métodos de diseño de ductos, 401  
   nivel de ruido, 399  
   presiones de resistencia, 390  
   recuperación estática, 402-403  
   reducción de velocidad, 402  
   ventiladores y, 400-401  
*Principles of Air-Conditioning*, 389  
 Probador primario de celda de sulfuro de cadmio, 559  
 Problemas eléctricos, 312-326  
   abertura en el cable de control, 610-11, 629  
   aisladores de electrodo rotos, 630  
   ajuste incorrecto de anticipación del calor, 611, 629  
   ajuste incorrecto de electrodos, 629  
   ajustes incorrectos del control, 318  
   cableado incorrecto, 317  
   capacitores y, 324-26  
   carga inadecuada del motor del soplador, 611  
   circuito abierto en el termostato y/o en la subbase, 610, 629  
   conductores de electrodos abiertos, 630  
   contactos de control abiertos, 317  
   control del ventilador abierto, 626



control limitador abierto, 610, 611, 626  
controlador abierto en la válvula de gas, 611  
corto en cable de control, 611, 629  
corto en el termostato y/o en la subbase, 610, 629  
en quemadores de gas, 609-11  
en quemadores de petróleo, 625-30  
fusible quemado, 610, 626  
interruptor de desconexión abierto, 312-14, 610, 626  
interruptor de estación abierto, 609-610, 626  
no hay ignición, 629  
problemas con las bobinas, 320  
relevador de corriente, 322-23  
relevador de potencial, 323-24  
relevador de protección, 627-29  
relevador que se pega, 320  
sobrecarga de los contactos de control, 318-19  
sobrecarga del ventilador del condensador, 320-21  
sobrecargas, 314-16  
termostato de recinto mal ajustado, 610, 626  
transformador de control abierto, 610  
transformador de ignición abierto, 630  
voltaje, 319

Procesamiento de alimentos, 348-49  
Productos de combustión, 407  
*Professional Serviceman's Guide to Oil Heat Savings, The*, 579

Propano:  
como gas combustible, 406, 407, 561  
(R-290) como refrigerante, 78, 79, 82

Protección, relevadores de, 520-23, 627-29, 634

Protector de sobrecarga de disco bimetálico, 222

Protector de sobrecarga, térmico, 208-209

Protectores bimetálicos, 232

Protectores de respuesta dual, 232-33

Protectores, para motores, 232-33

Protones, 186, 248

Prueba de humo en sistemas de petróleo, 595

Prueba de huracán, 473

Psicrometría, 377-87  
gráficas para, 378-84, 647-48, 709-710  
mezclas de aire y, 384-87  
términos básicos en, 384-87

Puente de Wheatstone, concepto del, 550-52

Pulgadas de mercurio, 25

Pulsación, problemas de, 635

Punto de congelación de refrigerantes, 80

Punto de descompostura por avalancha, 255

Punto de ebullición:  
de agua, 29-30, 77  
de refrigerantes, 29, 80

Punto de escurrimiento, 122

Punto de floculación, 122

Punto de fusión, 14

Punto de fusión, 30-31

Punto de ignición, 122

Punto de inflamación, 122

Punto inicial de equilibrio, 727

Punto neutral de presión, 576-77

Punto neutro de presión, 576-77

Purga, 142, 146

Purgado, 266

## Q

Quegador de cama alta y flujo ascendente, 414

Quegador de contraflujo y flujo descendente, 414

Quegador horizontal, 415

Quegador, problemas con, 632-34

Quegadores de cama baja, 414

Quegadores de petróleo tipo cubeta y de gravedad, 579

Quegadores de piso, 409

Quegadores:  
en hornos de gas, 416-17  
en hornos de petróleo, 424-25, 425, 579-81, 595  
problemas con gas, 607-608, 615-17  
problemas con petróleo, 625, 631

## R

R-11 (triclorofluorometano), 79

R-114 (cloropentafluoroetano), 79

R-114, 79

R-12 (diclorodifluorometano), 78, 79, 82, 83, 84, 732-35

R-170 (etano), 79

R-22 (monoclorodifluorometano), 78, 79, 82, 83, 736-37

R-290 (propano), 79

R-40 (cloruro de metilo), 78, 82

R-502 (azeótropo), 78, 79, 82, 83, 84, 738-40

R-600 (butano), 79

R-717 (amoníaco), 78, 82, 83

R-764 (dióxido de azufre), 78, 79, 81, 83

Radiación, 18-19

Ramales, conductos, 549

Ranco, Inc., 687

Rapidez de elevación, protectores, 232

Reactancia capacitiva, 198

Reactancia inductiva, 197

Reactancia:  
capacitiva, 198  
inductiva, 197

Recibidor y tanque de almacenamiento, 8

Recibidores, 71, 151

Recinto, acondicionadores de aire, 358, 364, 447-48

Recinto, calefactores, 408-409

Recinto, humidificadores, 137

Recinto, termostatos, 508

Recinto, termostatos, 508 bombas térmicas y, 677-87

Reciprocantes, compresores, 62, 64, 116, 117-18

*Reciprocating Refrigeration*, 158, 159, 165

Recocido, 42

Rectificador de diodo P-N, 255

Rectificador de onda completa, 255

Rectificador de selenio, 254

Rectificadores metálicos, 254

Rectificadores, metálicos, 554

Reducción de velocidad, 402

REE (relación de eficiencia energética), 656

Refractario, 424  
revisión de la cámara de combustión, 582-86

Refrigeración mecánica, 6

Refrigeración por absorción, 6, 176-85  
absorbedores, 178  
accesorios para, 179-85  
componentes de cambiador de calor en, 178, 179  
componentes, 178  
condensadores, 178  
conjunto, 177  
eductores, 180  
evaporadores, 178  
funcionamiento, 176-77  
generadores, 178  
sistema de purga, 183  
tubos de cristalización automática, 181-82  
válvulas de control, 184  
válvulas de solución, 185

Refrigeración solar, 4

Refrigeración:  
absorción, 6, 176-85  
ciclo, 7-8, 88, 92  
compañías de servicio, 5  
componentes del sistema, 6-8  
definiciones, 6  
dispositivos reductores de presión en, 71-74  
efecto, 88-92, 99-100  
historia de, 3-5

- mecánica, 6  
necesidades de mano de obra, 5  
oportunidades de ocupación en, 5  
procesos, 92, 93  
sistema de tubería, 42-56  
sobrecarga y, 660-61  
solar, 4  
*Véase también* Equipo de medición y pruebas, refrigeración
- Refrigeradores, primeros, 3-5  
Refrigerantes azeotrópicos, 78, 79, 82, 83, 84, 738-40  
Refrigerantes de cloropentafluoroetano, 79  
Refrigerantes de diclorodifluorometano, 78, 79, 80, 83, 84, 732-35  
Refrigerantes:  
aceite, 74, 81, 120-23  
agua, 76-77  
aire, 78  
amoníaco, 78, 82, 83  
azeótropo, 78, 79, 82, 83, 84  
butano, 78, 79, 82  
calor específico, 13  
clasificación de, 82-83  
cloroformo, 78  
cloropentafluoroetano, 79  
cloruro de metilo, 78, 82  
cómo seleccionarlos, 78  
contenido de calor latente de, 80  
controles de flujo, 71-74  
definición de, 6, 76  
densidad y volumen de, 80  
diclorodifluorometano, 78, 79, 82, 83, 84  
dióxido de azufre, 78, 79, 81, 83  
dispositivos de control para, 106-14  
dispositivos de reducción de presión para, 71-74  
escasez de, 303-305  
etano, 79  
éter, 78  
Freón, 358-59  
fugas y, 81-82  
halocarburos, 79  
hidrocarburos, 79  
hielo, 3  
inflamabilidad y explosividad de, 79  
materiales de tubería de, 42, 459  
medición de, 8  
monoclorodifluorometano, 78, 79, 83, 84  
presión de, 79-80  
problemas, 657-63  
propano, 78, 79, 82  
propiedades de, 93  
propiedades físicas de, 80, 82  
punto de congelación de, 80  
punto de ebullición de los, 29, 80  
R-11 (triclorofluorometano), 79  
R-12 (diclorodifluorometano), 78, 79, 80, 83, 84, 732-35  
R-22 (monoclorodifluorometano), 78, 79, 82, 83, 84, 736-37  
R-40 (cloruro de metilo), 78, 82  
R-114, 79  
R-115 (cloropentafluoroetano), 79  
R-170 (etano), 79  
R-290 (propano), 79, 82  
R-502 (azeótropo), 78, 79, 82, 83, 84, 738-40  
R-600 (butano), 79, 82  
R-717 (amoníaco), 78, 82, 83  
R-764 (dióxido de azufre), 78, 79, 81, 83  
relación presión-temperatura, 76, 77, 83-86  
seguridad y, 82-83  
sistema de numeración para, 78, 79  
sobrecarga de, 305, 660-61  
solubilidad y miscibilidad de, 80-81  
subenfriamiento de, 657  
temperaturas para, 80-81  
toxicidad de, 79  
triclorofluorometano, 79  
tuberías para, 8, 74  
válvulas líquido-vapor para, 83
- Refrigeration Service Engineers Society, 241  
Región de agotamiento, 254  
Región de potencial, 254  
Reglamento nacional norteamericano de gas combustible, 618  
Reglas, 40  
Reguladores de contrapresión, 173  
Reguladores de presión accionados con piloto, 174  
Reguladores de presión de acción instantánea, 174  
Reguladores de presión en evaporador, 173-74  
Relación de eficiencia energética (REE), 656  
Relación presión-temperatura, 76, 77, 83-86, 747-48  
Relativa, humedad, 139-40, 370, 377  
Relevador auxiliar de descongelamiento (ADR), 693-94  
Relevador de corriente, 222-23, 322-23  
Relevador de potencial, 323-24  
Relevador de protección de celda de sulfuro de cadmio, 627-29  
Relevador tipo motor térmico, 215  
Relevadores eléctricos, 515  
Relevadores, 221  
de arranque, 293  
de corriente, 222-23, 322-23  
de potencial, 323-24  
de protección, 520-23, 627-29, 634  
descongelación auxiliar, 690  
eléctricos, 515  
problemas con, 294, 319, 322-24  
problemas con, de protección, 627-29, 634  
sellados de enchufar, 515  
térmicos, 515
- Relleno, 141  
Reparables, compresores herméticos, 65  
Resistencia, 191  
presiones, 390  
transmisión de calor y, 327-29  
Resistividad, 205  
Resistor primario, 125  
Resistores, 191  
Retraso del sistema, 508  
Rodete de aspas inclinadas hacia atrás, 399  
Rodete del soplador, 622, 636  
Rosca fina, 46  
Rotámetro (medidor de velocidad del viento), 393  
Rotatorios, compresores, 65-67, 116  
Rotor, 119, 228  
Rueda de álabes perfilados, 399  
Ruido:  
compresores y, 131-32  
diseño de unidad de resonancia, 623-24  
equipo de condensación enfriado por aire, 277, 458  
expansión, 623, 636-37  
problemas con, 608, 622, 623, 635-36  
sistemas de ductos y, 399, 622-23, 636-37  
tipos de, 309-10
- ## S
- SAE rosca fina, 47  
Salmuera, como agente descongelante, 103  
Salpicadura, sistema de lubricación por, 120  
Sardinel del techo, 475, 479-80  
Sarro, cómo evitarlo, 145-46  
Seguridad:  
conductores y, 205  
conexiones, 174  
controles, 222-25  
equipo, 41  
Sellador para tubos, 40  
Sellados de enchufar, relevadores, 516  
Sello hermético, 206  
Semiherméticos, compresores, 65  
Sensores de varilla y tubo, 511  
Separadores de aceite, 121  
Serie, circuitos en, 194-95, 197  
Serpentines de calentamiento eléctrico, 103

- Serpentines de enfriamiento de agregar, 455
- Serpentines:  
de agregar, para enfriamiento, 455  
sucios de aceite, 308
- Servicio de Salud Pública en E. U. A., 374
- Servicio meteorológico nacional norteamericano, 332
- Servicio, entrada de, 526
- Servicio, técnicos de, 5
- Sheet Metal and Air-Conditioning Contractors National Association, Inc. (SMACNA), 389, 403
- Silenciador de descarga externo, 65
- Silenciadores de descarga, 66-67
- Silenciadores:  
de descarga tipo externo, 65  
de succión, 65  
descarga, 66-67  
objeto de los, 168
- Símbolos eléctricos, 527-28
- Sistema de abastecimiento de aire para bombas térmicas, 669
- Sistema de calefacción con gas, problemas con:  
causas debidas al gas, 611-24  
causas eléctricas de, 609-11  
costo de operación, 608  
funcionamiento de la unidad, 607  
funcionamiento del quemador, 607-608, 615-17  
funcionamiento del sistema completo, 607  
funcionamiento del soplador, 608  
lista de síntomas, 608-609  
ruido, 608  
síntomas en intercambiador de calor, 608
- Sistemas de calefacción con gas, puesta en marcha, revisión y funcionamiento del.  
aire de combustión, 570-73  
elevación de temperatura del aire, 573-75  
entrada de gas y, 561-68  
funcionamiento de, 568  
monóxido de carbono en, 571, 576  
presión en cabezal y, 563-66  
prueba de la eficiencia, 575-79  
punto de presión neutral, 576-77  
tuberías y, 562
- Sistema de calefacción con petróleo, problemas con:  
causado por petróleo, 631-36  
causas eléctricas de, 625-30  
funcionamiento de la unidad, 624  
funcionamiento del quemador, 624  
funcionamiento del sistema completo, 624
- funcionamiento del soplador, 624  
lista de síntomas, 624-25  
ruido, 608  
síntomas en el cambiador de calor, 624
- Sistemas de calefacción con petróleo, puesta en funcionamiento, revisión y funcionamiento de:  
consumo, 579  
espacios libres en, 426, 589-90  
monóxido de carbono en, 594  
prueba de eficiencia de, 593, 595-96  
prueba de humo, 595  
quemadores motorizados, 579-81  
refractario y cámara de combustión, 582-86  
secuencia de funcionamiento, 592-93  
sopladores, 588  
tanques de petróleo, 591  
temperatura de chimenea, 595  
tiro sobre fogón, 593-94  
toberas, 581-82, 585-86  
unidades de combustible, 586-88  
ventilación del tiro, 589-90
- Sistema de circuito en serie, 433-34
- Sistema de descongelamiento, problemas con:  
diferencial de temperatura, 728  
presión-temperatura, 729  
tiempo-temperatura, 729
- Sistema de enfriamiento dividido comercial, 464-65, 466-71
- Sistema de purga, 79
- Sistema de quemador de gas y aire forzado, 414, 423  
aire de combustión en, 422-23  
cajas del, 418  
capacidades de quemador, 415-16  
diseños de quemador, 416-421  
intercambiadores de calor en, 416  
pilotos en, 417  
quemadores en, 416-17  
sopladores en, 417, 574  
tipos de, 414-15  
tiros y ventilaciones en, 420-22  
ventilación en, 419-20
- Sistema de quemador de petróleo-tiro forzado, 423-29  
almacenamiento de aceite en, 429  
controles en, 426, 520-23  
espacios libres en, 426, 591  
intercambiadores de calor en, 423-24  
quemador en, 424-26  
refractarios en, 424  
tipos de, 423  
tiro y ventilación en, 426-27, 589-90
- Sistema de suministro de agua para bombas térmicas, 669-70
- Sistema de tableros de calefacción, 434
- Sistema de un tubo, 434, 593
- Sistema dividido de enfriamiento en residencias, 455-62
- Sistema dividido, enfriamiento, 361, 454, 455, 464-65  
para residencias, 455-62
- Sistema eléctrico de aire forzado para quemador, 429-31
- Sistema hidráulico, 432-36  
calderas, 601  
calefacción con agua caliente, 599-601  
revisión del, 599-604
- Sistemas comerciales de control eléctrico, 544-49
- Sistemas de aire acondicionado, arranque, prueba y funcionamiento de:  
eficiencia de funcionamiento, 650-52  
empleo de termómetros, 654  
información necesaria para, 643  
pies cúbicos por minuto en serpentín DX, 645-51  
prueba antes de puesta en marcha de la unidad, 644
- Sistemas de aire acondicionado, servicio y análisis de problemas de:  
empleo de termómetros, 654  
problemas de refrigerante; 657-63  
problemas en el sistema de refrigeración, 655-57  
problemas en la categoría de aire, 654-55
- Sistemas de aire forzado:  
de gas, 414-23  
de petróleo, 423-29  
eléctricos, 429-31
- Sistemas de baja velocidad, 493
- Sistemas de bombas térmicas, puesta en servicio, revisión y funcionamiento de los:  
aire a aire y funcionamiento dual, 705-15  
aire a aire y funcionamiento sencillo, 718  
aire a líquido y funcionamiento sencillo, 718  
líquido a aire y funcionamiento sencillo, 718  
líquido a aire, funcionamiento doble, 716-18
- Sistemas de bombas térmicas, servicio y análisis de problemas de:  
filtros de aire, 722  
motor y transmisión del soplador, 722  
problemas de flujo de refrigerante, 724-26  
problemas del sistema de aire, 722  
problemas del sistema de descongelamiento, 729-30  
sistema de ductos, 722

- termostatos, 726-27  
 válvulas de retención, 724
- Sistemas de calefacción eléctrica, puesta en marcha, revisión y funcionamiento de los, 596-97
- Sistemas de calefacción, puesta en servicio, prueba y funcionamiento de: de gas, 561-79  
 de petróleo, 579-88  
 eléctricos, 596-97  
 hidrónicos, 599-604  
 unidades de manejo de aire, 597-98
- Sistemas de calefacción, servicio y análisis de problemas de. Véase
- Sistemas de calefacción con gas, problemas con Sistemas de calefacción con petróleo, problemas con
- Sistemas de calefacción: de aceite, de aire forzado, 423-29  
 de gas, de aire forzado, 414-423  
 eléctricos, de aire forzado, 429-31  
 sistema hidrónico, 432-36
- Sistemas de control, eléctricos comerciales, 544-49
- Sistemas de control, neumáticos proyectados, 544, 549-50
- Sistemas de control, residenciales, 526-43  
 circuito de calentamiento, 528-32  
 circuito de enfriamiento, 532-38, 541  
 entrada de servicio, 526  
 símbolos eléctricos, 527-28  
 sistemas de confort total, 542, 543  
 tamaño del conductor, 526, 528
- Sistemas de distribución de aire por inducción, 499-502
- Sistemas de distribución de aire, 496, 502
- Sistemas de ductos  
 calculadoras, 398  
 conexiones, 398  
 dimensiones, 397  
 método de fricción igual y, 402  
 métodos de diseño, 401  
 nivel de ruido y, 399, 621  
 números de clase, 397  
 recuperación estática y, 402-403  
 reducción de velocidad y, 402  
 restricciones en, 655, 722  
 ventiladores y, 399-401
- Sistemas de enfriamiento: sistemas divididos, 361, 454, 455, 464, 466-71
- Sistemas de enfriamiento: sistemas residenciales divididos, 455-62
- Sistemas de estación central, 482-503  
 diferencias entre sistemas unitarios y, 482  
 equipo de distribución de aire, 491-93  
 equipo de enfriamiento de agua, 482, 484-89
- humidificadores, 493-96  
 otros nombres de, 482
- Sistemas de quemador:  
 de gas con aire forzado, 414-23  
 de petróleo con aire forzado, 423-29  
 eléctrico con aire forzado, 429-31
- Sistemas de velocidad intermedia, 496
- Sistemas diseñados de control neumático, 544, 549-50
- Sistemas incrementales, 472
- Sistemas neumáticos de control, proyectos, 544, 549-50
- SMACNA. Véase Sheet Metal and Air-Conditioning Contractors National Association, Inc.
- Sobre fogón, tiro, 593-94
- Sobrecalentamiento, 31, 60, 107
- Sobrecarga de:  
 contactos de control, 318-19  
 ventiladores del condensador, 321
- Sobrecarga del motor, 131
- Sobrecarga térmica, protector, 208-209, 233
- Sobrecargado, 283, 284  
 refrigerante, 305, 660-61
- Sobrecargas:  
 instalación de, 538  
 problemas con las, 314-17
- Soldados, compresores herméticos, 119
- Soldadura dura, 49
- Soldadura suave, 49-50, 52-53
- Soldadura, definición de, 50
- Soldadura:  
 conexiones, 50  
 consejos de seguridad para, 50  
 definición de, 50  
 dura, 49  
 pasos para, 51-52  
 suave, 49-50, 52-53
- Soldar, conexiones de, 50
- Solenoides y operación magnética, válvulas de, 74
- Solidificación, 14
- Solubilidad y miscibilidad de refrigerantes, 80-81
- Solución de bromuro de litio, 176-77
- Solución diluida, 178
- Solvente limpiador, 40
- Sonda, psicrómetro de, 370, 640, 654
- Sopladores:  
 en quemadores de gas, 417, 574  
 en quemadores de petróleo, 588  
 evaporador, 467  
 problemas con gas, 608, 611, 619  
 problema con petróleo, 624, 632
- Soplete de oxiacetileno, 50, 53, 54-55
- Subenfriamiento, 32  
 refrigerante, 657
- Subida vertical, 161, 163
- Subida, transformadores de, 203, 212
- Sublimación, 14, 15
- Succión, tubos de, 8  
 como refrigerante, 78, 83  
 fugas, 81  
 toxicidad del, 79
- Sulfato de cobre, 145-46
- Sumidero de calor, 292
- Superficie primaria, 424
- Superficie secundaria, 424

## T

- Tambor y radiador, 423
- Tanque de almacenamiento, 8
- Técnicos de laboratorio, 5
- Temperatura de bulbo húmedo, 140, 377
- Temperatura de bulbo seco, 140, 377
- Temperatura de chimenea, 576, 595
- Temperatura de condensación, 30, 656-57
- Temperatura de funcionamiento de serpentina DX, 645-46
- Temperatura de rocío, 331, 377
- Temperatura de saturación, 31
- Temperatura del motor de los compresores, 123
- Temperatura efectiva (TE), 371
- Temperatura-presión, tablas, 286, 287
- Temperatura:  
 absoluta, 11  
 bulbo húmedo, 140, 377  
 bulbo seco, 140, 377  
 cambios de estado, 13-14  
 chimenea, 576  
 conversión, 11-12, 744-46  
 de condensación, 30, 656-57  
 de refrigerantes, 80-81  
 delta de, 11  
 efectiva, 349  
 gráfica de BTU, 135  
 mediciones de, 11, 261-62  
 motor, 123  
 punto de fusión y, 30-31  
 punto de rocío, 331, 377  
 relación de presión y, 76, 83-86  
 saturación, 31
- Temperaturas absolutas, 11
- Teoría electrónica, 186, 248
- Térmicas, cargas, 214-16
- Térmicos, relevadores, 516
- Termistores, 232, 512, 514
- Termodinámica, leyes de la, 10-11, 16, 123
- Termoeléctrico, efecto, 188
- Termómetro Celsius, 11
- Termómetro de bulbo húmedo, 370
- Termómetro de bulbo seco, 370
- Termómetro de gases de chimenea, 556

- Termómetro Fahrenheit, 11  
 Termómetro Kelvin, 12  
 Termómetro Rankine, 12  
 Termómetros de aguja, 574, 639  
 Termómetros de bolsillo, 261  
 Termómetros digitales, 573, 639  
 Termómetros electrónicos, 262  
 Termómetros registradores, 263  
 Termómetros:  
   Celsius, 11  
   de aguja, 573, 639  
   de bolsillo, 261  
   de bulbo húmedo, 370  
   de bulbo seco, 370  
   de gas de combustión, 556  
   digitales, 639  
   electrónico, 262  
   Fahrenheit, 11  
   Kelvin, 12  
   Rankine, 12  
   registrador, 263  
   termopar, 639  
 Termopar, termómetro de, 639  
 Termopares, 188-89, 613  
 Termopila, 189  
 Termostato bimetalico, 218  
 Termostato de bulbo remoto, 218-19  
 Termostato tipo diafragma, 219  
 Termostatos de acción instantánea, 506-507  
 Termostatos de bajo voltaje, 507-508  
 Termostatos de temperatura ambiente exterior, 687  
 Termostatos de voltaje de línea, 506-507  
 Termostatos, 218, 219  
   acción instantánea, 506-507  
   ambiente exterior, 687  
   bajo voltaje, 507-508  
   de dos etapas, 508  
   de recinto, 508, 677-87  
   problemas con los, 610  
   problemas con los, en bombas térmicas, 726-27  
   voltaje de línea, 506-507  
 Tipo de neumático, válvulas, 282  
 Tiro de chimenea, 593  
 Tobera, llave de, 560  
 Toberas:  
   comprobación de, 581-82, 585-86  
   problemas con, 632-33  
 Tonelada de refrigeración, 19  
 Tornillos de banco, 40  
 Torres de agua. Véase torres de enfriamiento  
 Torres de enfriamiento, 139-45  
 Torres de tiro atmosférico, 140, 141  
 Torres de tiro mecánico, 140, 141  
 Toxicidad de refrigerantes, 79  
 Traba por alta presión, 695  
 Trampas en la línea, 155  
 Trane Company, 158, 159, 165  
 Transformadores, 211  
   de bajada, 203, 212, 530  
   de subida, 203, 212  
   problemas con, 610  
 Transmisión de calor, cargas de refrigeración y, 327-32  
 Transmisión, líneas de, 203  
 Transporte y distribución de alimento, 349  
 Triclorofluorometano, refrigerantes, 79  
 Trifásica, corriente, 202  
 Triple tubo, cambiadores de calor, 169  
 Triple, evacuación, 269-70  
 Trivalentes, átomos, 253  
 Trombón, cambiador de calor, 723  
 Troncales, 549  
 Tubería, 152-66  
   aceite en, 152-53  
   definición de la, 42  
   en sistemas hidráulicos, 433-34  
   en tubos de gas natural, 561-62  
   en unidades de enfriamiento, 458-62  
   función de la, 152  
   instalación, 278  
   materiales, 42  
   precauciones, 153  
   sistemas comerciales divididos y, 468-71  
   torres de enfriamiento y, 142-44  
   tubo de drenado de condensador, 165  
   tubos de gases calientes, 159  
   tubos de líquidos, 161, 163-65  
   tubos de succión, 154-58  
 Tuberías de líquido, 8, 74, 161, 163-65, 302-303, 661  
 Tuberías de refrigerante en bombas térmicas, 675-76  
 Tubo (tubing):  
   ACR, 43  
   aluminio, 42  
   cobre, 42-43, 155  
   definición de, 42  
   empalme de, 45-50  
   transmisión de calor y tubo simple, 17  
 Tubo de cobre suave estirado en frío, 43  
 Tubo de cobre, 42-43  
   blando, estirado, 43  
   clasificación del, 43  
   corte del, 44  
   doblado del, 44-45  
   duro, estirado, 43  
   embutido, 50  
   empalme del, 45-50  
   pesos, 155  
   recocido del, 42  
 Tubo en tubo, condensadores, 69, 70  
 Tubo en tubo, evaporadores, 61  
 Tubo pitot, 392  
 Tubo único, sistema, 434, 593  
 Tubo, ACR, 43  
 Tubos aletados, evaporadores de, 98  
 Tubos capilares, 72  
   desventajas de usar, 112-13  
   dimensionamiento de, 159  
   en bombas térmicas, 674  
   introducción de, 115  
   mala distribución de carga y, 301  
   reemplazo de, 113, 303  
   revisión de, 646  
   sobrecarga de refrigerante y, 305-306, 660-61  
   ventajas de usar, 111-12  
 Tubos de alimentación, 662  
 Tubos de descarga, 8  
 Tubos de descristalización automática, 181-82  
 Tubos de gas caliente, 8, 159, 308, 662  
 Tubos precargados, 361, 458  
 Tubos, ramales, 549  
 Tubos, refrigerante:  
   de succión, 8, 74, 154-58, 459, 662  
   en bombas térmicas, 675  
   gas caliente y descarga, 8, 74  
   líquido, 8, 74, 161, 163, 165, 302-303, 661  
   precargados, 361, 458  
   subdimensionadas, 303  
 Tungsteno, 191  
 Turbinas, 203  
 Turbocompresores, 116  
 TX, sistemas de válvulas, 659-60, 661-62  
 TX, unidades de válvula, 646, 649  
 TX, válvulas en bombas térmicas, 674

## U

- Underwriter's Laboratories, Inc. (UL), 79, 82, 276, 408, 427, 474  
   Informe MH-2375, 78  
 Unidad de combinación de calefacción con gas y enfriamiento con electricidad, para techo, 361  
 Unidad de combustible de una etapa, 586  
 Unidad de condensación enfriada por aire del exterior, 457-58  
 Unidad para cuarto de cómputo, 453-54  
 Unidad térmica británica (BTU), 12  
 Unidades de combustible, revisión de, 586-88  
 Unidades de enfriamiento de sistema central, 448-53  
 Unidades de manejo de aire, 432, 464  
   comprobación de, 597-98  
 Unidades de ventilador y serpentín, 463-64, 491  
 Unidades de zona única, 476-77, 601-602

Unidades de zonas múltiples, 477, 497-98  
Unidades enfriadas por agua, paquete, 452-53  
Unidades paquete enfriadas por agua, 452-53  
Unidades paquete enfriadas por aire, 448-52  
Unidades paquete terminales, 472-75  
Unidades para techo, 475-77, 478-81  
Unidades terminales paquete, 364-65  
Unidades terminales, 436, 603-604

## V

Vacío parcial, 26  
Vacío perfecto, 27  
Vacío, bomba de, 267-68  
Vacío, parcial y perfecto, 15-16  
Valor de U, 102  
Válvula de presión constante en evaporador, 72, 106  
Válvula de suministro, 612  
Válvula principal de gas, 418  
Válvula solenoide automática para gas, 417-18  
Válvulas automáticas de expansión, 71, 106-107  
Válvulas con equilibrio interno, 108  
Válvulas de alivio de presión, 71  
Válvulas de alivio de tapón fusible, 72, 174  
Válvulas de alivio, 174  
Válvulas de control de agua caliente, 184  
Válvulas de control, 184  
Válvulas de gas, problemas con, 614-15  
Válvulas de retención, 66, 73, 172-73, 674, 724  
Válvulas de solución, 185  
Válvulas manuales, 71  
Válvulas:  
aceite, 524  
alivio de presión, 72

alivio, 174  
automáticas de solenoide para gas, 529-31  
de control, 184  
de gas, 614-15  
de solución, 185  
de suministro, 612  
de tapón fusible para alivio, 71  
en compresores, 62-64, 66  
equilibradas internamente, 108  
expansión automática, 71, 106-107  
expansión termostática, 72, 107-10, 154-58  
inversoras, 672-73, 724-26  
líquido y vapor, 83  
manuales, 71  
regulación de agua, 171-72  
retención, 66, 73, 172-73, 674, 724  
solenoide, 172  
solenoide, operadas magnéticamente, 74  
tipo de neumático, 282  
TX, 674  
Vapor, tubo de, 702  
Vapor, válvulas de control de, 184  
Vapor:  
estado de la materia, 9  
saturado, 31  
sobrecalentamiento y, 31  
volumen específico del, 24  
Vaporización, 14-15  
calor latente de, 15, 139  
Ventana, acondicionadores de aire, 359  
Ventilación activa y de poder, 620  
Ventilación pasiva y de gravedad, 620  
Ventilación:  
activa, potencia, 620  
en quemadores de gas, 419-20  
pasiva, de gravedad, 620  
problemas con, en quemadores de gas, 620-22  
problemas con, en quemadores de petróleo, 632  
Ventilador tipo axial, 400

Ventiladores centrífugos, 399  
Ventiladores de aspas curvadas hacia adelante, 399  
Ventiladores de hélice, 399  
Ventiladores:  
en condensadores, 67  
en evaporadores, 58-59  
en sistemas de ductos, 399-401  
motores, 399-400  
primeros tipos de, 357  
problemas con, 619  
Verdadera, CD, 203  
Vibraciones, 277-78, 309  
Vidno de mirilla, 171, 282  
Vidno:  
densidad del, 24  
gravedad específica del, 24  
Viscosidad, 122  
Volantes, 64  
Voltaje nominal, 204  
Voltaje reducido, arrancadores, 124-25  
Voltaje:  
capacidades de, 213-14  
compresores y, 123-24  
definición de, 191  
generación eléctrica y, 204-205  
nominal, 204  
problemas con alto y bajo, 319  
Voltímetros, 235-36  
Voltímetros-wattímetros, 238-39  
Volumen específico, 24, 378  
Volumen:  
densidad y, de los refrigerantes, 80  
específico, 24, 378

## W

Wattímetros, 238-39

## Z

Zona de confort, 371-72



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**



...: Mecánica e Industrial

# **CURSOS ABIERTOS**

## **CA-302 REFRIGERACION**

### **TEMA**

#### **COMPRESORES PARA REFRIGERACIÓN Y AMONIACO**

**EXPOSITOR: ING. SERGIO ALFONSO MARTÍNEZ SAINZ**

**DEL 30 DE ABRIL AL 28 DE MAYO**

**PALACIO DE MINERÍA**

**MAYEKAWA**

**MAYEKAWA**

**COMPRESORES  
PARA REFRIGERACION  
AMONIACO Y FREON**

**MAYEKAWA DE MEXICO, S. A.**



# PORQUE UD. PUEDE CONFIAR

**MYCOM LE OFRECE POTENCIA MODERNA:** MYCOM dá una capacidad desde 10 HP a 250 HP de fácil operación y libre de problemas. Además de estas ventajas MYCOM ofrece una precisión científica y diseño compacto.

**MYCOM TIENE CONTROLES AUTOMATICOS DE CAPACIDAD:** Su compresor MYCOM puede regularse automáticamente desde el 25% hasta el 100% según la variación de carga de su sistema. Este mecanismo descargador automático del tipo hidráulico, reduce el par de arranque del compresor y le ahorra el costo de operación.

**MYCOM TIENE ESTANDARIZACION DE PIEZAS:** Las partes del compresor MYCOM son completamente intercambiables entre los modelos del tipo "A" y tipo "B". Ud. puede realizar fácilmente el cambio al reemplazar las piezas de desgaste, lo cual le reduce el tiempo de reparación y facilita el mantenimiento considerablemente.

**MYCOM TIENE ABUNDANTE EXISTENCIA DE REFACCIONES:** Ud. está asegurado de conseguir las refacciones de su compresor MYCOM con una rapidez de "JET" en cualquier lugar y cualquier hora.

## CAPACIDADES \*

REFRIGERANTE	MODELO	DIAM DEL PISTON Y CARRERA mm	Nº DE CILINDROS	DESPLAZAMIENTO m <sup>3</sup> /H	TONELADAS DE REFRIGERACION									POTENCIA AL FRENO (BHP)						
					TEMPERATURA DE CONDENSACION 35°C															
					TEMPERATURA DE SUCCION (°C)															
					-30	-25	-20	15	10	-5	0	5	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5
R 72	N 2 A	95x76	2	646	3.2	4.5	6.0	7.9	10.2	12.7	15.8	19.4	8.7	9.9	11.0	12.2	13	13.7	14.1	14.1
	N 4 A	95x76	4	1292	6.3	8.9	12.1	15.8	20.3	25.6	31.7	38.9	17.3	19.8	22.1	24.4	26.1	27.5	28.3	28.3
	N 6 A	95x76	6	1939	9.4	13.4	18.1	23.8	30.6	38.4	47.6	58.3	26	29.8	33.1	36.5	39.1	41.1	42.3	42.5
	N 8 A	95x76	8	2585	12.6	17.9	24.2	31.6	40.7	51.2	63.5	77.7	34.7	39.7	44.2	48.6	52.3	54.9	56.4	56.6
	N 4 B	130x100	4	3185	15.6	22.0	29.8	38.9	50.3	63.1	78.2	95.9	42.8	48.9	54.5	60.0	64.3	67.7	69.6	69.7
	N 6 B	130x100	6	4778	23.4	33.1	44.6	58.6	75.3	94.7	117.2	143.7	64.1	73.4	81.7	89.9	96.5	101.4	104.4	104.5
	N 8 B	130x100	8	6371	31.2	44.1	59.6	78.1	100.4	126.3	156.1	191.7	85.4	97.8	108.9	119.9	128.6	135.3	139.1	139.4
R 72	F 2 A	95x76	2	646	3.2	4.3	5.8	7.5	9.8	12.0	14.9	18	9.5	11.0	12.2	13.3	14.3	15.3	16.0	16.5
	F 4 A	95x76	4	1292	6.5	8.7	11.6	15.1	19.4	24.0	29.7	36.1	19	21.8	24.3	26.5	28.7	30.6	31.9	33
	F 6 A	95x76	6	1939	9.7	13.0	17.4	22.7	29.0	36.1	44.6	54	27.2	31.2	34.7	38.1	41.0	43.7	45.7	47.3
	F 8 A	95x76	8	2585	12.9	17.4	23.2	30.3	38.6	48.1	59.4	72.1	35.5	40.7	45.3	49.7	53.6	57.1	59.6	61.8
	F 4 B	130x100	4	3185	15.8	21.6	28.6	37.4	47.7	59.4	73.4	89.0	47.2	53.5	59.5	65.3	70.5	73.0	78.3	81.1
	F 6 B	130x100	6	4778	23.9	32.3	42.9	56.1	71.6	89.2	110.1	133.3	68.1	77.2	85.9	94.2	101.8	108.4	113.2	117
	F 8 B	130x100	8	6371	31.8	43.0	57.2	74.8	95.5	118.8	146.8	178.1	88.4	100.4	111.6	122.5	132.1	140.7	146.9	15

\* NOTA: CAPACIDADES A 1000 rpm

# ... COMPRESORES MYCOM

## TAPA DE CABEZA Y MONOBLOCK ENCHAQUETADO:

La cámara de enfriamiento esta colocada en todas las tapas de cabeza y el costado de descarga del monoblock. Esto mantiene al compresor y aceite a una temperatura de operación baja y garantiza una larga vida del compresor.

## RESORTE DE SEGURIDAD DE LA TAPA DE CABEZA:

Los resortes de seguridad ayudan a prevenir cualquier golpeo de líquido que ocurriese en el sistema de refrigeración.

## MONOBLOCK.

El monoblock es una sola pieza de fundición con aleación especial de hierro "Mechanite". Todos los monoblocks son normalizados con tratamiento térmico probados hidrostáticamente a una presión de 30 Kg/cm<sup>2</sup> y limpiados totalmente.

## BIELA Y BUSHING:

La biela tiene un orificio a lo largo de ella para lograr una lubricación positiva para el perno y muñon del cigüeñal. Los metales son del tipo recambiable y los bushings son del tipo inserto a presión.

## VALVULA DE SUCCION Y DESCARGA:

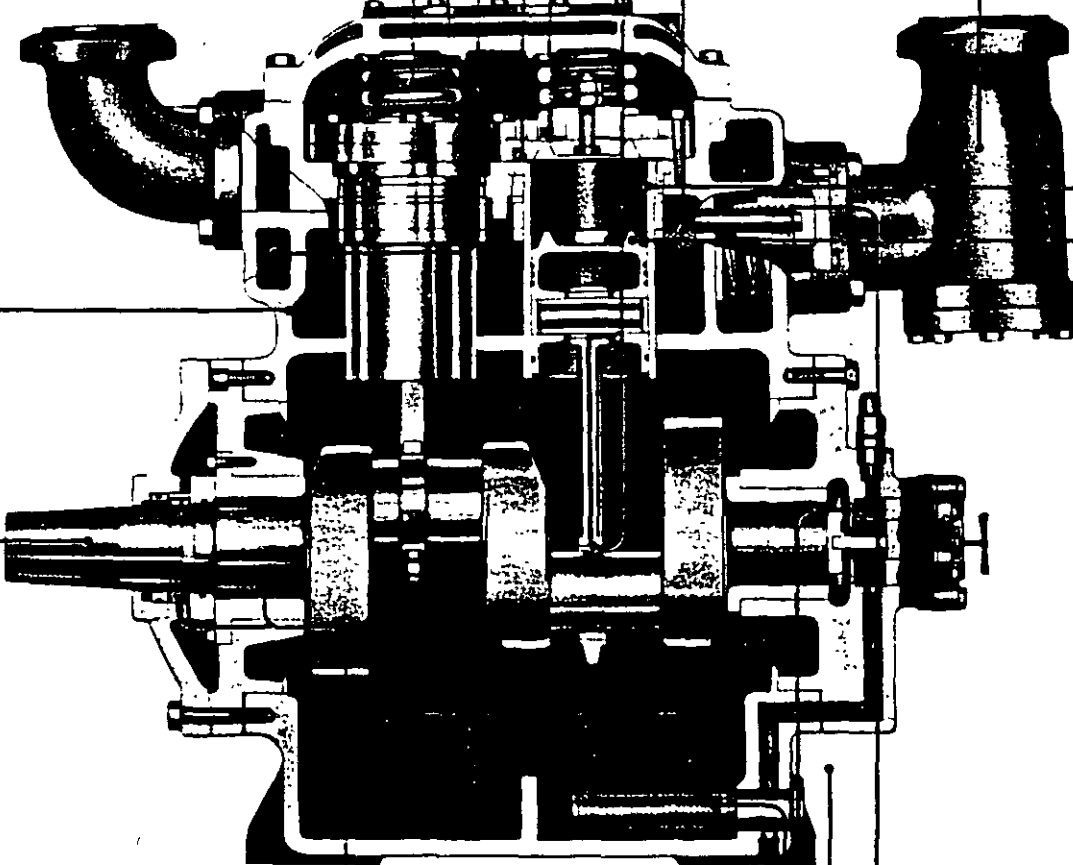
Las válvulas de succión y descarga son placas anulares fabricadas con una aleación especial de acero inoxidable y revisadas por rayos "X". Son muy resistentes y capaces de soportar alguna deformación bajo carga sin producirse su fractura por lo cual se logra un sellado perfecto.

## PISTON Y CAMISA DEL CILINDRO:

Todos los pistones y camisas del cilindro son recambiables. Los pistones están diseñados para una alta eficiencia volumétrica y las camisas del cilindro son de fabricación de hierro de aleación especial y tratamiento térmico. Entre el pistón y la pared del cilindro, los anillos de compresión y de aceite aseguran un sello perfecto, permitiendo una lubricación excelente con un mínimo consumo de aceite.

## FILTRO Y CEDAZO DE SUCCION:

Es extra-grande para la trampa de basura y filtro de succión.



## SELLO DEL EJE Y COJINETE DE EMPUJE:

El sello del eje es de metal con su anillo "O" y su mecanismo es sencillísimo evitando cualquier fuga de aceite y refrigerante. El cojinete es de aluminio con capa de metal "Babbit".

## CIGÜEÑAL:

El cigüeñal es de hierro dúctil y fabricado bajo una inspección estricta para la resistencia extrema al desgaste y rotura. Todos los cigüeñales están dinámicamente y estáticamente balanceados para su operación suave.

## FILTRO DE ACEITE:

Es de malla fina de acero inoxidable y fácil de desarmar para su limpieza.

## BOMBA DE ACEITE:

La bomba de aceite es del tipo de engranamiento accionada directamente por el movimiento del cigüeñal. El sistema de lubricación forzada en el compresor MYCOM logra un funcionamiento suave y seguro de la máquina.

## MECANISMO DE DESCARGA:

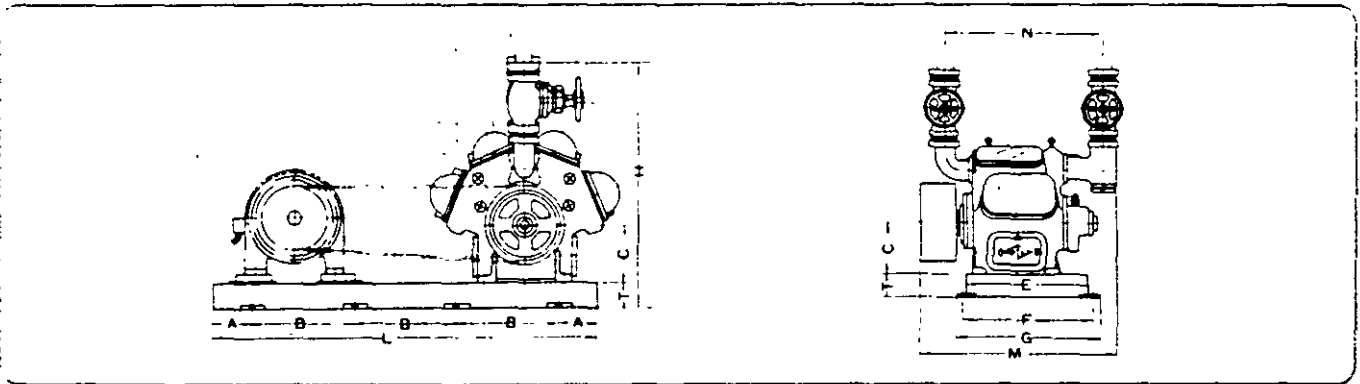
El mecanismo de descarga es muy simple y su operación puede ser controlada hidrostáticamente por medio de la válvula manual ó de la válvula de solenoide. Su ensamble es muy fácil.

## ENFRIADOR DE ACEITE:

El enfriador de aceite de gran capacidad siempre mantiene el aceite de lubricación a una temperatura adecuada y su cambio es fácil sin desarmar el compresor.

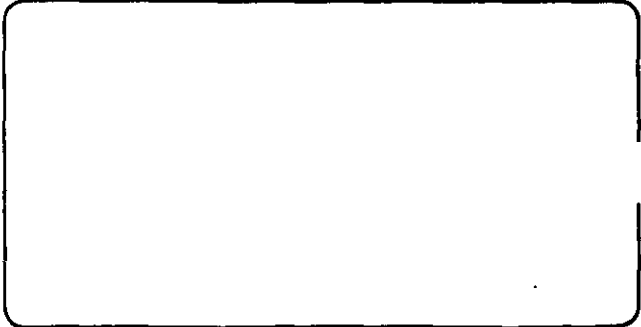
**DIMENSIONES en mm**

MODELO	A	B	C	E	F	G	H	L	M	N	T	Banda V	Pernos de anclaje	Peso Kgs.	Diám. de la polea	Válvula de cierre de la descarga	Válvula de cierre de la sección
2 A	90	535	220	405	465	525	985	1250	730	370	140	B x 4	6	378	350	40A(1 1/2")	40A(1 1/2")
4 A	70	500	259	500	560	620	1150	1640	915	730	140	C x 4	8	642	406	50A(2" )	50A(2" )
6 A	70	500	260	500	560	620	1180	1640	1005	810	140	C x 6	8	732	406	65A(2 1/2")	65A(2 1/2")
8 A	100	600	290	630	690	750	1195	2000	1010	850	140	C x 7	8	818	406	65A(2 1/2")	80A(3 1/2")
4 B	105	640	330	700	760	820	1420	2130	1180	400	200	C x 8	8	900	460	80A(3" )	90A(3 1/2")
6 B	105	680	350	800	860	920	1480	2250	1210	1030	200	C x 10	8	1300	460	80A(3" )	90A(3 1/2")
8 B	105	680	350	800	860	920	1510	2250	1330	1010	200	C x 12	8	1700	460	90A(3 1/2")	100A(4" )



Fábrica en México

**DISTRIBUIDORES**

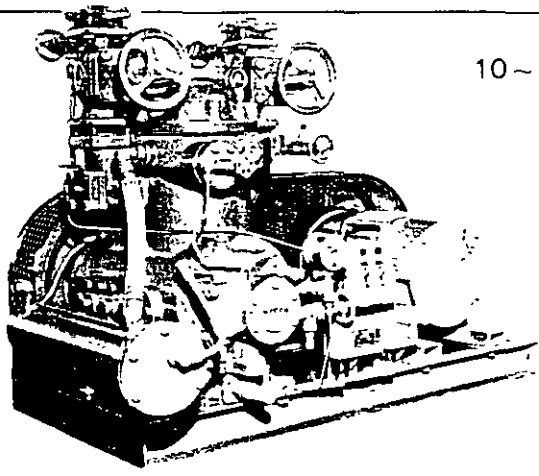


**MYCOM  
MAYEKAWA DE MEXICO, S. A.**

AV INGUARAN No 6556  
MEXICO 14, D F  
TEL. 517-52-20 c/3 LINEAS  
759-10-00 c/4 LINEAS

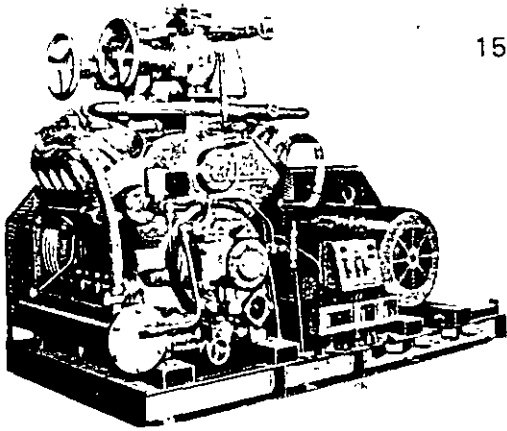
**RED MUNDIAL DE MYCOM**

Tokio, Los Angeles, Vancouver, Bruselas, Sao Paulo, Lima,  
Caracas, Jakarta, Bangkok, etc., etc



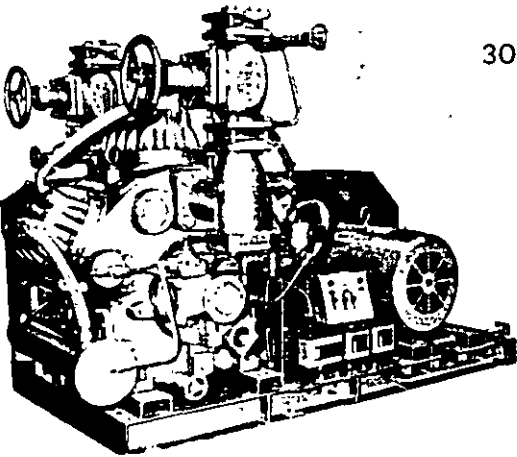
10~15 HP

**2A**



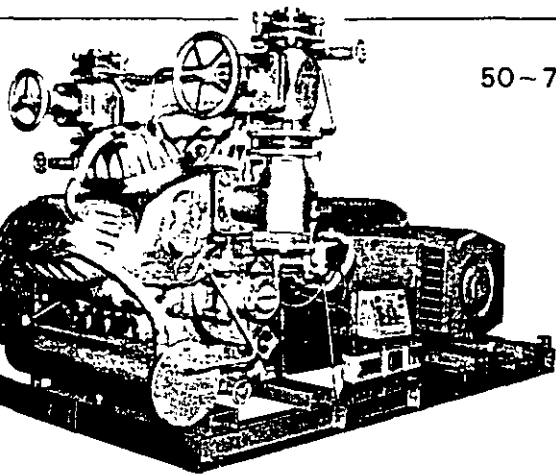
15~30 HP

**4A**



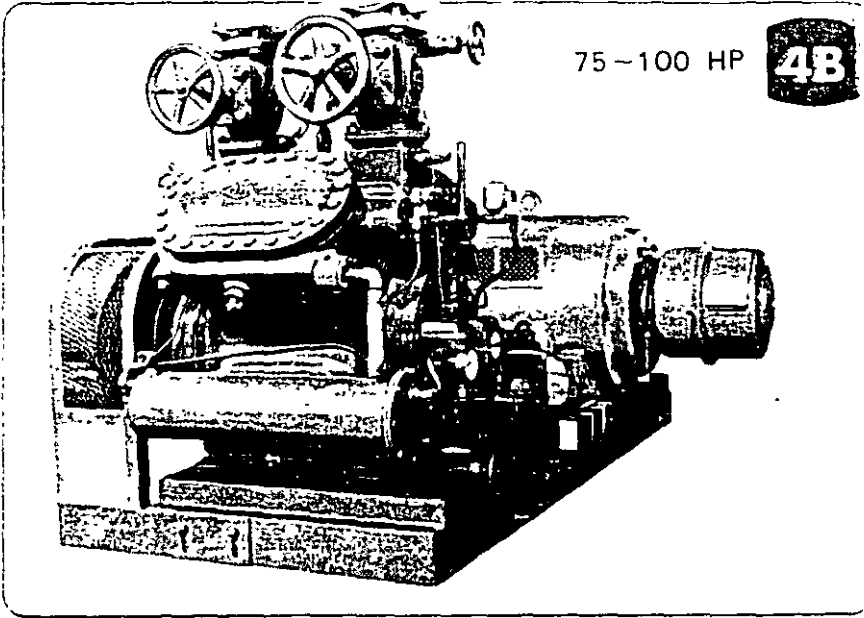
30~50 HP

**6A**



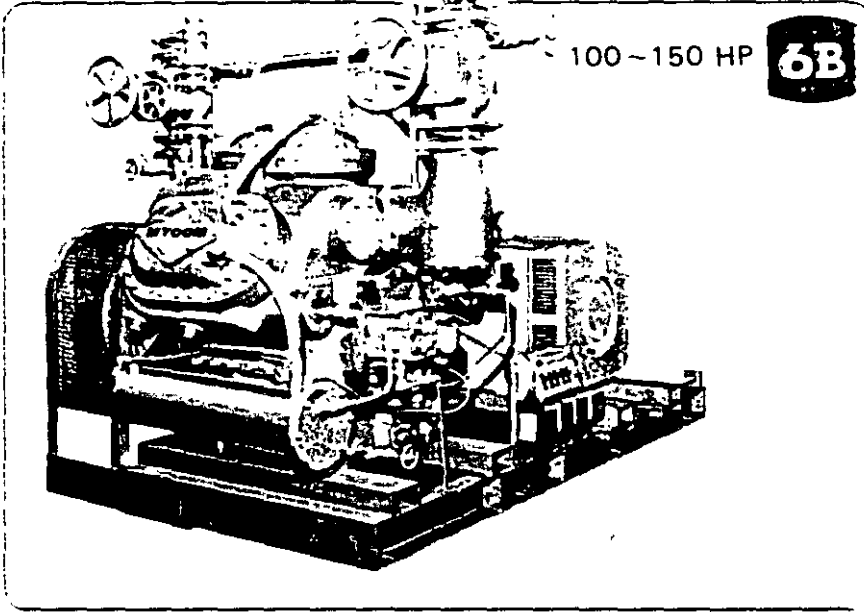
50~75 HP

**8A**



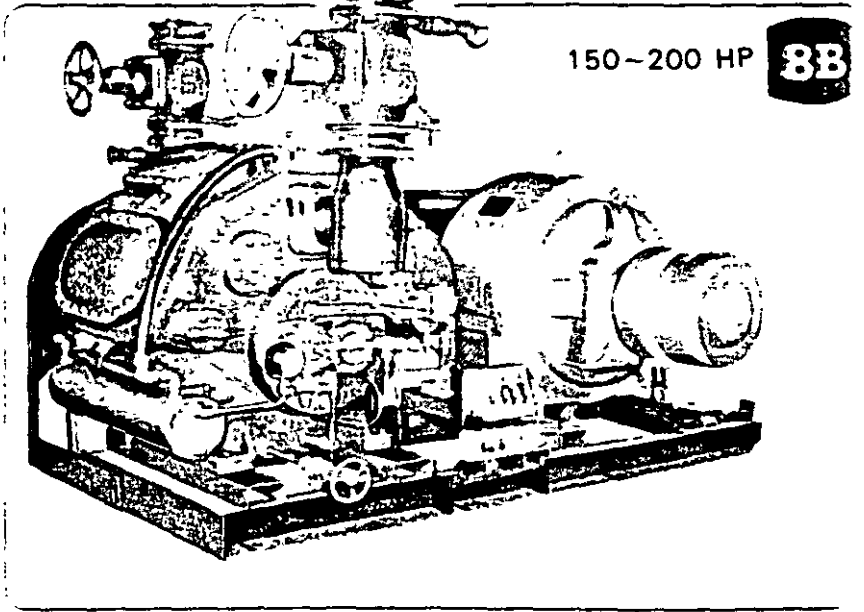
75-100 HP

**4B**



100-150 HP

**6B**



150-200 HP

**8B**

**TABLA DE CAPACIDADES  
Y CABALLOS DE FUERZA**

**COMPRESOR**

**MYCOM**

**MAYEKAWA DE MEXICO, S. A.**

# EQUIVALENCIAS

		AMONIACO		FREON-12		FREON-22		FREON-502	
°C	°F	kg/Cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	kg/Cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	kg/Cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	kg/Cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>
-50	-58.0	Hg. 45.36	Hg. 17.86	Hg. 46.61	Hg. 18.35	Hg. 27.49	Hg. 10.82	Hg. 14.45	Hg. 5.67
-45	-49.0	· 33.78	· 13.30	· 38.15	· 15.02	· 12.20	· 4.80	0.03	0.41
-40	-40.0	· 22.21	· 8.74	· 27.85	· 11.76	0.04	0.60	0.30	4.27
-38	-36.4	· 15.92	· 6.27	· 23.16	· 9.12	0.15	2.10	0.42	6.00
-36	-32.8	· 9.64	· 3.79	· 18.12	· 7.13	0.26	3.70	0.55	7.86
-34	-29.2	· 2.51	· 0.99	· 12.72	· 5.00	0.38	5.40	0.69	9.84
-32	-25.6	0.07	1.01	· 6.91	· 2.72	0.51	7.22	0.84	11.94
-30	-22.0	0.19	2.63	· 2.70	· 0.27	0.65	9.17	1.00	14.21
-28	-18.4	0.31	4.38	0.08	0.12	0.79	11.23	1.17	16.59
-26	-14.8	0.44	6.27	0.18	2.52	0.94	13.42	1.35	19.13
-24	-11.2	0.59	8.29	0.28	3.98	1.11	15.73	1.53	21.81
-22	-7.6	0.74	10.52	0.39	5.53	1.29	18.29	1.74	24.67
-20	-4.0	0.91	12.88	0.51	7.19	1.48	20.99	1.95	27.67
-18	-0.4	1.08	15.40	0.63	8.94	1.67	23.69	2.17	30.86
-16	3.2	1.28	18.13	0.76	10.81	1.89	26.82	2.41	34.23
-14	6.8	1.48	21.05	0.90	12.77	2.11	29.96	2.66	37.77
-12	10.4	1.70	24.15	1.05	14.86	2.34	33.22	2.96	42.08
-10	14.0	1.93	27.47	1.20	17.07	2.59	36.77	3.19	45.42
-8	17.6	2.19	31.03	1.36	19.40	2.86	40.61	3.49	49.57
-6	21.2	2.45	34.80	1.54	21.86	3.14	44.59	3.79	53.89
-4	24.8	2.73	38.78	1.72	24.45	3.43	48.72	4.11	58.44
-2	28.4	3.03	43.03	1.91	27.16	3.74	53.13	4.45	63.22
0	32.0	3.35	47.57	2.11	30.34	4.07	57.82	4.80	68.23
2	35.6	3.68	52.33	2.32	33.05	4.41	62.65	5.17	73.46
4	39.2	4.04	57.43	2.55	36.21	4.79	68.06	5.55	78.94
6	42.8	4.42	62.80	2.78	39.52	5.15	73.18	5.95	84.65
8	46.4	4.82	68.47	3.02	43.00	5.54	78.72	6.38	90.65
10	50.0	5.24	74.47	3.28	46.63	5.96	84.69	6.81	96.88
12	53.6	5.68	80.78	3.55	50.46	6.39	90.81	7.27	103.35
14	57.2	6.15	87.44	3.83	54.44	6.84	97.23	7.75	110.15
16	60.8	6.64	94.46	4.12	58.60	7.31	103.89	8.24	117.17
18	64.4	7.16	101.84	4.43	62.94	7.80	110.85	8.76	124.51
20	68.0	7.71	109.59	4.74	67.47	8.32	118.25	9.30	132.19
22	71.6	8.28	117.74	5.09	72.20	8.86	125.93	9.86	140.15
24	75.2	8.88	126.29	5.42	77.13	9.42	133.90	10.44	148.40
26	78.8	9.51	135.23	5.78	82.24	10.00	142.14	11.05	157.07
28	82.4	10.17	144.62	6.16	87.59	10.60	150.68	11.67	165.89
30	86.0	10.86	154.44	6.55	93.10	11.23	159.63	12.31	174.99
32	89.6	11.58	164.71	6.96	98.91	11.89	169.02	12.99	184.66
34	93.2	12.34	175.47	7.37	104.87	12.57	178.69	13.69	194.61
36	96.8	13.13	186.72	7.81	111.11	13.27	188.64	14.41	204.85
38	100.4	13.96	198.45	8.26	117.53	13.99	198.88	15.16	215.52
40	104.0	14.82	210.68	8.74	124.24	14.76	209.83	15.93	226.47
42	107.6	15.71	223.44	9.24	127.70	15.55	221.06	16.74	237.99
44	111.2	16.65	236.73	9.73	138.35	16.36	232.58	17.57	249.79
46	114.8	17.62	250.61	10.25	145.74	17.20	244.53	18.42	261.83
48	118.4	18.64	265.05	10.79	153.49	18.07	256.90	19.31	274.53
50	122.0	19.69	280.03	11.35	161.43	19.00	270.12	20.22	287.47
55	131.0			12.83	182.50			22.64	321.88
60	140.0			14.45	205.44			25.25	359.00
65	149.0			16.18	230.11			28.08	399.24
70	158.0			18.06	256.84			31.12	442.47

## COMPRESOR MYCOM 95 NH-2A

95 mm x 76 mm x 2 CILINDROS

	Desplazamiento	45.2m <sup>3</sup> /h		51.7m <sup>3</sup> /h		58.1m <sup>3</sup> /h		64.6m <sup>3</sup> /h		71.1m <sup>3</sup> /h	
	Velocidad	700 RPM		800 RPM		900 RPM		1000 RPM		1100 RPM	
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons	BHP	Tons	BHP	Tons	BHP	Tons	BHP	Tons	BHP
30°C. (86°F.)	5°C. (41°F.)	14.3	8.6	16.3	9.9	18.4	11.1	20.4	12.3	22.5	13.5
	0°C. (32°F.)	11.7	8.9	13.4	10.2	15.0	11.4	16.7	12.7	18.4	14.0
	-5°C. (23°F.)	9.5	8.8	10.8	10.1	12.2	11.4	13.5	12.6	14.9	13.9
	-10°C. (14°F.)	7.6	8.5	8.7	9.8	9.7	11.0	10.8	12.2	11.9	13.4
	-15°C. (5°F.)	6.0	8.1	6.8	9.2	7.7	10.4	8.5	11.5	9.4	12.7
	-20°C. (-4°F.)	4.6	7.4	5.3	8.4	6.0	9.5	6.6	10.5	7.3	11.6
	-25°C. (-13°F.)	3.4	6.7	3.9	7.6	4.4	8.6	4.9	9.5	5.4	10.5
	-30°C. (-22°F.)	2.5	5.9	2.8	6.7	3.2	7.6	3.5	8.4	3.9	9.2
35°C. (95°F.)	5°C. (41°F.)	13.6	9.9	15.5	11.3	17.5	12.7	19.4	14.1	21.3	15.5
	0°C. (32°F.)	11.1	9.9	12.7	11.3	14.2	12.7	15.8	14.1	17.4	15.5
	-5°C. (23°F.)	8.9	9.6	10.2	11.0	11.4	12.3	12.7	13.7	14.0	15.1
	-10°C. (14°F.)	7.1	9.1	8.2	10.4	9.2	11.7	10.2	13.0	11.2	14.3
	-15°C. (5°F.)	5.5	8.5	6.3	9.8	7.1	11.0	7.9	12.2	8.7	13.4
	-20°C. (-4°F.)	4.2	7.7	4.8	8.8	5.4	9.9	6.0	11.0	6.6	12.1
	-25°C. (-13°F.)	3.2	6.9	3.6	7.9	4.1	8.9	4.5	9.9	5.0	10.9
	-30°C. (-22°F.)	2.2	6.1	2.6	7.0	2.9	7.8	3.2	8.7	3.5	9.8
40°C. (104°F.)	5°C. (41°F.)	13.0	11.0	14.8	12.6	16.7	14.1	18.5	15.7	20.4	17.3
	0°C. (32°F.)	10.6	10.8	12.1	12.3	13.6	13.9	15.1	15.4	16.6	16.9
	-5°C. (23°F.)	8.5	10.3	9.7	11.8	10.9	13.2	12.1	14.7	13.3	16.2
	-10°C. (14°F.)	6.7	9.7	7.6	11.1	8.6	12.4	9.5	13.8	10.5	15.2
	-15°C. (5°F.)	5.2	8.9	5.9	10.2	6.7	11.4	7.4	12.7	8.1	14.0
	-20°C. (-4°F.)	3.9	8.0	4.4	9.1	5.0	10.3	5.5	11.4	6.1	12.5
	-25°C. (-13°F.)	2.7	7.1	3.1	8.2	3.5	9.2	3.9	10.2	4.3	11.2
	-30°C. (-22°F.)	1.9	6.2	2.2	7.1	2.4	7.9	2.7	8.8	3.0	9.7
45°C. (113°F.)	5°C. (41°F.)	12.1	11.9	13.8	13.6	15.6	15.2	17.3	16.9	19.0	18.6
	0°C. (32°F.)	9.7	12.0	11.8	13.8	12.4	15.5	13.8	17.2	15.2	18.9
	-5°C. (23°F.)	7.9	11.4	9.1	13.1	10.2	14.7	11.3	16.3	12.5	18.0
	-10°C. (14°F.)	6.2	10.7	7.1	12.2	8.0	13.7	8.9	15.3	9.8	16.8
	-15°C. (5°F.)	4.9	9.6	5.6	11.0	6.2	12.3	6.9	13.7	7.6	15.1
	-20°C. (-4°F.)	3.6	8.6	4.1	9.8	4.6	11.0	5.2	12.2	5.7	13.5
	-25°C. (-13°F.)	2.6	7.5	3.0	8.6	3.4	9.7	3.7	10.8	4.1	11.8
	-30°C. (-22°F.)	1.7	6.5	1.9	7.5	2.2	8.4	2.4	9.3	2.7	10.3

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K. cal./hora = 12,000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en grs se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.



## COMPRESOR MYCOM 95 NV-4A

95 mm x 76 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	90.4m <sup>3</sup> /h		103.4m <sup>3</sup> /h		116.3m <sup>3</sup> /h		129.2m <sup>3</sup> /h		142.1m <sup>3</sup> /h		155.0m <sup>3</sup> /h	
	Velocidad	700 RPM		800 RPM		900 RPM		1000 RPM		1100 RPM		1200 RPM	
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons.	BHP	Tons.	BHP	Tons.	BHP	Tons.	BHP	Tons.	BHP	Tons.	BHP
30°C. (86°F.)	5°C. ( 41°F.)	28.6	17.3	32.7	19.8	36.7	22.2	40.6	24.7	44.9	27.2	49.0	29.6
	0°C. ( 32°F.)	23.4	17.9	26.7	20.4	30.1	23.0	33.4	25.5	36.8	28.1	40.1	30.6
	-5°C. ( 23°F.)	18.9	17.6	21.6	20.2	24.3	22.7	27.0	25.2	29.8	27.7	32.4	30.2
	-10°C. ( 14°F.)	15.1	17.1	17.3	19.5	19.5	22.0	21.6	24.4	23.8	26.8	25.9	29.3
	-15°C. ( 5°F.)	11.9	16.0	13.6	18.3	15.3	20.6	17.0	22.9	18.7	25.2	20.4	27.5
	-20°C. (- 4°F.)	9.2	14.7	10.5	16.8	11.8	18.9	13.1	21.0	14.4	23.1	15.7	25.2
	-25°C. (-13°F.)	6.9	13.4	7.9	15.4	8.8	17.3	9.8	19.2	10.8	21.1	11.8	23.0
	-30°C. (-22°F.)	4.9	11.8	5.6	13.5	6.3	15.2	7.0	16.9	7.7	18.6	8.4	20.3
35°C. (95°F.)	5°C. ( 41°F.)	27.2	19.8	31.1	22.7	35.0	25.5	38.9	28.3	42.8	31.1	46.7	34.0
	0°C. ( 32°F.)	22.2	19.8	25.7	22.7	28.5	25.5	31.7	28.3	34.9	31.1	38.0	34.0
	-5°C. ( 23°F.)	17.9	19.3	20.5	22.0	23.1	24.8	25.6	27.5	28.2	30.3	30.7	33.0
	-10°C. ( 14°F.)	14.2	18.3	16.3	20.9	18.3	23.5	20.3	26.1	22.3	28.7	24.4	31.3
	-15°C. ( 5°F.)	11.1	17.1	12.7	19.5	14.2	22.0	15.8	24.4	17.4	26.8	19.0	29.3
	-20°C. (- 4°F.)	8.5	15.5	9.7	17.7	10.9	19.9	12.1	22.1	13.3	24.3	14.5	26.5
	-25°C. (-13°F.)	6.2	13.9	7.1	15.9	8.0	17.8	8.9	19.8	9.8	21.8	10.7	23.8
	-30°C. (-22°F.)	4.4	12.1	5.1	13.9	5.7	15.6	6.3	17.3	6.9	19.0	7.6	20.8
40°C. (104°F.)	5°C. ( 41°F.)	25.8	22.1	29.5	25.2	33.2	28.4	36.9	31.5	40.6	34.7	44.3	37.8
	0°C. ( 32°F.)	21.0	21.6	24.0	24.7	27.0	27.7	30.0	30.8	33.0	33.9	36.0	37.0
	-5°C. ( 23°F.)	16.9	20.7	19.4	23.6	21.8	26.6	24.2	29.5	26.6	32.5	29.0	35.4
	-10°C. ( 14°F.)	13.3	19.4	15.2	22.2	17.1	24.9	19.0	27.7	20.9	30.5	22.8	33.2
	-15°C. ( 5°F.)	10.3	17.9	11.8	20.4	13.2	23.0	14.7	25.5	16.2	28.1	17.6	30.6
	-20°C. (- 4°F.)	7.8	16.0	8.9	18.3	10.0	20.6	11.1	22.9	12.2	25.2	13.3	27.5
	-25°C. (-13°F.)	5.6	14.3	6.4	16.3	7.2	18.4	8.0	20.4	8.8	22.4	9.6	24.5
	-30°C. (-22°F.)	3.9	12.4	4.5	14.2	5.1	15.9	5.6	17.7	6.2	19.5	6.7	21.2
45°C. (113°F.)	5°C. ( 41°F.)	24.2	23.7	27.7	27.1	31.1	30.5	34.6	33.9	38.1	37.3	41.5	40.7
	0°C. ( 32°F.)	19.3	24.1	22.1	27.5	24.9	31.0	27.6	34.4	30.4	37.8	33.2	41.3
	-5°C. ( 23°F.)	15.9	22.8	18.1	26.1	20.4	29.4	22.7	32.6	24.9	35.9	27.2	39.2
	-10°C. ( 14°F.)	12.4	21.4	14.2	24.4	16.0	27.5	17.8	30.5	19.6	33.6	21.3	36.6
	-15°C. ( 5°F.)	9.7	19.2	11.1	22.0	12.5	24.7	13.9	27.4	15.3	30.2	16.7	32.9
	-20°C. (- 4°F.)	7.2	17.1	8.2	19.6	9.3	22.0	10.3	24.5	11.3	26.9	12.4	29.4
	-25°C. (-13°F.)	5.2	15.1	6.0	17.2	6.7	19.4	7.4	21.5	8.2	23.7	8.9	25.8
	-30°C. (-22°F.)	3.4	13.0	3.9	14.9	4.4	16.8	4.8	18.6	5.3	20.5	5.8	22.4

NOTAS

1—Tons = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P = 0.7458 K W.H

2—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

## COMPRESOR MYCOM 95 NW-6A

95 mm x 76 mm x 6 CILINDROS

	Desplazamiento	135.7m3/h	155.1m3/h	174.5m3/h	193.9m3/h	213.3m3/h	232.7m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	5°C. (41°F.)	42.9 25.9	49.1 29.6	55.2 33.3	61.3 37.0	67.4 40.7	73.6 44.4
	0°C. (32°F.)	35.1 26.7	40.1 30.5	45.1 34.3	50.1 38.1	55.1 41.9	60.1 45.7
	-5°C. (23°F.)	28.4 26.5	32.4 30.3	36.5 34.0	40.5 37.8	44.6 41.6	48.6 45.4
	-10°C. (14°F.)	22.7 25.6	25.9 29.3	29.2 33.0	32.4 36.6	35.6 40.3	38.9 43.9
	-15°C. (5°F.)	17.9 24.1	20.4 27.5	23.0 31.0	25.5 34.4	28.1 37.8	30.6 41.3
	-20°C. (-4°F.)	13.8 22.1	15.8 25.2	17.7 28.4	19.7 31.5	21.7 34.7	23.6 37.8
	-25°C. (-13°F.)	10.3 20.1	11.8 23.0	13.2 25.8	14.7 28.7	16.2 31.6	17.6 34.4
	-30°C. (-22°F.)	7.5 17.7	8.6 20.3	9.6 22.8	10.7 25.3	11.8 27.8	12.8 30.4
35°C. (95°F.)	5°C. (41°F.)	40.1 29.8	46.7 34.0	52.5 38.3	58.3 42.5	64.1 46.8	70.0 51.0
	0°C. (32°F.)	33.3 29.6	38.1 33.9	42.9 38.1	47.6 42.3	52.4 46.5	57.1 50.8
	-5°C. (23°F.)	26.9 28.8	30.7 32.9	34.6 37.0	38.4 41.1	42.2 45.2	46.1 49.3
	-10°C. (14°F.)	21.4 27.4	24.5 31.3	27.6 35.2	30.6 39.1	33.7 43.0	36.7 46.9
	-15°C. (5°F.)	16.7 25.6	19.1 29.2	21.4 32.9	23.8 36.5	26.2 40.2	28.6 43.8
	-20°C. (-4°F.)	12.7 23.2	14.5 26.5	16.3 29.8	18.1 33.1	19.9 36.4	21.7 39.7
	-25°C. (-13°F.)	9.4 20.9	10.7 23.9	12.1 26.8	13.4 29.8	14.7 32.8	16.1 35.8
	-30°C. (-22°F.)	6.6 18.2	7.5 20.8	8.5 23.4	9.4 26.0	10.3 28.6	11.3 31.2
40°C. (104°F.)	5°C. (41°F.)	38.8 33.0	44.3 37.8	49.9 42.5	55.4 47.2	60.9 51.9	66.5 56.6
	0°C. (32°F.)	31.6 32.3	36.1 37.0	40.6 41.6	45.1 46.2	49.6 50.8	54.1 55.4
	-5°C. (23°F.)	25.4 30.9	29.1 35.4	32.7 39.8	36.3 44.2	39.9 48.6	43.6 53.0
	-10°C. (14°F.)	20.0 29.1	22.9 33.2	25.8 37.4	28.6 41.5	31.5 45.7	34.3 49.8
	-15°C. (5°F.)	15.4 28.7	17.6 30.6	19.8 34.4	22.0 38.2	24.2 42.0	26.4 45.8
	-20°C. (-4°F.)	11.6 24.1	13.3 27.5	15.0 31.0	16.6 34.4	18.3 37.8	19.9 41.3
	-25°C. (-13°F.)	8.4 21.4	9.6 24.5	10.8 27.6	12.0 30.6	13.2 33.7	14.4 36.7
	-30°C. (-22°F.)	5.8 18.5	6.7 21.1	7.5 23.6	8.3 26.4	9.1 29.0	10.0 31.7
45°C. (113°F.)	5°C. (41°F.)	36.3 35.6	41.5 40.7	46.7 45.7	51.9 50.8	57.1 55.9	62.3 61.0
	0°C. (32°F.)	29.0 36.1	33.2 41.3	37.3 46.4	41.5 51.6	45.6 56.8	49.8 61.9
	-5°C. (23°F.)	23.8 34.3	27.2 39.2	30.6 44.1	34.0 49.0	37.4 53.9	40.8 58.8
	-10°C. (14°F.)	18.7 32.0	21.3 36.6	24.0 41.2	26.7 45.8	29.3 50.3	32.0 54.9
	-15°C. (5°F.)	14.6 28.8	16.7 32.9	18.7 37.0	20.8 41.2	22.9 45.3	25.0 49.4
	-20°C. (-4°F.)	10.8 25.7	12.4 29.4	13.9 33.0	15.5 36.7	17.0 40.4	18.5 44.1
	-25°C. (-13°F.)	7.8 22.6	8.9 25.8	10.1 29.1	11.2 32.3	12.3 35.5	13.4 38.8
	-30°C. (-22°F.)	5.1 19.6	5.8 22.4	6.5 25.2	7.3 28.0	8.0	8.7 33.6

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3 024 K. cal./hora = 12 000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

COMPRESOR MYCOM 95 NWV-8A  
95 mm x 76 mm x 8 CILINDROS

	Desplazamiento	181.0m <sup>3</sup> /h	206.8m <sup>3</sup> /h	232.7m <sup>3</sup> /h	258.5m <sup>3</sup> /h	284.4m <sup>3</sup> /h	310.2m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	5°C. ( 41°F.)	57.2 34.5	65.4 39.5	73.5 44.4	81.7 49.3	89.9 54.2	98.0 59.2
	0°C. ( 32°F.)	46.6 35.6	53.4 40.7	60.0 45.7	66.7 50.8	73.4 56.9	80.0 61.0
	-5°C. ( 23°F.)	37.8 35.3	43.2 40.3	48.6 45.4	54.0 50.4	59.4 55.5	64.8 60.5
	-10°C. ( 14°F.)	30.2 34.2	34.6 39.1	38.9 43.9	43.2 48.8	47.5 53.7	51.8 58.6
	-15°C. ( 5°F.)	23.7 32.2	27.1 36.8	30.1 41.4	33.9 46.0	37.3 50.6	40.7 55.2
	-20°C. ( -4°F.)	18.3 29.5	20.9 33.7	23.5 37.9	26.1 42.1	28.7 46.3	31.3 50.5
	-25°C. ( -13°F.)	13.7 26.8	15.7 30.7	17.7 34.5	19.6 38.3	21.6 42.1	23.5 46.0
	-30°C. ( -22°F.)	9.9 23.7	11.4 27.1	12.8 30.4	14.2 33.8	15.6 37.2	17.0 40.6
35°C. (95°F.)	5°C. ( 41°F.)	54.4 39.6	62.2 45.3	69.9 51.0	77.7 56.6	85.5 62.3	93.2 67.9
	0°C. ( 32°F.)	44.5 39.5	50.8 45.1	57.2 50.8	63.5 56.4	70.0 62.0	76.2 67.7
	-5°C. ( 23°F.)	35.8 38.4	41.0 43.9	46.1 49.4	51.2 54.9	56.3 60.4	61.4 65.9
	-10°C. ( 14°F.)	28.5 36.6	32.6 41.9	36.6 47.1	40.7 52.3	44.8 57.5	48.8 62.8
	-15°C. ( 5°F.)	22.1 34.0	25.3 38.9	28.5 43.8	31.6 48.6	34.8 53.5	37.9 58.3
	-20°C. ( -4°F.)	16.9 30.9	19.7 36.4	21.8 39.8	24.2 44.2	26.6 48.6	29.0 53.0
	-25°C. ( -13°F.)	12.5 27.8	14.3 31.8	16.1 35.7	17.9 39.7	19.7 43.7	21.5 47.6
	-30°C. ( -22°F.)	8.8 24.3	10.1 27.8	11.4 31.2	12.8 34.7	13.9 38.2	15.1 41.6
40°C. (104°F.)	5°C. ( 41°F.)	51.7 44.1	59.1 50.4	66.5 56.7	73.9 63.0	81.3 69.3	88.7 75.6
	0°C. ( 32°F.)	42.1 43.1	48.1 49.3	54.1 55.5	60.1 61.6	66.1 67.8	72.1 73.9
	-5°C. ( 23°F.)	33.8 41.3	38.7 47.2	43.5 53.1	48.3 59.0	53.1 64.9	58.0 70.8
	-10°C. ( 14°F.)	26.6 38.9	30.4 44.4	34.2 50.0	38.0 55.5	41.8 61.1	45.6 66.6
	-15°C. ( 5°F.)	20.6 35.6	23.5 40.7	26.5 45.8	29.4 50.9	32.3 56.0	35.3 61.1
	-20°C. ( -4°F.)	15.5 32.1	17.7 36.7	19.9 41.2	22.1 45.8	24.3 50.4	26.5 55.0
	-25°C. ( -13°F.)	11.2 28.8	12.8 32.6	14.4 36.6	16.0 40.7	17.6 44.8	19.2 48.8
	-30°C. ( -22°F.)	7.8 24.8	8.9 28.2	10.0 31.7	11.1 35.2	12.2 38.7	13.3 42.2
45°C. (113°F.)	5°C. ( 41°F.)	48.4 47.4	55.4 54.2	62.3 61.0	69.2 67.8	76.1 74.5	83.0 81.3
	0°C. ( 32°F.)	38.7 48.2	44.2 55.0	49.8 61.9	55.3 68.8	60.8 75.7	66.3 82.6
	-5°C. ( 23°F.)	31.8 45.7	36.3 52.2	40.8 58.8	45.4 65.3	49.9 71.8	54.4 78.3
	-10°C. ( 14°F.)	24.9 42.7	28.4 48.8	32.0 54.9	35.6 61.0	39.1 67.1	42.7 73.2
	-15°C. ( 5°F.)	19.4 38.4	22.2 43.9	25.0 49.4	27.8 54.9	30.5 60.4	33.3 65.9
	-20°C. ( -4°F.)	14.4 34.3	16.5 39.2	18.5 44.1	20.6 49.0	22.7 53.9	24.7 58.8
	-25°C. ( -13°F.)	10.4 30.2	11.9 34.5	13.4 38.8	14.9 43.1	16.4 47.4	17.9 51.7
	-30°C. ( -22°F.)	6.8 26.1	7.7 29.8	8.7 33.6	9.7 37.3	10.6 41.0	11.6 44.7

NOTAS.

1—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.021 K cal/hora = 12.000 BTU/hora

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en grta se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

**COMPRESOR MYCOM 130 NV-4B**  
**130 mm x 100 mm x 4 CILINDROS**

	Desplazamiento	223.0m <sup>3</sup> /h	254.8m <sup>3</sup> /h	286.7m <sup>3</sup> /h	318.5m <sup>3</sup> /h	350.1m <sup>3</sup> /h	382.2m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensacion	Temperatura de evaporacion	Tons HHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C (86°F.)	5°C ( 41°F )	70.6 42.6	80.7 48.7	90.7 54.7	100.8 60.8	110.9 66.9	121.0 73.0
	0°C. ( 32°F )	57.5 43.8	65.8 50.1	74.0 56.4	82.2 62.6	90.4 68.9	98.6 75.1
	- 5°C. ( 23°F.)	46.7 43.5	53.4 49.8	60.0 56.0	66.7 62.2	73.4 68.4	80.0 74.6
	-10°C ( 14°F.)	37.3 42.0	42.7 48.0	48.0 54.0	53.3 60.0	58.6 66.0	64.0 72.0
	-15°C. ( 5°F.)	29.3 40.0	33.5 45.3	37.6 51.0	41.8 56.6	46.0 62.3	50.2 67.9
	-20°C ( - 4°F )	22.6 36.3	25.9 41.5	29.1 46.7	32.3 51.9	35.5 57.1	38.8 62.3
	-25°C. ( -13°F.)	16.9 33.0	19.4 37.8	19.4 42.5	24.2 47.2	26.6 51.9	29.0 56.6
	-30°C. ( -22°F.)	12.3 29.2	14.0 33.4	15.8 37.5	17.5 41.7	19.3 45.9	21.0 50.0
35°C. (95°F.)	5°C. ( 41°F.)	67.1 48.8	76.7 55.8	86.3 62.7	95.9 69.7	105.5 76.7	115.1 83.6
	0°C. ( 32°F.)	54.7 48.7	62.6 55.7	70.4 62.7	78.2 69.6	86.0 76.6	93.8 83.5
	- 5°C. ( 23°F.)	44.2 47.7	50.5 54.2	56.8 60.9	63.1 67.7	69.4 74.5	75.7 81.2
	-10°C. ( 14°F.)	35.2 45.0	40.3 51.5	45.3 57.9	50.3 64.3	55.3 70.7	60.4 77.2
	-15°C. ( 5°F.)	27.2 42.0	31.1 48.0	35.0 54.0	38.9 60.0	42.8 66.0	46.7 72.0
	-20°C. ( - 4°F.)	20.9 38.2	23.9 43.6	26.8 49.1	29.8 54.5	32.8 60.0	35.8 65.4
	-25°C. ( -13°F.)	15.4 34.2	17.6 39.1	19.8 44.0	22.0 48.9	24.2 53.8	26.4 58.7
	-30°C. ( -22°F.)	10.9 30.0	12.6 34.3	14.1 38.6	15.6 42.8	17.2 47.1	18.7 51.4
40°C (104°F.)	5°C. ( 41°F.)	63.8 54.3	72.9 62.1	82.0 69.9	91.1 77.6	100.2 85.4	109.3 93.1
	0°C. ( 32°F.)	51.8 53.2	59.2 60.8	66.6 68.4	74.0 76.0	81.4 83.6	88.8 91.2
	- 5°C. ( 23°F.)	41.7 51.0	47.7 58.3	53.7 65.5	59.6 72.8	65.6 80.1	71.5 87.4
	-10°C. ( 14°F.)	32.9 47.8	37.6 54.7	42.3 61.5	47.0 68.3	51.7 75.1	56.4 82.0
	-15°C. ( 5°F.)	25.3 44.0	29.0 50.3	32.6 56.6	36.2 62.9	39.8 69.2	43.4 75.5
	-20°C. ( - 4°F.)	19.1 39.6	21.9 46.3	24.6 51.0	27.3 56.6	30.0 62.3	32.8 67.9
	-25°C. ( -13°F.)	13.9 35.2	15.9 40.3	17.8 45.3	19.8 50.3	21.8 55.3	23.8 60.4
	-30°C. ( -22°F.)	9.6 30.4	11.0 34.7	12.3 39.1	13.7 43.4	15.1 47.7	16.4 52.1
45°C. (113°F.)	5°C. ( 41°F.)	59.4 60.9	67.8 69.6	76.3 78.3	84.8 87.0	93.3 95.7	101.8 104.4
	0°C ( 32°F.)	45.4 59.8	51.9 68.3	58.4 76.9	64.9 85.4	71.4 93.9	77.9 102.5
	- 5°C. ( 23°F.)	38.2 57.0	43.7 65.1	49.1 73.3	54.6 81.4	60.1 89.5	65.5 97.7
	-10°C. ( 14°F.)	31.4 52.8	35.8 60.3	40.3 67.9	44.8 75.4	49.3 82.9	53.8 90.5
	-15°C. ( 5°F.)	22.5 47.5	25.8 54.2	29.0 61.0	32.2 67.8	35.4 74.6	38.6 81.4
	-20°C. ( - 4°F )	17.1 44.4	19.6 50.7	22.0 57.1	24.4 63.4	26.9 69.7	29.3 76.1
	-25°C. ( -13°F.)	12.4 39.6	14.2 46.3	16.0 50.9	17.8 56.6	19.5 62.3	21.3 67.9
	-30°C ( -22°F.)	8.4 33.0	9.6 37.8	10.9 42.5	12.1 47.2	13.3 51.9	14.5 56.6

NOTAS

1.—Tons = Toneladas de Refrigeracion.

1 Tonelada de refrigeracion = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la perdida por transmision de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan unicamente para interpolacion. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razon de compresion mayor de 9:1, ni una presion de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

COMPRESOR MYCOM 130 NW-6B  
130 mm x 100 mm x 6 CILINDROS

	Desplazamiento	334.5m <sup>3</sup> /h	382.2m <sup>3</sup> /h	430.0m <sup>3</sup> /h	477.8m <sup>3</sup> /h	525.6m <sup>3</sup> /h	573.4m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	5°C. (41°F.)	105.8 63.9	120.9 73.1	136.0 82.2	151.1 91.3	166.2 100.4	181.3 109.6
	0°C. (32°F.)	86.3 65.7	96.7 75.1	111.0 84.5	123.3 93.9	135.6 103.3	148.0 112.7
	-5°C. (23°F.)	69.9 65.2	79.9 74.5	89.9 83.8	99.9 93.1	109.9 102.4	119.9 111.7
	-10°C. (14°F.)	55.9 63.1	63.9 72.1	71.8 81.1	79.8 90.1	87.8 99.1	95.8 108.1
	-15°C. (5°F.)	44.0 66.4	50.3 67.9	56.5 76.3	62.8 84.8	69.1 93.3	75.4 101.8
	-20°C. (-4°F.)	33.9 64.4	38.7 62.2	43.6 69.9	48.4 77.7	53.2 85.5	58.1 93.2
	-25°C. (-13°F.)	25.3 49.6	28.9 56.7	32.5 63.7	36.1 70.8	39.7 77.9	43.3 85.0
	-30°C. (-22°F.)	18.3 43.7	20.9 49.9	23.5 56.2	26.1 62.4	28.7 68.6	31.3 74.9
35°C. (95°F.)	5°C. (41°F.)	100.6 73.2	115.0 83.6	129.3 94.1	143.7 104.5	158.1 115.0	172.4 125.4
	0°C. (32°F.)	82.0 73.1	93.8 83.5	105.5 94.0	117.2 104.4	128.9 114.8	140.6 125.3
	-5°C. (23°F.)	66.3 71.0	75.8 81.1	85.2 91.3	94.7 101.4	104.2 111.5	113.6 121.7
	-10°C. (14°F.)	52.7 67.6	60.3 77.2	67.8 86.9	75.3 96.5	82.8 106.2	90.4 115.8
	-15°C. (5°F.)	41.0 62.9	48.9 71.9	52.8 80.9	58.6 89.9	64.4 93.3	70.3 107.9
	-20°C. (-4°F.)	31.2 57.2	35.7 65.4	40.2 73.5	44.6 81.7	49.1 89.9	53.5 98.0
	-25°C. (-13°F.)	23.2 51.4	26.5 58.7	29.8 66.1	33.1 73.4	36.4 80.7	39.7 88.1
	-30°C. (-22°F.)	18.5 44.9	18.7 51.3	21.1 57.7	23.4 64.1	25.7 70.5	28.1 76.9
40°C. (104°F.)	5°C. (41°F.)	95.6 81.4	109.3 93.1	122.9 104.7	136.6 116.3	150.3 127.9	163.9 139.6
	0°C. (32°F.)	77.8 79.7	88.9 91.1	100.0 102.5	111.1 113.9	122.2 125.3	133.3 136.7
	-5°C. (23°F.)	62.5 76.4	71.5 87.3	80.4 98.2	89.3 109.1	98.2 120.0	107.2 130.9
	-10°C. (14°F.)	49.3 71.7	56.3 81.9	63.4 92.2	70.4 102.4	77.4 112.6	84.5 122.9
	-15°C. (5°F.)	38.0 65.9	43.5 75.4	48.9 84.4	54.3 94.2	59.7 103.6	65.2 113.0
	-20°C. (-4°F.)	28.6 59.3	32.7 67.8	36.8 76.2	40.9 84.7	45.0 93.2	49.1 101.6
	-25°C. (-13°F.)	20.7 52.7	23.7 60.3	26.7 67.8	29.6 75.3	32.6 82.8	35.5 90.4
	-30°C. (-22°F.)	14.4 45.6	16.5 52.1	18.6 58.6	20.6 65.1	22.7 71.6	24.7 78.1
45°C. (113°F.)	5°C. (41°F.)	89.0 91.4	101.8 104.4	114.5 117.5	127.2 130.5	139.9 143.6	152.6 156.6
	0°C. (32°F.)	68.1 89.7	77.9 102.5	87.6 115.3	97.4 128.1	107.1 140.9	116.9 153.7
	-5°C. (23°F.)	57.3 85.5	65.5 97.7	73.7 109.9	81.9 122.1	90.1 134.3	98.3 146.5
	-10°C. (14°F.)	47.0 79.2	53.8 90.5	60.5 101.8	67.2 113.1	73.9 124.4	80.6 135.7
	-15°C. (5°F.)	33.8 71.2	38.6 81.4	43.5 91.5	48.3 101.7	53.1 111.9	58.0 122.0
	-20°C. (-4°F.)	25.7 66.6	29.3 76.1	33.0 85.6	36.7 95.1	40.3 104.6	44.0 114.1
	-25°C. (-13°F.)	18.6 59.4	21.3 67.9	24.0 76.4	26.6 84.9	29.3 93.4	32.0 101.9
	-30°C. (-22°F.)	12.7 49.6	14.5 56.6	16.3 63.7	18.1 70.8	19.9 77.9	21.7 85.0

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K. cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

COMPRESOR M.Y.COM NWV-8B  
130 mm x 100 mm x 8 CILINDRO

	Desplazamiento	446 0m3/h	509 7m3/h	573 4m3/h	637.1m3/h	700 8m3/h	764.5m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	5°C. ( 41°F.)	141.1 85.2	161.2 97.4	181.4 109.5	201.5 121.7	221.7 133.9	241.8 146.0
	0°C. ( 32°F.)	115.1 87.7	131.5 100.3	148.0 112.8	164.4 125.3	180.9 137.8	197.3 150.4
	- 5°C ( 23°F.)	93.2 86.9	106.6 99.4	119.9 111.8	133.2 124.2	146.5 136.6	159.8 149.0
	-10°C. ( 14°F.)	74.6 84.1	85.2 96.1	95.9 108.1	106.5 120.1	117.2 132.1	127.8 144.1
	-15°C. ( 5°F.)	58.7 79.2	67.1 90.5	75.4 101.8	83.8 113.1	92.2 124.4	100.6 135.7
	-20°C. (- 4°F.)	45.2 72.5	51.6 82.9	58.1 83.3	64.5 103.6	71.0 114.0	77.4 124.3
	-25°C. (-13°F.)	33.7 66.0	38.6 75.5	43.4 84.9	48.2 94.3	53.0 103.7	57.8 113.2
	-30°C. (-22°F.)	24.4 58.4	27.9 66.7	31.4 75.1	34.9 83.4	38.4 91.7	41.9 100.1
35°C. (95°F.)	5°C. ( 41°F.)	134.2 97.6	153.4 111.5	172.5 125.5	191.7 139.4	210.9 153.3	230.0 167.3
	0°C. ( 32°F.)	109.2 97.4	124.9 111.3	140.5 125.2	156.1 139.1	171.7 153.0	187.3 166.9
	- 5°C ( 23°F.)	88.4 94.7	101.1 108.3	113.7 121.8	126.3 135.3	138.9 148.8	151.6 162.4
	-10°C. ( 14°F.)	70.3 90.0	80.3 102.9	90.4 115.8	100.4 128.6	110.4 141.5	120.5 154.3
	-15°C. ( 5°F.)	54.7 83.9	62.5 96.9	70.3 107.9	78.1 119.9	85.9 131.9	93.7 143.9
	-20°C. (- 4°F.)	41.7 76.2	47.7 87.1	53.7 98.0	59.6 108.9	65.6 119.8	71.5 130.7
	-25°C. (-13°F.)	30.9 68.5	35.3 78.3	39.7 88.0	44.1 97.8	48.5 107.8	52.9 117.4
	-30°C (-22°F.)	21.8 59.8	25.0 68.3	28.1 78.9	31.2 85.4	34.3 93.9	37.4 102.5
40°C. (104°F.)	5°C. ( 41°F.)	127.5 109.6	145.8 124.2	164.0 139.7	182.2 155.2	200.4 170.7	218.6 186.2
	0°C. ( 32°F.)	103.7 106.4	118.6 121.6	133.4 136.8	148.2 152.0	163.0 167.2	177.8 182.4
	- 5°C ( 23°F.)	83.4 101.9	95.3 116.4	107.2 131.0	119.1 145.5	131.0 160.1	142.9 174.6
	-10°C ( 14°F.)	78.8 114.7	75.1 109.3	84.4 123.0	93.8 136.6	103.2 150.3	112.6 163.9
	-15°C. ( 5°F.)	58.8 87.9	58.0 100.5	65.3 113.1	72.5 125.6	79.8 138.2	87.0 150.7
	-20°C. (- 4°F.)	38.2 79.1	43.6 90.4	49.1 101.7	54.5 113.0	60.0 124.3	65.4 135.6
	-25°C. (-13°F.)	27.7 70.4	31.6 80.4	35.6 90.5	39.5 100.5	43.5 100.8	47.4 120.6
	-30°C. (-22°F.)	19.3 60.9	22.0 69.6	24.8 78.3	27.5 87.0	30.3 96.7	33.0 104.4
45°C. (113°F.)	5°C. ( 41°F.)	118.7 121.8	135.5 139.2	152.6 156.6	169.6 174.0	186.6 191.4	203.5 208.8
	0°C. ( 32°F.)	90.9 119.6	103.9 136.6	116.8 153.7	129.8 170.8	142.8 187.9	155.8 206.0
	- 5°C ( 23°F.)	76.4 114.0	87.4 124.2	98.3 146.5	109.2 162.8	120.1 179.1	131.0 195.4
	-10°C. ( 14°F.)	62.7 106.6	71.7 120.6	79.6 135.7	89.6 150.8	98.6 165.9	107.5 181.0
	-15°C. ( 5°F.)	45.1 94.9	51.5 108.5	58.0 122.0	64.4 135.6	70.8 149.2	77.3 162.7
	-20°C (- 4°F.)	34.2 89.8	39.1 101.4	44.0 114.1	48.9 128.8	53.8 139.5	58.7 152.2
	-25°C. (-13°F.)	24.9 79.2	28.4 90.6	32.0 101.9	35.5 113.2	39.1 124.5	42.6 135.8
	-30°C. (-22°F.)	16.9 66.1	19.3 75.5	21.7 85.0	24.1 94.4	26.5 103.8	28.9 113.3

NOTAS

- 1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración  
1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K. cal./hora = 12,000 BTU/hora.  
1 H P = 0.7458 K.W.H
- 2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.
- 3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

## COMPRESOR MYCOM 95 FH-2A

95 mm x 76 mm x 2 CILINDROS

	Desplazamiento	45.2m <sup>3</sup> /h	51.7m <sup>3</sup> /h	58.1m <sup>3</sup> /h	64.6m <sup>3</sup> /h	71.1m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	9.9 6.9	11.4 7.8	12.8 8.8	14.2 9.8	15.6 10.8
	5°C. ( 41°F.)	8.2 6.7	9.4 7.7	10.5 8.6	11.7 9.6	12.9 10.6
	0°C. ( 32°F.)	6.8 6.6	7.8 7.5	8.7 8.5	9.7 9.4	10.7 10.3
	-5°C. ( 23°F.)	5.5 6.3	6.3 7.2	7.1 8.1	7.9 9.0	8.7 9.9
	-10°C. ( 14°F.)	4.4 5.9	5.1 6.7	5.7 7.6	6.3 8.4	6.9 9.2
	-15°C. ( 5°F.)	3.4 5.5	3.9 6.3	4.4 7.0	4.9 7.8	5.4 8.6
	-20°C. (- 4°F.)	2.7 5.0	3.1 5.7	3.4 6.4	3.8 7.1	4.2 7.8
	-25°C. (-13°F.)	2.0 4.5	2.3 5.1	2.6 5.8	2.9 6.4	3.2 7.0
-30°C. (-22°F.)	1.5 3.9	1.7 4.5	1.9 5.1	2.1 5.6	2.3 6.2	
36°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	9.2 7.4	10.6 8.5	11.9 9.5	13.2 10.6	14.5 11.7
	5°C. ( 41°F.)	7.6 7.4	8.7 8.4	9.8 9.5	10.9 10.5	12.0 11.6
	0°C. ( 32°F.)	6.8 6.6	7.8 7.5	8.7 8.5	9.7 9.4	10.7 10.3
	-5°C. ( 23°F.)	5.5 6.3	6.3 7.2	7.1 8.1	7.9 9.0	8.7 9.9
	-10°C. ( 14°F.)	4.0 6.2	4.6 7.1	5.1 7.9	5.7 8.8	6.3 9.7
	-15°C. ( 5°F.)	3.2 5.7	3.6 6.6	4.1 7.4	4.5 8.2	5.0 9.0
	-20°C. (- 4°F.)	2.4 5.3	2.7 6.0	3.1 6.8	3.4 7.5	3.7 8.3
	-25°C. (-13°F.)	1.8 4.6	2.0 5.3	2.3 5.9	2.5 6.6	2.8 7.3
-30°C. (-22°F.)	1.3 4.1	1.5 4.6	1.7 5.2	1.9 5.8	2.1 6.4	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	8.6 8.1	9.8 9.2	11.1 10.4	12.3 11.6	13.5 12.7
	5°C. ( 41°F.)	7.2 7.9	8.2 9.0	9.2 10.2	10.2 11.3	11.2 12.4
	0°C. ( 32°F.)	5.9 7.6	6.7 8.7	7.6 9.8	8.4 10.9	9.2 12.0
	-5°C. ( 23°F.)	4.7 7.1	5.4 8.2	6.0 9.2	6.7 10.2	7.4 11.2
	-10°C. ( 14°F.)	3.7 6.7	4.2 7.6	4.8 8.6	5.3 9.5	5.8 10.5
	-15°C. ( 5°F.)	2.9 6.1	3.3 7.0	3.7 7.8	4.1 8.7	4.5 9.6
	-20°C. (- 4°F.)	2.2 5.5	2.5 6.2	2.8 7.0	3.1 7.8	3.4 8.6
	-25°C. (-13°F.)	1.6 4.9	1.8 5.6	2.1 6.3	2.3 7.0	2.5 7.7
-30°C. (-22°F.)	1.2 4.2	1.4 4.8	1.5 5.4	1.7 6.0	1.9 6.6	
45°C. (113°C.)	10°C. ( 50°F.)	8.3 8.5	9.4 9.7	10.6 11.0	11.8 12.2	13.0 13.4
	5°C. ( 41°F.)	6.7 8.4	7.7 9.5	8.6 10.7	9.6 11.9	10.6 13.1
	0°C. ( 32°F.)	5.7 8.0	6.6 9.2	7.4 10.3	8.2 11.5	9.0 12.6
	-5°C. ( 23°F.)	4.5 7.7	5.1 8.9	5.7 10.0	6.4 11.1	7.0 12.2
	-10°C. ( 14°F.)	3.6 7.3	4.2 8.4	4.7 9.4	5.2 10.4	5.7 11.5
	-15°C. ( 5°F.)	2.7 6.8	3.1 7.7	3.5 8.7	3.9 9.7	4.2 10.7
	-20°C. (- 4°F.)	2.1 5.9	2.4 6.7	2.7 7.6	3.0 8.4	3.3 9.3
	-25°C. (-13°F.)	1.5 5.6	1.7 6.4	1.9 7.2	2.1 8.0	2.3 8.8
-30°C. (-22°F.)	1.1 4.7	1.2 5.4	1.4 6.0	1.5 6.7	1.7 7.4	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	7.9 9.8	9.0 11.2	10.1 12.5	11.2 13.9	12.4 15.3
	5°C. ( 41°F.)	6.4 9.3	7.3 10.7	8.2 12.0	9.1 13.3	10.0 14.7
	0°C. ( 32°F.)	5.1 8.7	5.8 9.9	6.5 11.2	7.2 12.4	8.0 13.7
	-5°C. ( 23°F.)	4.0 8.2	4.5 9.4	5.1 10.6	5.7 11.8	6.2 13.0
	-10°C. ( 14°F.)	3.1 7.8	3.6 8.9	4.0 10.0	4.5 11.1	4.9 12.2
	-15°C. ( 5°F.)	2.4 7.1	2.8 8.1	3.1 9.1	3.5 10.2	3.8 11.2
	-20°C. (- 4°F.)	1.8 6.1	2.1 6.9	2.3 7.8	2.6 8.7	2.9 9.6
	-25°C. (-13°F.)	1.3 5.7	1.5 6.5	1.7 7.3	1.9 8.1	2.1 8.9
-30°C. (-22°F.)	0.9 4.8	1.0 5.5	1.2 6.2	1.3 6.9	1.4 7.6	

## NOTAS:

1—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

COMPRESOR MYCOM 95 FV-4A  
95 mm x 76 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	90.4m <sup>3</sup> /h	103.4m <sup>3</sup> /h	116.3m <sup>3</sup> /h	129.2m <sup>3</sup> /h	142.1m <sup>3</sup> /h	155.0m <sup>3</sup> /h	168.0m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	19.9 13.6	22.7 15.5	25.6 17.5	28.4 19.4	31.2 21.3	34.1 23.3	36.9 25.2
	5°C. ( 41°F.)	16.4 13.5	18.7 15.4	21.1 17.4	23.4 19.3	25.7 21.2	28.1 23.2	30.4 25.1
	0°C. ( 32°F.)	13.6 13.2	15.5 15.1	17.5 16.9	19.4 18.8	21.3 20.7	23.3 22.6	25.2 24.4
	-5°C. ( 23°F.)	11.1 12.5	12.6 14.3	14.2 16.0	15.8 17.8	17.4 19.6	19.0 21.4	20.5 23.1
	-10°C. ( 14°F.)	8.8 11.7	10.0 13.4	11.3 15.0	12.5 16.7	13.8 18.4	15.0 20.0	16.3 21.7
	-15°C. ( 5°F.)	6.9 10.9	7.9 12.4	8.9 14.0	9.9 15.5	10.9 17.1	11.9 18.6	12.9 20.2
	-20°C. (- 4°F.)	5.4 9.9	6.2 11.4	6.9 12.8	7.7 14.2	8.5 15.6	9.2 17.0	10.0 18.5
	-25°C. (-13°F.)	4.1 8.9	4.6 10.2	5.2 11.4	5.8 12.7	6.4 14.0	7.0 15.2	7.5 16.5
-30°C. (-22°F.)	3.0 7.9	3.4 9.1	3.9 10.2	4.3 11.3	4.7 12.4	5.2 13.6	5.6 14.7	
35°C. (86°C.)	10°C. ( 50°F.)	18.5 14.7	21.1 16.8	23.8 18.9	26.4 21.0	29.0 23.1	31.7 25.2	34.3 27.3
	5°C. ( 41°F.)	15.3 14.6	17.5 16.7	19.7 18.8	21.9 20.9	24.1 23.0	26.3 25.1	28.5 27.2
	0°C. ( 32°F.)	12.5 14.1	14.3 16.2	16.1 18.2	17.9 20.2	19.7 22.2	21.5 24.2	23.3 26.3
	-5°C. ( 23°F.)	10.2 13.3	11.6 15.2	13.1 17.1	14.5 19.0	16.0 20.9	17.4 22.8	18.9 24.7
	-10°C. ( 14°F.)	8.0 12.4	9.1 14.2	10.3 15.9	11.4 17.7	12.5 19.5	13.7 21.2	14.8 23.0
	-15°C. ( 5°F.)	6.3 11.4	7.2 13.0	8.1 14.7	9.0 16.3	9.9 17.9	10.8 19.6	11.7 21.2
	-20°C. (- 4°F.)	4.8 10.5	5.5 12.0	6.2 13.5	6.9 15.0	7.6 16.5	8.3 18.0	9.0 19.5
	-25°C. (-13°F.)	3.6 9.3	4.2 10.6	4.7 12.0	5.2 13.3	5.7 14.6	6.2 16.0	6.8 17.3
-30°C. (-22°F.)	2.6 8.1	3.0 9.2	3.3 10.4	3.7 11.5	4.1 12.7	4.4 13.8	4.8 15.0	
40°C (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	17.2 16.0	19.7 18.3	22.1 20.6	24.6 22.9	27.1 25.2	29.5 27.5	32.0 29.8
	5°C. ( 41°F.)	14.4 15.8	16.5 18.0	18.5 20.3	20.6 22.5	22.7 24.8	24.7 27.0	26.8 29.3
	0°C. ( 32°F.)	11.7 15.1	13.4 17.3	15.0 19.4	16.7 21.6	18.4 23.8	20.0 25.9	21.7 28.1
	-5°C. ( 23°F.)	9.4 14.3	10.7 16.3	12.1 18.4	13.4 20.4	14.7 22.4	16.1 24.5	17.4 26.5
	-10°C. ( 14°F.)	7.4 13.2	8.5 15.1	9.5 17.0	10.6 18.9	11.7 20.8	12.7 22.7	13.8 24.6
	-15°C. ( 5°F.)	5.7 12.1	6.5 13.8	7.3 15.6	8.1 17.3	8.9 19.0	9.7 20.8	10.5 22.5
	-20°C. (- 4°F.)	4.3 10.9	5.0 12.4	5.6 14.0	6.2 15.5	6.8 17.1	7.4 18.6	8.1 20.2
	-25°C. (-13°F.)	3.2 9.7	3.6 11.0	4.1 12.4	4.5 13.8	5.0 15.2	5.4 16.6	5.9 17.9
-30°C. (-22°F.)	2.2 8.3	2.6 9.5	2.9 10.7	3.2 11.9	3.5 13.1	3.8 14.3	4.2 15.5	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	16.5 17.0	18.9 19.5	21.2 21.9	23.6 24.3	26.0 26.8	28.3 29.2	30.7 31.6
	5°C. ( 41°F.)	13.4 16.7	16.4 19.1	17.3 21.5	19.2 23.9	21.1 26.2	23.0 28.6	25.0 31.0
	0°C. ( 32°F.)	11.5 16.0	13.1 18.3	14.8 20.6	16.4 22.9	18.0 25.2	19.7 27.5	21.3 29.8
	-5°C. ( 23°F.)	8.9 15.5	10.2 17.7	11.4 19.9	12.7 22.1	14.0 24.3	15.3 26.5	16.5 28.8
	-10°C. ( 14°F.)	7.3 14.6	8.3 16.7	9.4 18.8	10.4 20.9	11.5 23.0	12.5 25.1	13.5 27.1
	-15°C. ( 5°F.)	5.4 13.6	6.2 15.5	6.9 17.4	7.7 19.4	8.5 21.3	9.3 23.2	10.0 25.2
	-20°C. (- 4°F.)	4.2 11.8	4.8 13.5	5.4 15.1	6.0 16.8	6.6 18.5	7.2 20.2	7.9 21.9
	-25°C. (-13°F.)	3.0 11.1	3.4 12.7	3.8 14.3	4.3 15.9	4.7 17.5	5.1 19.1	5.5 20.7
-30°C. (-22°F.)	2.1 9.4	2.5 10.7	2.8 12.1	3.1 13.4	3.4 14.8	3.7 16.1	4.0 17.4	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	15.7 19.5	18.0 22.3	20.2 25.1	22.5 27.9	24.7 30.7	27.0 33.4	29.2 36.2
	5°C. ( 41°F.)	12.7 18.7	14.5 21.3	16.4 24.0	18.2 26.7	20.0 29.3	21.8 32.0	23.6 34.7
	0°C. ( 32°F.)	10.1 17.4	11.6 19.9	13.0 22.3	14.5 24.8	15.9 27.3	17.4 29.8	18.8 32.3
	-5°C. ( 23°F.)	7.9 16.5	9.1 18.8	10.2 21.2	11.3 23.5	12.5 25.9	13.6 28.2	14.7 30.6
	-10°C. ( 14°F.)	6.3 15.6	7.2 17.8	8.1 20.0	9.0 22.2	9.9 24.4	10.8 26.7	11.6 28.9
	-15°C. ( 5°F.)	4.9 14.2	5.5 16.3	6.2 18.3	6.9 20.3	7.6 22.4	8.3 24.4	9.0 26.4
	-20°C. (- 4°F.)	3.6 12.2	4.2 13.9	4.7 15.6	5.2 17.4	5.7 19.1	6.2 20.8	6.8 22.6
	-25°C. (-13°F.)	2.7 11.3	3.1 12.9	3.5 14.5	3.8 16.2	4.2 17.8	4.6 19.4	5.0 21.0
-30°C. (-22°F.)	1.8 9.8	2.1 11.0	2.3 12.4	2.6 13.7	2.9 15.1	3.1 16.5	3.4 17.9	

NOTAS

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.



COMPRESOR MYCOM 95 FW-6A  
95 mm x 76 mm x 6 CILINDRO

	Desplazamiento	135.7m <sup>3</sup> /h	156.6m <sup>3</sup> /h	174.5m <sup>3</sup> /h	193.9m <sup>3</sup> /h	213.3m <sup>3</sup> /h	232.7m <sup>3</sup> /h	252.1m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	29.9 19.8	34.2 22.6	38.4 25.5	42.7 28.3	47.0 31.1	51.2 34.0	55.5 36.5
	5°C. ( 41°F.)	24.6 19.7	28.1 22.5	31.6 25.3	35.1 28.1	38.6 30.9	42.1 33.7	45.6 36.5
	0°C. ( 32°F.)	20.3 19.3	23.2 22.0	26.1 24.8	29.0 27.5	31.9 30.3	34.8 33.0	37.7 35.8
	-5°C. ( 23°F.)	16.5 18.2	18.9 20.8	21.2 23.4	23.6 26.0	26.0 28.6	28.3 31.2	30.7 33.8
	-10°C. ( 14°F.)	13.2 17.1	15.1 19.5	16.9 22.0	18.8 24.4	20.7 26.8	22.6 29.3	24.4 31.7
	-15°C. ( 5°F.)	10.4 15.8	11.9 18.0	13.3 20.3	14.8 22.5	16.3 24.8	17.8 27.0	19.2 29.3
	-20°C. ( -4°F.)	8.1 14.6	9.3 16.6	10.4 18.7	11.6 20.8	12.8 22.9	13.9 25.0	15.1 27.0
	-25°C. ( -13°F.)	6.2 13.0	7.0 14.8	7.9 16.7	8.8 18.5	9.7 20.4	10.6 22.2	11.4 24.1
-30°C. ( -22°F.)	4.5 11.4	5.1 13.0	5.8 14.7	6.4 16.3	7.0 17.9	7.7 19.6	8.3 21.2	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	27.7 21.4	31.7 24.4	35.6 27.5	39.6 30.5	43.6 33.6	47.5 36.6	51.5 39.7
	5°C. ( 41°F.)	23.0 21.2	26.2 24.2	29.5 27.3	32.8 30.3	36.1 33.3	39.4 36.4	42.6 39.4
	0°C. ( 32°F.)	18.9 20.5	21.6 23.4	24.3 26.4	27.0 29.3	29.7 32.2	32.4 35.2	35.1 38.1
	-5°C. ( 23°F.)	15.3 19.5	17.4 22.3	19.6 25.1	21.8 27.9	24.0 30.7	26.2 33.5	28.3 36.3
	-10°C. ( 14°F.)	12.0 18.1	13.8 20.7	15.5 23.3	17.2 25.9	18.9 28.5	20.6 31.1	22.4 33.7
	-15°C. ( 5°F.)	9.5 16.7	10.8 19.1	12.2 21.5	13.5 23.9	14.9 26.3	16.2 28.7	17.6 31.1
	-20°C. ( -4°F.)	7.4 15.2	8.4 17.4	9.5 19.5	10.5 21.7	11.6 23.9	12.6 26.0	13.7 28.2
	-25°C. ( -13°F.)	5.4 13.5	6.2 15.4	6.9 17.4	7.7 19.3	8.5 21.2	9.2 23.2	10.0 25.1
-30°C. ( -22°F.)	3.9 11.7	4.5 13.4	5.1 15.0	5.6 16.7	6.2 18.4	6.7 20.0	7.3 21.7	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	25.9 23.2	29.6 26.6	33.3 29.9	37.0 33.2	40.7 36.5	44.4 39.8	48.1 43.2
	5°C. ( 41°F.)	21.6 22.8	24.6 25.1	27.7 29.3	30.8 32.6	33.9 35.9	37.0 39.1	40.0 42.4
	0°C. ( 32°F.)	17.6 22.0	20.2 25.1	22.7 28.3	25.2 31.4	27.7 34.5	30.2 37.7	32.8 40.8
	-5°C. ( 23°F.)	14.1 20.7	16.1 23.6	18.1 26.6	20.1 29.5	22.1 32.5	24.1 35.4	26.1 38.4
	-10°C. ( 14°F.)	11.1 19.1	12.6 21.8	14.2 24.6	15.8 27.3	17.4 30.0	19.0 32.6	20.5 35.5
	-15°C. ( 5°F.)	8.5 17.6	9.8 20.2	11.0 22.7	12.2 25.2	13.4 27.7	14.6 30.2	15.9 32.8
	-20°C. ( -4°F.)	6.4 15.6	7.4 18.1	8.3 20.3	9.2 22.6	10.1 24.9	11.0 27.1	12.0 29.4
	-25°C. ( -13°F.)	4.8 14.1	5.4 16.1	6.1 18.1	6.8 20.1	7.5 22.1	8.2 24.1	8.8 26.1
-30°C. ( -22°F.)	3.4 12.0	3.8 13.8	4.3 15.5	4.8 17.2	5.3 18.9	5.8 20.6	6.2 22.4	
45°C. (113°C.)	10°C. ( 50°F.)	24.8 25.6	28.3 29.2	31.9 32.9	35.4 36.5	39.0 40.2	42.5 43.8	46.0 47.5
	5°C. ( 41°F.)	20.2 25.1	23.1 28.6	25.9 32.2	28.8 35.8	31.7 39.4	34.6 43.0	37.5 46.5
	0°C. ( 32°F.)	17.2 24.1	19.7 27.5	22.1 30.9	24.6 34.4	27.1 37.8	29.5 41.2	32.0 44.7
	-5°C. ( 23°F.)	13.4 23.2	15.3 26.6	17.2 29.9	19.1 33.2	21.0 36.5	22.9 39.8	24.8 43.2
	-10°C. ( 14°F.)	10.9 21.9	12.5 25.1	14.1 28.2	15.6 31.3	17.2 34.5	18.8 37.6	20.3 40.7
	-15°C. ( 5°F.)	8.1 20.3	9.3 23.2	10.4 26.2	11.6 29.1	12.7 32.0	13.9 34.9	15.1 37.8
	-20°C. ( -4°F.)	6.3 17.7	7.3 20.2	8.2 22.7	9.1 25.2	10.0 27.6	10.9 30.3	11.8 32.8
	-25°C. ( -13°F.)	4.5 16.7	5.1 19.1	5.8 21.5	6.4 23.9	7.0 26.3	7.7 28.7	8.3 31.1
-30°C. ( -22°F.)	3.2 14.1	3.7 16.1	4.1 18.1	4.6 20.1	5.1 22.1	5.5 24.2	6.0 26.2	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	23.6 29.3	27.0 33.5	30.4 37.6	33.8 41.8	37.1 46.0	40.5 50.2	43.9 54.4
	5°C. ( 41°F.)	19.1 28.0	21.8 32.0	24.6 36.0	27.3 40.0	30.0 44.0	32.7 48.0	35.5 52.0
	0°C. ( 32°F.)	15.2 26.1	17.4 29.8	19.6 33.5	21.7 37.3	23.9 41.0	26.1 44.7	28.3 48.4
	-5°C. ( 23°F.)	11.9 24.7	13.6 28.3	15.3 31.8	17.0 35.3	18.7 38.9	20.4 42.4	22.1 45.9
	-10°C. ( 14°F.)	9.4 23.3	10.8 26.7	12.1 30.0	13.4 33.3	14.8 36.7	16.1 40.0	17.5 43.3
	-15°C. ( 5°F.)	7.3 21.3	8.3 24.4	9.4 27.4	10.4 30.5	11.4 33.5	12.5 36.6	13.5 39.6
	-20°C. ( -4°F.)	5.5 18.2	6.2 20.8	7.0 23.5	7.8 26.1	8.6 28.7	9.4 31.3	10.1 33.9
	-25°C. ( -13°F.)	4.0 17.0	4.6 19.4	5.2 21.8	5.8 24.3	6.3 26.7	6.9 29.1	7.5 31.5
-30°C. ( -22°F.)	2.7 14.4	3.1 16.5	3.5 18.6	3.9 20.6	4.3 22.7	4.7 24.8	5.1 26.8	

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

**COMPRESOR MYCOM 95 FWV-8A**  
**95 mm x 76 mm x 8 CILINDROS**

	Desplazamiento	181.0m3/h	206.8m3/h	232.7m3/h	258.5m3/h	284.4m3/h	310.2m3/h	336.1m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	39.8 25.8	45.5 29.5	51.2 33.2	56.9 36.9	62.6 40.6	68.3 44.3	74.0 48.0
	5°C. ( 41°F.)	32.8 25.6	37.5 29.3	42.2 32.9	46.9 36.6	51.6 40.3	56.3 43.9	61.0 47.6
	0°C. ( 32°F.)	27.0 24.9	30.9 28.5	34.7 32.0	38.6 35.6	42.5 39.2	46.3 42.7	50.2 46.3
	-5°C. ( 23°F.)	22.1 23.7	25.3 27.1	28.4 30.4	31.6 33.8	34.8 37.2	37.9 40.6	41.1 43.9
	-10°C. ( 14°F.)	17.6 22.3	20.1 25.5	22.6 28.6	25.1 31.8	27.6 35.0	30.1 38.2	32.6 41.3
	-15°C. ( 5°F.)	13.9 20.5	15.9 23.5	17.8 26.4	19.8 29.3	21.8 32.2	23.8 35.2	25.7 38.1
	-20°C. (-4°F.)	10.8 18.8	12.3 21.5	13.9 24.2	15.4 26.9	16.9 29.6	18.5 32.3	20.0 35.0
	-25°C. (-13°F.)	8.2 17.0	9.4 19.4	10.5 21.9	11.7 24.3	12.9 26.7	14.0 29.2	15.2 31.6
-30°C. (-22°F.)	6.0 14.9	6.9 17.0	7.7 19.2	8.6 21.3	9.5 23.4	10.3 25.6	11.2 27.7	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	37.0 27.9	42.2 31.9	47.5 35.9	52.8 39.9	58.1 43.9	63.4 47.9	68.6 51.9
	5°C. ( 41°F.)	30.7 27.8	35.0 31.8	39.4 35.7	43.8 39.7	48.2 43.7	52.6 47.6	56.9 51.6
	0°C. ( 32°F.)	25.2 26.8	32.4 30.8	32.4 34.5	36.0 38.3	39.6 42.1	43.2 46.0	46.8 49.8
	-5°C. ( 23°F.)	20.3 25.3	23.2 29.0	26.1 32.6	29.0 36.2	31.9 39.8	34.8 43.4	37.7 47.1
	-10°C. ( 14°F.)	16.0 23.7	18.3 27.1	20.6 30.5	22.9 33.9	25.2 37.3	27.5 40.7	29.8 44.1
	-15°C. ( 5°F.)	12.6 21.8	14.4 25.0	16.2 28.1	18.0 31.2	19.8 34.3	21.6 37.4	23.4 40.6
	-20°C. (-4°F.)	9.7 19.9	11.1 22.7	12.5 25.6	13.9 28.4	15.3 31.2	16.7 34.1	18.1 36.9
	-25°C. (-13°F.)	7.2 17.6	8.2 20.2	9.3 22.7	10.3 25.2	11.3 27.7	12.4 30.2	13.4 32.8
-30°C. (-22°F.)	5.3 15.3	6.0 17.4	6.8 19.6	7.5 21.8	8.3 24.0	9.0 26.2	9.8 28.3	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	34.5 30.4	39.4 34.7	44.4 39.1	49.3 43.4	54.2 47.7	59.2 52.1	64.1 56.4
	5°C. ( 41°F.)	28.7 29.8	32.8 34.1	36.9 38.3	41.0 42.6	45.1 46.9	49.2 51.1	53.3 55.4
	0°C. ( 32°F.)	23.6 28.6	26.9 32.7	30.2 36.8	33.6 40.9	37.0 45.0	40.3 49.1	43.7 53.2
	-5°C. ( 23°F.)	18.8 27.0	21.4 30.9	24.1 34.7	26.8 38.6	29.5 42.5	32.2 46.3	34.8 50.2
	-10°C. ( 14°F.)	14.8 25.1	16.9 28.7	19.0 32.3	21.1 35.9	23.2 39.5	25.3 43.1	27.4 46.7
	-15°C. ( 5°F.)	11.4 23.0	13.0 26.2	14.7 29.5	16.3 32.8	17.9 36.1	19.6 39.4	21.2 42.6
	-20°C. (-4°F.)	8.6 20.7	9.8 23.6	11.1 26.6	12.3 29.5	13.5 32.5	14.8 35.4	16.0 38.4
	-25°C. (-13°F.)	6.4 18.3	7.3 20.9	8.2 23.5	9.1 26.1	10.1 28.7	10.9 31.3	11.8 33.9
-30°C. (-22°F.)	4.6 15.8	5.2 18.0	5.9 20.3	6.5 22.5	7.2 24.8	7.8 27.0	8.5 29.3	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	33.1 34.1	37.8 39.0	42.5 43.8	47.2 48.7	51.9 53.6	56.7 58.5	61.4 63.3
	5°C. ( 41°F.)	26.9 33.4	30.7 38.2	34.6 42.9	38.4 47.1	42.3 52.5	46.1 57.3	49.9 62.0
	0°C. ( 32°F.)	23.0 32.1	26.2 36.6	29.5 41.2	32.8 45.8	36.1 50.4	39.4 55.0	42.6 60.6
	-5°C. ( 23°F.)	17.8 31.0	20.4 35.4	22.9 39.8	25.5 44.3	28.0 48.7	30.5 53.1	33.1 57.5
	-10°C. ( 14°F.)	14.6 29.2	16.7 33.4	18.8 37.6	20.8 41.8	22.9 46.0	25.0 50.1	27.1 54.3
	-15°C. ( 5°F.)	10.8 27.1	12.3 31.0	13.9 34.9	15.4 38.7	17.0 42.6	18.5 46.5	20.1 50.4
	-20°C. (-4°F.)	8.5 23.6	9.7 26.9	10.9 30.3	12.1 33.7	13.3 37.0	14.5 40.4	15.7 43.8
	-25°C. (-13°F.)	6.0 22.3	6.8 25.5	7.7 28.7	8.5 31.8	9.4 35.0	10.2 38.2	11.1 41.4
-30°C. (-22°F.)	4.3 18.8	4.9 21.5	5.5 24.2	6.1 26.8	6.8 29.5	7.4 32.2	8.0 34.9	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	31.5 39.0	36.0 44.6	40.5 50.2	45.0 55.8	49.5 61.3	54.0 66.9	58.5 72.5
	5°C. ( 41°F.)	25.5 37.3	29.1 42.7	32.7 48.0	36.4 53.4	40.0 58.7	43.7 64.0	47.3 69.4
	0°C. ( 32°F.)	20.3 34.8	23.2 39.7	26.1 44.7	29.0 49.7	31.9 54.6	34.8 59.6	37.7 64.6
	-5°C. ( 23°F.)	15.9 33.0	18.1 37.7	20.4 42.4	22.7 47.1	24.9 51.8	27.2 56.5	29.5 61.2
	-10°C. ( 14°F.)	12.5 31.1	14.3 35.6	16.1 40.0	17.9 44.5	19.7 48.9	21.5 53.3	23.3 57.8
	-15°C. ( 5°F.)	9.7 28.5	11.1 32.5	12.5 36.6	13.9 40.7	15.3 44.7	16.6 48.8	18.0 52.9
	-20°C. (-4°F.)	7.3 24.3	8.3 27.8	9.4 31.2	10.4 34.7	11.4 38.2	12.5 41.7	13.5 45.2
	-25°C. (-13°F.)	5.4 22.6	6.1 25.9	6.9 29.1	7.7 32.3	8.5 35.6	9.2 38.8	10.0 42.0
-30°C. (-22°F.)	3.6 19.3	4.2 22.0	4.7 24.8	5.2 27.5	5.7 30.3	6.3 33.0	6.8 35.8	

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K. cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

**COMPRESOR MYCOM 130 FV-4B**  
**130 mm x 100 mm x 4 CILINDROS**

	Desplazamiento	223.0m <sup>3</sup> /h	254.8m <sup>3</sup> /h	286.7m <sup>3</sup> /h	318.5m <sup>3</sup> /h	350.1m <sup>3</sup> /h	382.2m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	49.0 31.5	56.0 38.3	63.0 43.0	70.0 47.8	77.0 52.6	84.0 57.4
	5°C. ( 41°F.)	40.3 33.3	46.1 38.1	51.8 42.8	57.6 47.6	63.4 52.4	69.1 57.1
	0°C. ( 32°F.)	33.3 32.6	38.0 37.2	42.8 41.9	47.5 46.5	52.3 51.2	57.0 55.8
	-5°C. ( 23°F.)	27.2 31.0	31.1 35.5	34.9 39.9	38.8 44.3	42.7 48.7	46.6 53.2
	-10°C. ( 14°F.)	21.6 29.2	24.7 33.4	27.8 37.5	30.9 41.7	34.0 45.9	37.1 50.0
	-15°C. ( 5°F.)	17.0 27.0	19.5 30.8	21.9 34.7	24.3 38.5	26.7 42.4	29.2 46.2
	-20°C. ( -4°F.)	13.2 24.6	15.1 28.1	17.0 31.6	18.9 35.1	20.8 38.6	22.7 42.1
	-25°C. ( -13°F.)	10.2 22.1	11.6 25.2	13.1 28.4	14.5 31.5	16.0 34.7	17.4 37.8
-30°C. ( -22°F.)	7.1 19.3	8.1 22.1	9.1 24.8	10.1 27.6	11.1 30.4	12.1 33.1	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	45.5 36.6	52.0 41.8	58.5 47.1	65.0 52.3	71.5 57.5	78.0 62.8
	5°C. ( 41°F.)	37.7 36.2	43.1 41.4	48.5 46.5	53.9 51.7	59.3 56.9	64.7 62.0
	0°C. ( 32°F.)	31.0 35.0	35.4 40.0	39.9 45.0	44.3 50.0	48.7 55.0	53.2 60.0
	-5°C. ( 23°F.)	25.0 33.0	28.6 37.8	32.1 42.5	35.7 47.2	39.3 51.9	42.8 56.6
	-10°C. ( 14°F.)	19.7 30.8	22.6 35.2	25.4 39.6	28.2 44.0	31.0 48.4	33.8 52.8
	-15°C. ( 5°F.)	15.5 28.2	17.8 32.2	20.0 36.3	22.2 40.3	24.4 44.3	26.6 48.4
	-20°C. ( -4°F.)	11.9 25.7	13.6 29.4	15.3 33.0	17.0 36.7	18.7 40.4	20.4 44.0
	-25°C. ( -13°F.)	9.0 22.8	10.2 26.1	11.5 29.3	12.8 32.6	14.1 35.9	15.4 39.1
-30°C. ( -22°F.)	6.4 20.0	7.3 22.8	8.2 25.7	9.1 28.5	10.0 31.4	10.9 34.2	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	42.7 39.5	48.8 45.1	54.9 50.8	61.0 56.4	67.1 62.0	73.2 67.7
	5°C. ( 41°F.)	35.0 38.7	40.0 44.2	45.0 49.8	50.0 55.3	55.0 60.8	60.0 66.4
	0°C. ( 32°F.)	29.0 37.2	33.1 42.6	37.3 47.9	41.4 53.2	45.5 58.5	49.7 63.8
	-5°C. ( 23°F.)	23.2 35.1	26.5 40.2	29.8 45.2	33.1 50.2	36.4 55.2	39.7 60.2
	-10°C. ( 14°F.)	18.2 32.6	20.8 37.3	23.4 41.9	26.0 46.6	28.6 51.3	31.2 55.9
	-15°C. ( 5°F.)	14.0 29.9	16.0 34.2	18.0 38.4	20.0 42.7	22.0 47.0	24.0 51.2
	-20°C. ( -4°F.)	10.7 27.0	12.2 30.8	13.8 34.7	15.3 38.5	16.8 42.4	18.4 46.2
	-25°C. ( -13°F.)	7.8 23.7	9.0 27.1	10.1 30.5	11.2 33.9	12.3 37.3	13.4 40.7
-30°C. ( -22°F.)	5.5 20.7	6.3 23.6	7.1 26.6	7.9 29.5	8.7 32.5	9.5 35.4	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	40.7 42.0	46.5 48.0	52.4 54.0	58.2 60.0	64.0 66.0	69.8 72.0
	5°C. ( 41°F.)	33.1 41.2	37.9 47.0	42.6 52.9	47.3 58.8	52.1 64.7	56.6 70.6
	0°C. ( 32°F.)	28.3 39.5	32.3 45.2	36.4 50.8	40.4 56.4	44.5 62.1	48.5 67.7
	-5°C. ( 23°F.)	22.0 38.2	25.1 43.6	28.2 49.1	31.4 54.5	34.5 60.0	37.6 65.4
	-10°C. ( 14°F.)	18.0 36.0	20.5 41.2	23.1 46.3	25.7 51.5	28.3 56.6	30.8 61.8
	-15°C. ( 5°F.)	13.3 33.4	15.2 38.2	17.1 43.0	19.0 47.7	20.9 52.5	22.8 57.3
	-20°C. ( -4°F.)	10.4 29.0	11.9 33.2	13.4 37.3	14.9 41.5	16.4 45.6	17.9 49.8
	-25°C. ( -13°F.)	7.4 27.5	8.4 31.4	9.5 35.3	10.5 39.2	11.6 43.2	12.6 47.1
-30°C. ( -22°F.)	5.3 23.1	6.1 26.5	6.8 29.8	7.6 33.1	8.3 36.4	9.1 39.7	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	38.8 48.1	44.4 55.0	49.9 61.8	55.4 68.7	61.0 75.6	66.5 82.4
	5°C. ( 41°F.)	31.4 46.0	35.9 52.6	40.3 59.2	44.8 65.7	49.3 72.3	53.8 78.9
	0°C. ( 32°F.)	25.0 42.8	28.6 49.0	32.1 55.1	35.7 61.2	39.3 67.3	42.9 73.4
	-5°C. ( 23°F.)	19.6 40.6	22.3 46.4	25.1 52.2	27.9 58.0	30.7 63.8	33.5 69.6
	-10°C. ( 14°F.)	15.5 38.3	17.7 43.8	19.9 49.3	22.1 54.8	24.3 60.2	26.5 65.7
	-15°C. ( 5°F.)	12.0 35.1	13.7 40.1	15.4 45.1	17.1 50.1	18.8 55.1	20.5 60.1
	-20°C. ( -4°F.)	9.0 30.0	10.3 34.2	11.5 38.5	12.8 42.8	14.1 47.1	15.4 51.4
	-25°C. ( -13°F.)	6.6 27.9	7.6 31.9	8.5 35.9	9.5 39.8	10.4 43.8	11.4 47.8
-30°C. ( -22°F.)	4.5 23.7	5.1 27.1	5.8 30.5	6.4 33.9	7.1 37.3	7.7 40.7	

NOTAS:

1.—Tons = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K. cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

**COMPRESOR MYCOM 130 FW-6B**  
**130 mm x 100 mm x 6 CILINDROS**

	Desplazamiento	334.5m3/h	382.2m3/h	430.0m3/h	477.8m3/h	525.6m3/h	573.4m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons BHP	Tons. BHP	Tons BHP	Tons BHP	Tons BHP	Tons. BHP
30°C (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	73.4 48.2	83.9 55.1	94.4 62.0	104.9 68.9	115.4 75.8	125.9 82.7
	5°C. ( 41°F.)	60.5 48.0	69.1 54.8	77.8 61.7	86.4 68.5	95.0 75.4	103.7 82.2
	0°C. ( 32°F.)	50.0 47.0	57.1 53.6	64.3 60.3	71.4 67.0	78.5 73.7	85.7 80.4
	-5°C. ( 23°F.)	40.9 44.7	46.7 51.1	52.6 57.5	58.4 63.9	64.2 70.3	70.1 76.7
	-10°C. ( 14°F.)	32.4 42.0	37.1 48.0	41.7 54.0	46.3 60.0	50.9 66.0	55.6 72.0
	-15°C. ( 5°F.)	25.6 38.9	29.3 44.4	32.9 50.0	36.6 55.5	40.3 61.1	43.9 66.6
	-20°C. ( -4°F.)	20.0 35.9	22.8 40.5	25.7 45.5	28.5 50.6	31.4 55.7	34.2 60.7
	-25°C. ( -13°F.)	15.3 31.8	17.5 36.3	19.7 40.9	21.9 45.4	24.1 49.9	26.3 54.5
-30°C. ( -22°F.)	10.6 27.9	12.2 31.8	13.7 35.8	15.2 39.8	16.7 43.8	18.2 47.8	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	68.3 52.7	78.1 60.2	87.8 67.8	97.6 75.3	107.4 82.8	117.1 90.4
	5°C. ( 41°F.)	56.6 52.2	64.7 59.6	72.8 67.1	80.9 74.5	89.0 82.0	97.1 89.4
	0°C. ( 32°F.)	46.6 50.4	53.3 57.6	59.9 64.8	66.6 72.0	73.3 79.2	79.9 86.4
	-5°C. ( 23°F.)	37.6 47.5	43.0 54.3	48.3 61.1	53.7 67.9	59.1 74.7	64.4 81.5
	-10°C. ( 14°F.)	29.5 44.2	33.8 50.6	38.0 56.9	42.2 63.2	46.4 69.5	50.6 75.8
	-15°C. ( 5°F.)	23.4 40.7	26.7 46.6	30.1 52.4	33.4 58.2	36.7 64.0	40.1 69.8
	-20°C. ( -4°F.)	17.9 37.0	20.5 42.3	23.0 47.6	25.6 52.9	28.2 58.2	30.7 63.5
	-25°C. ( -13°F.)	13.4 32.8	15.3 37.5	17.2 42.2	19.1 46.9	21.0 51.6	22.9 56.3
-30°C. ( -22°F.)	9.6 28.8	11.0 32.9	12.3 37.0	13.7 41.1	15.1 45.2	16.4 49.3	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	64.1 57.1	73.3 65.3	82.4 73.4	91.6 81.6	100.8 89.8	109.9 97.9
	5°C. ( 41°F.)	53.1 56.1	60.7 64.1	68.3 72.1	75.9 80.1	83.5 88.1	91.1 96.1
	0°C. ( 32°F.)	43.3 53.8	49.5 61.5	55.7 69.2	61.9 76.9	68.1 84.6	74.3 92.3
	-5°C. ( 23°F.)	34.7 50.8	39.7 58.1	44.6 65.3	49.6 72.6	54.6 79.9	59.5 87.1
	-10°C. ( 14°F.)	27.3 47.2	31.2 53.9	35.1 60.7	39.0 67.4	42.9 74.1	46.8 80.9
	-15°C. ( 5°F.)	21.0 43.3	24.0 49.4	27.0 55.6	30.0 61.8	33.0 68.0	36.0 74.2
	-20°C. ( -4°F.)	16.0 38.9	18.3 44.5	20.6 50.0	22.9 55.6	25.2 61.2	27.5 66.7
	-25°C. ( -13°F.)	11.8 34.3	13.4 39.2	15.1 44.1	16.8 49.0	18.5 53.9	20.2 58.8
-30°C. ( -22°F.)	8.4 29.8	9.6 34.1	10.8 38.3	12.0 42.6	13.2 46.9	14.4 51.1	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	61.1 63.0	69.8 72.0	78.6 81.0	87.3 90.0	96.0 99.0	104.7 108.0
	5°C. ( 41°F.)	49.7 61.7	56.8 70.6	63.9 79.4	71.0 88.2	78.1 97.0	85.2 105.8
	0°C. ( 32°F.)	42.4 59.3	48.5 67.7	54.6 76.2	60.6 84.7	66.7 93.1	72.7 101.6
	-5°C. ( 23°F.)	32.9 57.3	37.6 65.5	42.3 73.6	47.0 81.8	51.7 90.0	56.5 98.2
	-10°C. ( 14°F.)	27.0 54.0	30.8 61.8	34.7 69.5	38.5 77.2	42.4 84.9	46.2 92.7
	-15°C. ( 5°F.)	20.0 50.1	22.8 57.3	25.7 64.4	28.5 71.6	31.4 78.8	34.2 85.9
	-20°C. ( -4°F.)	15.6 43.5	17.9 49.8	20.1 56.0	22.3 62.3	24.6 68.4	26.8 74.6
	-25°C. ( -13°F.)	11.0 41.2	12.6 47.1	14.2 53.0	15.8 58.9	17.3 64.8	18.9 70.6
-30°C. ( -22°F.)	7.9 34.7	9.1 39.7	10.2 44.6	11.3 49.6	12.5 54.6	13.6 59.6	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	58.2 72.1	66.5 82.5	74.9 92.8	83.2 103.1	91.5 113.4	99.8 123.7
	5°C. ( 41°F.)	47.1 69.6	53.8 78.4	60.5 88.6	67.2 98.6	74.0 108.5	80.7 118.3
	0°C. ( 32°F.)	37.5 64.3	42.9 73.4	48.2 82.6	53.6 91.8	58.9 101.0	64.3 110.2
	-5°C. ( 23°F.)	29.3 60.9	33.5 69.6	37.7 78.3	41.9 87.0	46.1 95.8	50.3 104.5
	-10°C. ( 14°F.)	23.2 57.5	26.6 65.7	29.8 73.9	33.1 82.2	36.5 90.4	39.8 98.6
	-15°C. ( 5°F.)	17.9 52.6	20.5 60.1	23.1 67.6	25.6 75.1	28.2 82.7	30.8 90.2
	-20°C. ( -4°F.)	13.5 44.9	15.4 51.4	17.3 57.8	19.2 64.2	21.1 70.6	23.1 77.1
	-25°C. ( -13°F.)	9.9 41.8	11.4 47.8	12.8 53.8	14.2 59.8	15.6 65.8	17.1 71.7
-30°C. ( -22°F.)	6.7 35.6	7.7 40.7	8.7 45.8	9.6 50.8	10.6 55.9	11.6 61.0	

NOTAS

1.—Tons = Toneladas de Refrigeracion

1 Tonelada de refrigeracion = 3 024 K cal/hora = 12,000 BTU/hora.

1 H P = 0.7458 K W H

2.—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan unicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresion mayor de 9:1 ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

**COMPRESOR MYCOM 130 FWV-8B**  
**130 mm x 100 mm x 8 CILINDROS**

	Desplazamiento	446.0m <sup>3</sup> /h	509.7m <sup>3</sup> /h	573.4m <sup>3</sup> /h	637.1m <sup>3</sup> /h	700.8m <sup>3</sup> /h	764.5m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	97.9 63.4	111.9 72.5	125.9 81.5	139.9 90.6	153.9 99.7	167.9 108.7
	5°C. ( 41°F.)	80.7 63.0	92.3 72.0	103.8 81.0	115.3 99.0	126.8 99.0	138.4 108.0
	0°C. ( 32°F.)	68.6 61.5	76.1 70.3	85.6 79.1	95.1 87.9	104.6 96.7	114.1 105.5
	-5°C. ( 23°F.)	54.5 58.7	62.3 67.1	70.0 75.5	77.8 83.9	85.6 92.3	93.4 100.7
	-10°C. ( 14°F.)	43.3 55.2	49.5 63.1	55.6 70.9	61.8 78.8	68.0 86.7	74.2 94.6
	-15°C. ( 5°F.)	34.1 51.0	39.0 58.3	43.8 65.5	48.7 72.8	53.6 80.1	58.4 87.4
	-20°C. ( -4°F.)	26.5 46.6	30.3 53.2	34.1 59.9	37.9 66.6	41.7 73.2	45.5 79.9
	-25°C. ( -13°F.)	20.4 41.7	23.3 47.7	26.2 53.6	29.1 59.6	32.0 65.6	34.9 71.5
-30°C. ( -22°F.)	14.1 36.6	16.2 41.8	18.2 47.1	20.2 52.3	22.2 57.5	24.2 62.8	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	91.0 69.2	104.0 79.1	117.0 89.0	130.0 98.9	143.0 108.8	156.0 118.7
	5°C. ( 41°F.)	75.5 68.6	86.2 78.4	97.0 88.2	107.8 98.0	118.6 107.8	129.4 117.6
	0°C. ( 32°F.)	62.1 66.0	71.0 75.4	79.8 84.9	88.7 94.3	97.6 103.7	106.4 113.2
	-5°C. ( 23°F.)	50.1 62.4	57.2 71.4	64.4 80.3	71.5 89.2	78.7 98.1	85.8 107.0
	-10°C. ( 14°F.)	39.4 58.2	45.0 66.6	50.7 74.9	56.3 83.2	61.9 91.5	67.6 99.8
	-15°C. ( 5°F.)	31.1 53.5	35.5 61.1	40.0 68.8	44.4 76.4	48.8 84.0	53.3 91.7
	-20°C. ( -4°F.)	23.9 48.7	27.3 55.6	30.7 62.6	34.1 69.5	37.5 76.5	40.9 83.4
	-25°C. ( -13°F.)	17.9 43.1	20.4 49.3	23.0 55.4	25.5 61.6	28.1 67.8	30.6 73.9
-30°C. ( -22°F.)	12.9 37.8	14.7 43.2	16.6 48.6	18.4 54.0	20.2 59.4	22.1 64.8	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	85.5 74.7	97.7 85.4	109.9 96.0	122.1 106.7	134.3 117.4	146.5 128.0
	5°C. ( 41°F.)	70.8 73.4	80.9 83.8	91.0 94.3	101.1 104.8	111.2 115.3	121.3 125.8
	0°C. ( 32°F.)	57.8 70.1	66.1 80.1	74.3 90.1	82.6 100.1	90.9 110.1	99.1 120.1
	-5°C. ( 23°F.)	46.3 68.6	52.9 78.1	59.5 85.6	66.1 95.1	72.7 104.6	79.3 114.1
	-10°C. ( 14°F.)	36.4 61.7	41.6 70.6	46.8 79.4	52.0 88.2	57.2 97.0	62.4 106.8
	-15°C. ( 5°F.)	28.0 56.8	32.0 64.7	36.0 72.8	40.0 80.9	44.0 89.0	48.0 97.1
	-20°C. ( -4°F.)	21.4 51.0	24.5 58.2	27.5 65.5	30.6 72.8	33.7 80.1	36.7 87.4
	-25°C. ( -13°F.)	15.7 44.9	17.9 51.3	20.2 57.7	22.4 64.1	24.6 70.5	26.9 78.9
-30°C. ( -22°F.)	11.2 39.0	12.8 44.8	14.4 50.1	16.0 55.7	17.6 61.3	19.2 68.8	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	81.5 84.0	93.1 96.0	104.7 108.0	116.4 120.1	128.0 132.1	139.7 144.1
	5°C. ( 41°F.)	68.3 82.3	75.7 94.1	85.2 105.8	94.7 117.8	104.2 129.4	113.8 141.1
	0°C. ( 32°F.)	56.6 79.0	64.7 90.3	72.8 101.6	80.8 112.9	88.9 124.2	97.0 135.5
	-5°C. ( 23°F.)	43.9 76.4	50.2 87.3	56.5 98.2	62.7 109.1	69.0 120.0	75.3 130.9
	-10°C. ( 14°F.)	36.0 72.1	41.1 82.4	46.2 92.7	51.4 103.0	56.1 113.3	61.7 123.5
	-15°C. ( 5°F.)	28.6 66.8	30.4 76.4	34.2 85.9	38.0 95.5	41.8 105.0	45.6 114.6
	-20°C. ( -4°F.)	20.9 58.1	23.8 66.4	26.8 74.6	29.8 82.9	32.8 91.2	35.7 99.5
	-25°C. ( -13°F.)	14.7 54.9	16.8 62.8	18.9 70.6	21.0 78.5	23.1 86.3	25.2 94.2
-30°C. ( -22°F.)	10.6 46.8	12.1 52.9	13.6 58.5	15.1 66.1	16.6 72.8	18.2 79.4	
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	77.6 96.2	88.7 109.9	99.8 123.7	110.9 137.4	122.0 151.2	133.1 164.9
	5°C. ( 41°F.)	62.8 92.1	71.7 105.2	80.7 118.4	89.7 131.5	98.6 144.7	107.6 157.8
	0°C. ( 32°F.)	50.0 85.7	57.1 97.9	64.2 110.2	71.4 122.4	78.5 134.7	85.6 146.9
	-5°C. ( 23°F.)	39.1 81.2	44.7 92.9	50.3 104.5	55.9 116.1	61.5 127.7	67.0 139.3
	-10°C. ( 14°F.)	30.9 76.7	35.3 87.6	39.8 98.6	44.2 109.6	48.6 120.6	53.0 131.5
	-15°C. ( 5°F.)	23.9 70.1	27.4 80.2	30.8 90.2	34.2 100.2	37.6 110.2	41.0 120.2
	-20°C. ( -4°F.)	17.9 59.9	20.5 68.5	23.1 77.1	25.6 85.6	28.2 94.2	30.8 102.8
	-25°C. ( -13°F.)	13.3 55.8	15.2 63.8	17.1 71.7	18.9 79.7	20.8 87.7	22.7 96.8
-30°C. ( -22°F.)	9.0 47.5	10.8 54.2	11.6 61.0	12.9 67.8	14.1 74.6	15.4 81.4	

NOTAS.

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K. cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

**COMPRESOR MYCOM 95 FH-2A**  
**95 mm x 76 mm x 2 CILINDROS**

	Desplazamiento	45.2m <sup>3</sup> /h	51.7m <sup>3</sup> /h	58.1m <sup>3</sup> /h	64.6m <sup>3</sup> /h	71.1m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	16.0 10.6	18.3 12.1	20.6 13.6	22.9 15.1	25.2 16.6
	5°C. ( 41°F.)	13.4 10.4	15.3 11.9	17.2 13.4	19.1 14.9	21.0 16.4
	0°C. ( 32°F.)	11.1 10.2	12.6 11.6	14.2 13.1	15.8 14.5	17.4 16.0
	-5°C. ( 23°F.)	9.1 9.9	10.4 11.3	11.7 12.7	13.0 14.1	14.3 15.5
	-10°C. ( 14°F.)	7.6 9.3	8.7 10.6	9.8 12.0	10.9 13.3	12.0 14.6
	-15°C. ( 5°F.)	5.7 8.8	6.6 10.0	7.4 11.3	8.2 12.5	9.0 13.8
	-20°C. ( -4°F.)	4.5 8.1	5.1 9.2	5.8 10.4	6.4 11.5	7.0 12.7
	-25°C. ( -13°F.)	3.4 7.1	3.8 8.2	4.3 9.2	4.8 10.2	5.3 11.2
	-30°C. ( -22°F.)	2.6 6.4	2.9 7.3	3.2 8.2	3.6 9.1	4.0 10.0
	-32.5°C. ( -26°F.)	2.2 5.9	2.6 6.7	2.8 7.6	3.1 8.4	3.4 9.2
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	15.1 11.8	17.3 13.5	19.4 15.2	21.6 16.9	23.8 18.6
	5°C. ( 41°F.)	12.6 11.6	14.4 13.2	16.2 14.9	18.0 16.5	19.8 18.2
	0°C. ( 32°F.)	10.4 11.2	11.9 12.8	13.4 14.4	14.9 16.0	16.4 17.6
	-5°C. ( 23°F.)	8.4 10.7	9.6 12.2	10.8 13.8	12.0 15.3	13.2 16.8
	-10°C. ( 14°F.)	6.8 10.0	7.8 11.4	8.7 12.9	9.8 14.3	10.7 15.7
	-15°C. ( 5°F.)	5.3 9.3	6.0 10.6	6.8 12.0	7.5 13.3	8.3 14.6
	-20°C. ( -4°F.)	4.1 8.5	4.6 9.8	5.2 11.0	5.8 12.2	6.4 13.4
	-25°C. ( -13°F.)	3.0 7.7	3.4 8.8	3.9 9.9	4.3 11.0	4.7 12.1
	-30°C. ( -22°F.)	2.2 6.7	2.6 7.6	2.9 8.6	3.2 9.5	3.5 10.6
	-32.5°C. ( -26°F.)	1.8 6.2	2.1 7.0	2.3 7.9	2.6 8.8	2.9 9.7
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	14.1 13.2	16.2 15.1	18.2 17.0	20.2 18.9	22.2 20.8
	5°C. ( 41°F.)	11.7 12.9	13.4 14.7	15.0 16.6	16.7 18.4	18.4 20.2
	0°C. ( 32°F.)	9.6 12.3	11.0 14.1	12.3 15.8	13.7 17.6	15.1 19.4
	-5°C. ( 23°F.)	7.8 11.6	8.9 13.2	10.0 14.9	11.1 16.5	12.2 18.2
	-10°C. ( 14°F.)	6.2 10.8	7.0 12.3	7.9 13.9	8.8 15.4	9.7 16.9
	-15°C. ( 5°F.)	4.8 9.9	5.5 11.4	6.2 12.8	6.9 14.2	7.6 15.6
	-20°C. ( -4°F.)	3.7 9.0	4.2 10.3	4.8 11.6	5.3 12.9	5.8 14.2
	-25°C. ( -13°F.)	2.7 8.0	3.0 9.1	3.4 10.3	3.8 11.4	4.2 12.6
	-30°C. ( -22°F.)	1.9 7.1	2.2 8.1	2.4 9.1	2.7 10.1	3.0 11.1
	-32.5°C. ( -26°F.)	1.6 6.4	1.8 7.4	2.1 8.3	2.3 9.2	2.5 10.1
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	13.1 15.4	15.0 17.6	16.8 19.8	18.7 22.0	20.6 24.1
	5°C. ( 41°F.)	10.6 14.1	12.2 16.1	13.7 18.1	15.2 20.2	16.7 22.2
	0°C. ( 32°F.)	8.5 13.5	9.7 15.5	11.0 17.4	12.2 19.3	13.4 21.3
	-5°C. ( 23°F.)	7.0 12.8	8.0 14.6	9.0 16.4	10.0 18.2	10.9 20.1
	-10°C. ( 14°F.)	5.3 11.7	6.1 13.4	6.8 15.1	7.6 16.7	8.3 18.4
	-15°C. ( 5°F.)	4.3 10.7	4.9 12.2	5.5 13.7	6.1 15.2	6.7 16.7
	-20°C. ( -4°F.)	3.3 9.7	3.7 11.1	4.2 12.5	4.7 13.9	5.1 15.3
	-25°C. ( -13°F.)	2.3 8.4	2.6 9.6	2.9 10.8	3.3 12.1	3.6 13.3
	-30°C. ( -22°F.)	1.6 7.5	1.8 8.6	2.1 9.8	2.3 10.8	2.5 11.8
	50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	11.4 16.9	13.0 19.4	14.6 21.8	16.2 24.2
5°C. ( 41°F.)		10.5 15.9	12.0 18.2	13.4 20.6	14.9 22.8	16.4 25.0
0°C. ( 32°F.)		8.2 14.7	9.4 16.8	10.6 18.9	11.8 21.0	12.9 23.0
-5°C. ( 23°F.)		6.2 13.7	7.1 15.7	7.9 17.6	8.8 19.6	9.7 21.6
-10°C. ( 14°F.)		4.7 12.5	5.4 14.3	6.0 16.1	6.7 17.9	7.4 19.7
-15°C. ( 5°F.)		3.9 11.6	4.5 13.2	5.0 14.9	5.6 16.6	6.2 18.2
-20°C. ( -4°F.)		3.0 10.2	3.4 11.7	3.9 13.1	4.3 14.8	4.7 16.1
-25°C. ( -13°F.)		2.0 8.7	2.3 10.0	2.6 11.2	2.9 12.5	3.1 13.7
-30°C. ( -22°F.)		1.3 8.0	1.5 9.1	1.7 10.3	1.8 11.4	2.0 12.6

NOTAS

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

## COMPRESOR MY.COM .95 FV-4A

### 95 mm x 76 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	90.4m <sup>3</sup> /h	103.4m <sup>3</sup> /h	116.3m <sup>3</sup> /h	129.2m <sup>3</sup> /h	142.1m <sup>3</sup> /h	155.0m <sup>3</sup> /h	168.0m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	32.1 21.1	36.6 24.2	41.2 27.2	45.8 30.2	50.4 33.2	55.0 36.2	59.5 39.3
	5°C. ( 41°F.)	26.8 20.8	30.6 23.8	34.5 25.7	38.3 29.7	42.1 32.7	46.0 35.6	49.8 38.6
	0°C. ( 32°F.)	22.3 20.2	25.4 23.1	28.6 26.0	31.8 28.9	35.0 31.8	38.2 34.7	41.3 37.6
	-5°C. ( 23°F.)	18.2 19.7	20.8 22.5	23.4 25.3	26.0 28.1	28.6 30.9	31.2 33.7	33.8 36.5
	-10°C. ( 14°F.)	15.3 18.6	17.4 21.2	19.6 23.8	21.8 26.5	24.0 29.2	26.2 31.8	28.3 34.5
	-15°C. ( 5°F.)	11.5 17.4	13.1 19.8	14.8 22.3	16.4 24.8	18.0 27.3	19.7 29.8	21.3 32.2
	-20°C. (- 4°F.)	9.0 16.0	10.2 18.3	11.5 20.6	12.8 22.9	14.1 25.2	15.4 27.5	16.6 29.8
	-25°C. (-13°F.)	6.8 14.3	7.8 16.3	8.7 18.4	9.7 20.4	10.7 22.4	11.6 24.5	12.6 26.5
	-30°C. (-22°F.)	5.1 12.7	5.8 14.5	6.5 16.3	7.3 18.1	8.0 19.9	8.8 21.7	9.5 23.5
-32.5°C. (-26°F.)	4.4 11.8	5.0 13.5	5.7 15.2	6.3 16.9	6.9 18.6	7.6 20.3	8.2 22.0	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	30.1 23.7	34.4 27.0	38.7 30.4	43.0 33.8	47.3 37.2	51.6 40.6	55.9 43.9
	5°C. ( 41°F.)	25.3 23.1	28.9 26.4	32.5 29.7	36.1 33.0	39.7 36.3	43.3 39.6	46.9 42.9
	0°C. ( 32°F.)	20.8 22.3	23.8 25.5	26.7 28.7	29.7 31.9	32.7 35.1	35.6 38.3	38.6 41.5
	-5°C. ( 23°F.)	16.8 21.4	19.2 24.5	21.6 27.5	24.0 30.6	26.4 33.7	28.8 36.7	31.2 39.8
	-10°C. ( 14°F.)	13.6 20.1	15.5 23.0	17.5 25.8	19.4 28.7	21.3 31.6	23.3 34.4	25.2 37.3
	-15°C. ( 5°F.)	10.6 18.6	12.1 21.2	13.6 23.9	15.1 26.5	16.6 29.2	18.1 31.8	19.6 34.5
	-20°C. (- 4°F.)	8.1 17.0	9.3 19.4	10.4 21.9	11.6 24.3	12.8 26.7	13.9 29.2	15.1 31.6
	-25°C. (-13°F.)	6.1 15.3	7.0 17.4	7.8 19.6	8.7 21.8	9.6 24.0	10.4 26.2	11.3 28.3
	-30°C. (-22°F.)	4.6 13.3	5.2 15.2	5.9 17.1	6.6 19.0	7.2 20.9	7.8 22.8	8.5 24.7
-32.5°C. (-26°F.)	3.8 12.4	4.3 14.2	4.9 15.9	5.4 17.7	5.9 19.5	6.5 21.2	6.9 23.0	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	28.4 26.4	32.5 30.2	36.5 33.9	40.6 37.7	44.7 41.5	48.7 45.2	52.8 49.0
	5°C. ( 41°F.)	23.5 25.6	26.9 29.3	30.2 32.9	33.6 36.6	37.0 40.3	40.3 43.9	43.7 47.6
	0°C. ( 32°F.)	19.3 24.5	22.1 28.0	24.8 31.5	27.6 35.0	30.4 38.5	33.1 42.0	35.9 45.5
	-5°C. ( 23°F.)	15.5 23.1	17.8 26.4	20.0 29.7	22.2 33.0	24.4 36.3	26.6 39.6	28.8 42.9
	-10°C. ( 14°F.)	12.4 21.6	14.2 24.6	15.9 27.7	17.7 30.8	19.5 33.9	21.2 37.0	23.0 40.0
	-15°C. ( 5°F.)	9.6 19.8	11.0 22.6	12.3 25.5	13.7 28.3	15.1 31.1	16.4 34.0	17.8 36.8
	-20°C. (- 4°F.)	7.4 18.0	8.4 20.8	9.5 23.1	10.5 25.7	11.6 28.3	12.6 30.8	13.7 33.4
	-25°C. (-13°F.)	5.4 16.0	6.2 18.2	6.9 20.5	7.7 22.8	8.5 25.1	9.2 27.4	10.0 29.6
	-30°C. (-22°F.)	3.8 14.0	4.3 16.0	4.9 18.0	5.4 20.0	5.9 22.0	6.5 24.0	7.0 26.0
-32.5°C. (-26°F.)	3.2 13.0	3.7 14.8	4.1 16.7	4.6 18.5	5.1 20.4	5.5 22.2	6.0 24.1	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	26.2 30.7	29.9 35.1	33.7 38.7	37.4 43.9	41.1 48.3	44.9 52.7	48.6 57.1
	5°C. ( 41°F.)	21.3 28.2	24.7 32.3	27.3 36.3	30.4 40.3	33.4 44.4	36.5 48.4	39.5 52.4
	0°C. ( 32°F.)	17.1 27.1	19.6 30.9	21.9 34.8	24.4 38.7	26.8 42.5	29.2 46.4	31.7 50.3
	-5°C. ( 23°F.)	13.9 25.5	15.9 29.2	17.9 32.8	19.9 36.5	21.9 40.1	23.9 43.8	25.9 47.4
	-10°C. ( 14°F.)	10.6 23.4	12.1 26.8	13.6 30.1	15.2 33.5	16.7 36.8	18.2 40.2	19.7 43.5
	-15°C. ( 5°F.)	8.5 21.3	9.7 24.4	11.0 27.4	12.2 30.4	13.4 33.5	14.6 36.5	15.8 39.6
	-20°C. (- 4°F.)	6.5 19.5	7.4 22.3	8.4 25.0	9.3 27.8	10.2 30.6	11.2 33.4	12.1 36.2
	-25°C. (-13°F.)	4.6 16.9	5.2 19.3	5.9 21.7	6.5 24.1	7.2 26.5	7.8 28.9	8.5 31.3
	-30°C. (-22°F.)	3.2 15.1	3.7 17.2	4.1 19.4	4.6 21.5	5.0 23.7	5.5 25.8	6.0 28.0
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	22.7 33.9	26.0 38.7	29.2 43.6	32.4 48.4	35.7 53.2	38.9 58.1	42.2 62.9
	5°C. ( 41°F.)	20.9 31.9	23.9 36.4	26.9 41.0	29.9 45.5	32.9 50.1	35.9 54.6	38.8 59.2
	0°C. ( 32°F.)	16.5 29.3	18.6 33.5	21.2 37.7	23.5 41.9	25.9 46.1	28.2 50.3	30.6 54.5
	-5°C. ( 23°F.)	12.3 27.4	14.1 31.4	15.9 35.3	17.6 39.2	19.4 43.1	21.2 47.0	22.9 51.0
	-10°C. ( 14°F.)	9.4 25.1	10.8 28.6	12.1 32.2	13.4 35.8	14.8 39.4	16.1 43.0	17.5 46.5
	-15°C. ( 5°F.)	7.9 23.2	9.0 26.5	10.1 29.6	11.2 33.1	12.3 36.4	13.5 39.7	14.6 43.0
	-20°C. (- 4°F.)	6.0 20.5	6.9 23.4	7.8 26.3	8.6 29.2	9.5 32.1	10.3 35.1	11.2 38.0
	-25°C. (-13°F.)	4.0 17.4	4.6 19.9	5.1 22.4	5.7 24.9	6.3 27.4	6.8 29.9	7.4 32.4
	-30°C. (-22°F.)	2.6 15.0	2.9 18.3	3.3 20.6	3.7 22.8	4.0 25.1	4.4 27.4	4.8 29.7

**NOTAS**

1—Tons = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

## COMPRESOR MYCOM 95 FW-6A

95 mm x 76 mm x 6 CILINDROS

	Desplazamiento	135.7m <sup>3</sup> /h	155.1m <sup>3</sup> /h	174.5m <sup>3</sup> /h	193.9m <sup>3</sup> /h	213.3m <sup>3</sup> /h	232.7m <sup>3</sup> /h	252.1m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	48.0 30.1	54.9 34.4	61.7 38.7	68.6 43.0	75.5 47.3	82.3 51.6	89.2 55.9
	5°C. ( 41°F.)	40.3 29.8	46.0 34.1	51.8 38.3	57.5 42.6	63.3 46.9	69.0 51.1	74.8 55.4
	0°C. ( 32°F.)	33.4 29.1	38.2 33.2	42.9 37.4	47.7 41.5	52.5 45.7	57.2 49.8	62.0 54.0
	-5°C. ( 23°F.)	27.2 28.1	31.1 32.2	35.0 36.2	38.9 40.2	42.8 44.2	46.7 48.2	50.6 52.8
	-10°C. ( 14°F.)	21.8 26.5	25.0 30.3	28.1 34.1	31.2 37.9	34.3 41.7	37.4 45.6	40.6 49.3
	-15°C. ( 5°F.)	17.2 24.8	19.6 28.3	22.1 31.9	24.5 35.4	27.0 38.9	29.4 42.5	31.9 46.0
	-20°C. (-4°F.)	13.4 22.8	15.3 26.1	17.2 29.3	19.1 32.6	21.0 35.9	22.9 39.1	24.8 42.4
	-25°C. (-13°F.)	10.2 20.4	11.6 23.4	13.1 26.3	14.5 29.2	16.0 32.1	17.4 35.0	18.9 38.0
	-30°C. (-22°F.)	7.1 18.1	8.6 20.7	9.7 23.3	10.8 25.9	11.9 28.5	13.0 31.1	14.0 33.7
-32.5°C. (-26°F.)	6.6 17.0	7.6 19.4	8.6 21.9	9.4 24.3	10.3 26.7	11.3 29.2	12.2 31.6	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	45.2 33.7	51.7 38.6	58.1 43.4	64.6 48.2	71.1 53.0	77.5 57.8	84.0 62.7
	5°C. ( 41°F.)	37.8 33.1	43.2 37.8	48.6 42.6	54.0 47.3	59.4 52.0	64.8 56.8	70.2 61.6
	0°C. ( 32°F.)	31.2 32.0	35.7 36.6	40.1 41.1	44.6 45.7	49.1 50.3	53.5 54.8	58.0 59.4
	-5°C. ( 23°F.)	25.3 30.6	28.9 35.0	32.5 39.3	36.1 43.7	39.7 48.1	43.3 52.4	46.9 56.8
	-10°C. ( 14°F.)	20.3 28.7	23.2 32.8	26.1 36.9	29.0 41.0	31.9 45.1	34.8 49.2	37.7 53.3
	-15°C. ( 5°F.)	15.9 26.7	18.2 30.5	20.4 34.3	22.7 38.1	25.0 41.9	27.2 45.7	29.5 49.5
	-20°C. (-4°F.)	12.2 24.3	13.9 27.8	15.7 31.2	17.4 34.7	19.1 38.2	20.9 41.6	22.6 45.1
	-25°C. (-13°F.)	9.1 21.8	10.4 25.0	11.7 28.1	13.0 31.2	14.3 34.3	15.6 37.4	16.9 40.6
	-30°C. (-22°F.)	6.8 19.0	7.8 21.8	8.7 24.5	9.7 27.2	10.7 29.9	11.6 32.6	12.6 35.4
-32.5°C. (-26°F.)	5.6 17.6	6.4 20.2	7.2 22.7	8.0 25.2	8.8 27.7	9.6 30.2	10.4 32.8	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	42.6 37.7	48.6 43.1	54.7 48.5	60.8 53.9	66.9 59.3	73.0 64.7	79.0 70.1
	5°C. ( 41°F.)	35.2 36.6	40.3 41.8	45.4 47.1	50.4 52.3	55.4 57.5	60.5 62.8	67.0 68.0
	0°C. ( 32°F.)	29.0 35.1	33.1 40.1	37.3 45.1	41.4 50.1	45.5 55.1	49.7 60.1	53.8 65.1
	-5°C. ( 23°F.)	23.3 33.1	26.6 37.8	30.0 42.6	33.3 47.3	36.6 52.0	40.0 56.8	43.3 61.5
	-10°C. ( 14°F.)	18.6 30.9	21.2 35.4	23.9 39.8	26.5 44.2	29.2 48.6	31.8 53.0	34.5 57.5
	-15°C. ( 5°F.)	14.5 28.4	16.8 32.4	18.6 36.5	20.7 40.5	22.8 44.6	24.8 48.6	26.9 52.7
	-20°C. (-4°F.)	11.0 25.7	12.6 29.4	14.1 33.0	15.7 36.7	17.3 40.4	18.8 44.0	20.4 47.7
	-25°C. (-13°F.)	8.1 22.9	9.2 26.2	10.4 29.4	11.5 32.7	12.7 36.0	13.8 39.2	15.0 42.5
	-30°C. (-22°F.)	5.7 20.1	6.5 23.0	7.3 25.8	8.1 28.7	8.9 31.6	9.7 34.4	10.5 37.3
-32.5°C. (-26°F.)	4.8 18.6	5.5 21.2	6.2 23.9	6.9 26.5	7.6 29.2	8.3 31.8	9.0 34.5	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	39.3 46.1	44.9 52.7	50.5 59.3	56.1 65.9	61.7 72.4	67.3 79.0	72.9 85.8
	5°C. ( 41°F.)	31.9 42.3	36.5 48.4	41.0 54.4	45.6 60.5	50.1 66.5	54.7 72.8	59.2 78.6
	0°C. ( 32°F.)	25.6 40.6	29.2 46.4	32.9 52.2	36.5 58.0	40.2 63.8	43.8 69.6	47.5 75.4
	-5°C. ( 23°F.)	20.9 38.3	23.9 43.8	26.9 49.2	29.9 54.7	32.8 60.2	35.8 65.7	38.8 71.1
	-10°C. ( 14°F.)	15.9 36.2	18.2 40.2	20.5 45.2	22.7 50.2	25.0 55.2	27.3 60.3	29.6 65.3
	-15°C. ( 5°F.)	12.8 32.0	14.6 36.5	16.4 41.1	18.3 45.7	20.1 50.2	21.9 54.8	23.9 59.4
	-20°C. (-4°F.)	9.8 29.2	11.2 33.4	12.6 37.6	14.0 41.7	15.3 45.9	16.7 50.1	18.1 54.2
	-25°C. (-13°F.)	6.9 25.3	7.8 28.9	8.8 32.5	9.8 36.2	10.8 39.8	11.8 43.4	12.8 47.0
	-30°C. (-22°F.)	4.8 22.6	5.5 25.8	6.2 29.0	6.9 32.3	7.6 35.5	8.2 38.7	8.9 41.9
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	34.1 50.8	38.9 58.1	43.8 65.3	48.7 72.6	53.5 79.9	58.4 87.1	63.3 94.4
	5°C. ( 41°F.)	31.4 47.8	35.9 54.6	40.3 61.4	44.8 68.3	49.3 75.1	53.8 81.9	58.3 88.7
	0°C. ( 32°F.)	24.7 44.0	28.2 50.3	31.7 56.6	35.3 62.9	38.8 69.1	42.3 75.4	45.8 81.7
	-5°C. ( 23°F.)	18.5 41.2	21.2 47.0	23.8 52.9	26.5 58.8	29.1 64.7	31.8 70.6	34.4 76.4
	-10°C. ( 14°F.)	14.1 37.6	16.1 43.0	18.1 48.3	20.2 53.7	22.2 59.1	24.2 64.4	26.2 69.1
	-15°C. ( 5°F.)	11.8 34.8	13.5 39.7	15.1 44.7	16.8 49.7	18.5 54.6	20.2 59.6	21.9 64.5
	-20°C. (-4°F.)	9.1 30.7	10.3 35.1	11.6 39.4	12.9 43.8	14.2 48.2	15.5 52.6	16.8 57.0
	-25°C. (-13°F.)	6.0 26.1	6.8 29.9	7.7 33.6	8.6 37.4	9.4 41.1	10.3 44.8	11.1 48.8
	-30°C. (-22°F.)	3.9 24.0	4.4 27.4	5.0 30.8	5.5 34.3	6.1 37.7	6.6 41.1	7.2 44.5

## NOTAS

1—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K. cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P = 0.7458 K.W.H.

2—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.



COMPRESOR MYCOM 95 FWV-8A  
95 mm x 76 mm x 8 CILINDROS

	Desplazamiento	181.0m3/h	206.8m3/h	232.7m3/h	258.5m3/h	284.4m3/h	310.2m3/h	336.1m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	64.1 39.4	73.2 45.1	82.4 50.7	91.5 56.3	100.7 61.9	109.8 67.6	119.0 73.2
	5°C. ( 41°F.)	53.7 39.0	61.4 44.6	69.0 50.1	76.7 55.7	84.4 61.3	92.0 66.8	99.7 72.4
	0°C. ( 32°F.)	44.5 38.0	50.9 43.4	57.2 48.9	63.6 54.3	70.0 59.7	76.3 65.2	82.7 70.6
	-5°C. ( 23°F.)	36.3 36.8	41.4 42.0	46.6 47.3	51.8 52.5	57.0 57.8	62.2 63.0	67.3 68.3
	-10°C. ( 14°F.)	29.6 34.7	33.3 39.7	37.4 44.5	41.6 49.6	45.8 54.6	49.9 59.5	54.1 64.5
	-15°C. ( 5°F.)	23.0 32.3	26.2 37.0	29.5 41.6	32.8 46.2	36.1 50.8	39.4 55.4	42.6 60.1
	-20°C. (-4°F.)	17.9 29.8	20.4 34.1	23.0 38.3	25.5 42.6	28.1 46.9	30.6 51.1	33.2 55.4
	-25°C. (-13°F.)	13.6 26.7	15.5 30.6	17.5 34.4	19.4 38.2	21.3 42.0	23.3 45.8	25.2 49.7
	-30°C. (-22°F.)	10.1 23.7	11.5 27.0	13.0 30.4	14.4 33.8	15.8 37.2	17.3 40.6	18.7 43.9
-32.5°C. (-26°F.)	8.7 22.1	9.9 25.3	11.2 28.4	12.4 31.6	13.6 34.8	14.9 37.9	16.1 41.1	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	60.3 44.1	68.9 50.4	77.5 56.7	86.1 63.0	94.7 63.9	103.3 75.6	111.9 81.9
	5°C. ( 41°F.)	50.5 43.3	57.7 49.4	64.9 55.6	72.1 61.8	79.3 68.0	86.5 74.2	93.7 80.3
	0°C. ( 32°F.)	41.6 41.7	47.5 47.7	53.5 53.6	59.4 59.6	65.3 65.6	71.3 71.5	77.2 77.5
	-5°C. ( 23°F.)	33.7 40.0	38.5 45.7	43.3 51.4	48.1 57.1	52.9 62.8	57.7 68.5	62.5 74.2
	-10°C. ( 14°F.)	27.0 37.5	30.9 42.9	34.7 48.2	38.6 53.6	42.5 59.0	46.3 64.3	50.2 69.7
	-15°C. ( 5°F.)	21.2 34.8	24.2 39.8	27.3 44.7	30.3 49.7	33.3 54.7	36.4 59.6	39.4 64.6
	-20°C. (-4°F.)	16.2 31.7	18.6 36.2	20.9 40.8	23.2 45.3	25.5 49.8	27.8 54.4	30.2 58.9
	-25°C. (-13°F.)	12.2 28.5	13.9 32.6	15.7 36.6	17.4 40.7	19.1 44.8	20.9 48.8	22.6 52.9
	-30°C. (-22°F.)	9.0 24.9	10.3 28.4	11.6 32.0	12.9 35.5	14.2 39.1	15.5 42.6	16.8 46.2
-32.5°C. (-26°F.)	7.6 23.1	8.6 26.4	9.7 29.7	10.8 33.0	11.9 36.3	13.0 39.6	14.0 42.9	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	56.8 49.2	65.0 56.2	73.1 63.3	81.2 70.3	89.3 77.3	97.4 84.4	105.6 91.4
	5°C. ( 41°F.)	47.0 47.8	53.7 54.6	60.4 61.5	67.1 68.3	73.8 75.1	80.5 82.0	87.2 88.8
	0°C. ( 32°F.)	38.6 45.8	44.1 52.3	49.6 58.9	55.1 65.4	60.6 71.9	66.1 78.5	71.6 85.0
	-5°C. ( 23°F.)	31.1 43.3	35.5 49.4	40.0 55.6	44.4 61.8	48.8 68.0	53.3 74.2	57.7 80.3
	-10°C. ( 14°F.)	24.7 40.5	28.2 46.2	31.8 52.0	35.3 57.8	38.8 63.6	42.4 69.4	45.9 75.1
	-15°C. ( 5°F.)	19.3 37.0	22.1 42.3	24.8 47.6	27.6 52.9	30.4 58.2	33.1 63.5	35.9 68.8
	-20°C. (-4°F.)	14.6 33.6	16.7 38.4	18.8 43.2	20.9 48.0	23.0 52.8	25.1 57.6	27.2 62.4
	-25°C. (-13°F.)	10.8 29.8	12.3 34.1	13.9 38.3	15.4 42.6	16.9 46.9	18.5 51.1	20.0 55.4
	-30°C. (-22°F.)	7.6 26.1	8.6 29.8	9.7 33.6	10.8 37.3	11.9 41.0	13.0 44.8	14.0 48.5
-32.5°C. (-26°F.)	6.4 24.2	7.4 27.7	8.3 31.1	9.2 34.6	10.1 38.1	11.0 41.5	12.0 45.0	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	52.4 61.5	59.8 70.2	67.3 79.0	74.8 87.8	82.3 96.6	89.8 105.4	97.2 114.1
	5°C. ( 41°F.)	42.5 56.4	48.6 64.5	54.7 72.6	60.8 80.6	66.8 88.7	72.9 96.8	79.0 104.8
	0°C. ( 32°F.)	34.1 54.2	39.0 61.9	43.8 69.6	48.7 77.4	53.6 85.1	58.5 92.8	63.3 100.6
	-5°C. ( 23°F.)	27.9 51.1	31.8 58.4	35.8 65.7	39.8 73.0	43.8 80.3	47.8 87.6	51.7 94.8
	-10°C. ( 14°F.)	21.2 46.9	24.3 53.6	27.3 60.3	30.3 67.0	33.4 73.7	36.4 80.4	39.4 87.0
	-15°C. ( 5°F.)	17.1 42.6	19.5 48.7	21.9 54.8	24.4 60.9	26.8 67.0	29.2 73.1	31.7 79.1
	-20°C. (-4°F.)	13.0 38.9	14.9 44.5	16.7 50.1	18.6 55.6	20.5 61.2	22.3 66.8	24.2 72.3
	-25°C. (-13°F.)	9.2 33.7	10.5 39.6	11.9 43.4	13.1 48.2	14.4 53.0	15.7 57.8	17.0 62.7
	-30°C. (-22°F.)	6.4 30.1	7.3 34.4	8.2 38.7	9.2 43.0	10.1 47.3	11.0 51.8	11.9 55.9
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	45.4 67.8	51.9 77.4	58.4 87.1	64.9 96.8	71.4 106.5	77.9 116.2	84.3 125.8
	5°C. ( 41°F.)	41.6 63.7	47.8 72.8	53.8 81.9	59.8 91.0	65.7 100.1	71.7 109.2	77.7 118.3
	0°C. ( 32°F.)	32.9 58.7	37.6 67.0	42.3 75.4	47.0 83.8	51.7 92.2	56.4 100.6	61.1 108.9
	-5°C. ( 23°F.)	24.7 54.9	28.2 62.7	31.8 70.6	35.3 78.4	38.8 86.2	42.3 94.1	45.9 101.9
	-10°C. ( 14°F.)	18.8 50.1	21.5 57.3	24.2 64.4	26.9 71.6	29.6 78.8	32.3 85.9	34.9 93.1
	-15°C. ( 5°F.)	15.7 46.3	18.0 53.0	20.2 59.6	22.4 66.2	24.7 72.8	26.9 79.4	29.2 86.1
	-20°C. (-4°F.)	12.1 40.9	13.8 46.8	15.5 52.6	17.2 58.4	19.0 64.3	20.7 70.1	22.4 76.0
	-25°C. (-13°F.)	8.0 34.9	9.1 39.8	10.3 44.8	11.4 49.8	12.5 54.8	13.7 59.8	14.8 64.7
	-30°C. (-22°F.)	5.2 32.0	5.9 36.5	6.6 41.1	7.4 45.7	8.1 50.2	8.8 54.8	9.6 59.4

NOTAS.

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal/hora = 12.000 BTU/hora.

1 H.P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P., no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

COMPRESOR MYCOM 130 FV-4B

130 mm x 100 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	223.0m <sup>3</sup> /h	254.8m <sup>3</sup> /h	286.7m <sup>3</sup> /h	318.5m <sup>3</sup> /h	350.1m <sup>3</sup> /h	382.2m <sup>3</sup> /h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	79.2 51.8	90.5 59.2	101.8 66.6	113.1 74.0	124.4 81.4	135.7 88.8
	5°C. ( 41°F.)	66.3 51.2	75.8 58.6	85.2 65.9	94.7 73.2	104.2 80.5	113.6 87.8
	0°C. ( 32°F.)	55.0 49.9	62.8 57.0	70.7 64.2	78.5 71.3	86.4 78.4	94.2 85.6
	- 5°C. ( 23°F.)	45.2 48.1	51.6 55.0	58.1 61.8	64.5 68.7	71.0 75.6	77.4 82.4
	-10°C. ( 14°F.)	35.9 45.6	41.0 52.1	46.2 58.6	51.3 65.1	56.4 71.6	61.6 78.1
	-15°C. ( 5°F.)	28.4 42.5	32.4 48.6	36.5 54.6	40.5 60.7	44.6 66.8	48.6 72.8
	-20°C. (- 4°F.)	22.1 39.1	25.3 44.7	28.4 50.3	31.6 55.9	34.8 61.5	37.9 67.1
	-25°C. (-13°F.)	16.8 35.1	19.2 40.1	21.6 45.1	24.0 50.1	26.4 55.1	28.8 60.1
	-30°C. (-22°F.)	12.4 31.1	14.2 35.5	15.9 40.0	17.7 44.4	19.5 48.8	21.2 53.3
	-32.5°C. (-26°F.)	11.5 29.0	13.1 33.1	14.8 37.3	16.4 41.4	18.0 45.5	19.7 49.7
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	74.6 57.9	85.2 66.2	95.9 74.4	106.5 82.7	117.2 91.0	127.8 99.2
	5°C. ( 41°F.)	62.3 56.8	71.2 64.9	80.1 73.0	89.0 81.1	97.9 89.2	106.8 97.3
	0°C. ( 32°F.)	51.4 54.8	58.7 62.6	66.1 70.5	73.4 78.3	80.7 86.1	88.1 94.0
	- 5°C. ( 23°F.)	41.6 52.5	47.5 60.0	53.5 67.5	59.4 75.0	65.3 82.5	71.3 90.0
	-10°C. ( 14°F.)	33.4 49.4	38.2 56.4	42.9 63.5	47.7 70.5	52.5 77.6	57.2 84.6
	-15°C. ( 5°F.)	26.2 45.7	29.9 52.2	33.7 58.8	37.4 65.3	41.1 71.8	44.9 78.4
	-20°C. (- 4°F.)	20.0 41.7	22.9 47.6	25.7 53.6	28.6 59.5	31.5 65.5	34.3 71.4
	-25°C. (-13°F.)	15.1 37.5	17.3 42.8	19.4 48.2	21.6 53.5	23.8 58.9	25.9 64.2
	-30°C. (-22°F.)	11.1 33.0	12.6 37.8	14.2 42.5	15.8 47.2	17.4 51.9	19.0 56.6
	-32.5°C. (-26°F.)	9.3 30.8	10.6 35.2	12.0 39.6	13.3 44.0	14.6 48.4	16.0 52.8
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	70.2 64.8	80.2 74.0	90.3 83.3	100.3 92.5	110.3 101.8	120.4 111.0
	5°C. ( 41°F.)	58.1 62.9	66.4 71.8	74.7 80.8	83.0 89.8	91.3 96.8	99.6 107.8
	0°C. ( 32°F.)	47.7 60.1	54.5 68.7	61.3 77.3	68.1 85.9	74.9 94.5	81.7 103.1
	- 5°C. ( 23°F.)	38.4 56.8	43.9 64.9	49.4 73.0	54.9 81.1	60.4 89.2	65.9 97.3
	-10°C. ( 14°F.)	30.5 53.1	34.9 60.6	39.2 68.2	43.6 75.8	48.0 83.4	52.3 91.0
	-15°C. ( 5°F.)	23.8 48.7	27.2 55.6	30.6 62.6	34.0 69.5	37.4 76.5	40.8 83.4
	-20°C. (- 4°F.)	18.0 44.1	20.6 50.4	23.1 56.7	25.7 63.0	28.3 69.3	30.8 75.6
	-25°C. (-13°F.)	13.3 39.6	15.2 45.2	17.1 50.9	19.0 56.5	20.9 62.2	22.8 67.8
	-30°C. (-22°F.)	9.3 34.6	10.6 39.5	12.0 44.5	13.3 49.4	14.6 54.3	16.0 59.3
	-32.5°C. (-26°F.)	8.0 32.1	9.1 36.6	10.3 41.2	11.4 45.8	12.5 50.4	13.7 55.0
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	64.6 75.7	73.7 86.5	83.1 96.4	92.2 106.2	101.3 119.1	110.7 129.9
	5°C. ( 41°F.)	52.5 69.5	60.9 79.6	67.3 89.5	74.9 99.3	82.3 109.5	90.0 119.3
	0°C. ( 32°F.)	42.2 66.8	48.1 76.2	54.0 85.8	60.2 95.4	66.1 104.8	72.0 114.4
	- 5°C. ( 23°F.)	34.3 62.9	39.2 72.0	44.1 80.9	49.1 90.0	54.0 98.9	58.9 108.0
	-10°C. ( 14°F.)	26.1 57.7	29.8 66.1	33.5 74.2	37.5 82.6	41.2 90.7	44.9 99.1
	-15°C. ( 5°F.)	21.0 52.5	23.9 60.2	27.1 67.5	30.1 74.9	33.0 82.6	36.0 90.0
	-20°C. (- 4°F.)	16.0 48.1	18.2 55.0	20.7 61.6	22.9 68.5	25.1 75.4	27.6 82.3
	-25°C. (-13°F.)	11.3 41.7	12.8 47.6	14.5 53.5	16.0 59.4	17.7 65.3	19.2 71.2
	-30°C. (-22°F.)	7.9 37.2	9.1 42.4	10.1 47.8	11.3 53.0	12.3 58.4	13.6 63.6
	50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	56.0 83.6	64.1 95.4	72.0 107.5	79.9 119.3	88.0 131.1
5°C. ( 41°F.)		51.5 78.6	58.9 89.7	66.3 101.1	73.7 112.2	81.1 123.5	88.5 134.6
0°C. ( 32°F.)		40.1 72.2	46.3 82.6	52.3 92.9	57.9 103.3	63.8 113.6	69.5 124.0
- 5°C. ( 23°F.)		30.3 67.5	34.8 77.4	39.2 87.0	43.4 96.6	47.8 106.2	52.3 115.9
-10°C. ( 14°F.)		23.2 61.9	26.6 70.5	29.8 79.4	33.0 88.3	36.5 97.1	39.7 106.0
-15°C. ( 5°F.)		19.5 57.2	22.2 65.3	24.9 73.5	27.6 81.6	30.3 89.7	33.3 97.9
-20°C. (- 4°F.)		14.8 50.5	17.0 57.7	19.2 64.8	21.2 72.0	23.4 79.1	25.4 86.5
-25°C. (-13°F.)		9.9 42.9	11.3 49.1	12.6 55.2	14.1 61.4	15.5 67.5	16.8 73.7
-30°C. (-22°F.)		6.4 39.4	7.1 45.1	8.1 50.8	9.1 56.2	9.9 61.9	10.8 67.5

NOTAS.

- 1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración  
1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal/hora = 12,000 BTU/hora.  
1 H. P = 0.7458 K.W.H.
- 2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.
- 3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 16 Kg/cm<sup>2</sup>.

**COMPRESOR MYCOM 130 FW-6B**  
**130 mm x 100 mm x 6 CILINDROS**

	Desplazamiento	334.6m3/h	382.2m3/h	430.0m3/h	477.8m3/h	525.6m3/h	573.4m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	118.6 74.8	135.5 85.4	152.5 96.1	169.4 106.8	186.3 117.5	203.3 128.2
	5°C. ( 41°F.)	99.5 74.0	113.7 84.6	127.9 95.1	142.1 105.7	156.3 116.3	170.5 126.8
	0°C. ( 32°F.)	82.5 72.1	94.2 82.4	106.0 92.7	117.8 103.0	129.6 113.3	141.4 123.6
	-5°C. ( 23°F.)	67.3 69.6	76.9 79.5	86.5 89.5	96.1 99.4	105.7 109.3	115.3 119.3
	-10°C. ( 14°F.)	53.9 65.9	61.6 75.3	69.3 84.7	77.0 94.1	84.7 103.5	92.4 112.9
	-15°C. ( 5°F.)	42.5 61.5	48.6 70.2	54.6 79.0	60.7 87.8	66.8 96.6	72.8 105.4
	-20°C. (- 4°F.)	33.2 56.6	37.9 64.6	42.7 72.7	47.4 80.8	52.1 88.9	56.9 97.0
	-25°C. (-13°F.)	25.1 50.8	28.7 58.0	32.3 65.3	35.9 72.5	39.5 79.8	43.1 87.0
	-30°C. (-22°F.)	18.6 44.9	21.3 51.3	23.9 57.7	26.6 64.1	29.3 70.5	31.9 76.9
-32.5°C. (-26°F.)	16.1 41.9	18.4 47.9	20.7 53.9	23.0 59.9	25.3 65.9	27.6 71.9	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	112.0 83.7	128.0 95.6	144.0 107.6	160.0 119.5	176.0 131.5	192.0 143.4
	5°C. ( 41°F.)	93.3 82.0	106.6 93.7	120.0 106.4	133.3 117.1	146.6 128.8	160.0 140.5
	0°C. ( 32°F.)	77.1 79.2	88.1 90.6	99.1 101.9	110.1 113.2	121.1 124.5	132.1 135.8
	-5°C. ( 23°F.)	62.4 75.9	71.4 86.7	80.3 97.6	89.2 108.4	98.1 119.2	107.0 130.1
	-10°C. ( 14°F.)	50.1 71.3	57.3 81.4	64.4 91.6	71.6 101.8	78.8 112.0	85.9 122.2
	-15°C. ( 5°F.)	39.3 65.9	44.9 75.4	50.5 84.8	56.1 94.2	61.7 103.6	67.3 113.0
	-20°C. (- 4°F.)	30.0 60.1	34.3 68.7	38.6 77.3	42.9 85.9	47.2 94.2	51.5 103.1
	-25°C. (-13°F.)	22.6 54.0	25.8 61.8	29.1 69.5	32.3 77.2	35.5 84.9	38.8 92.6
	-30°C. (-22°F.)	16.7 47.7	19.1 54.5	21.5 61.3	23.9 68.1	26.3 74.9	28.7 81.7
-32.5°C. (-26°F.)	13.9 44.4	15.9 50.7	17.9 57.1	19.9 63.4	21.9 69.7	23.9 76.1	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	105.4 83.5	120.5 106.8	135.5 120.2	150.6 133.5	165.7 146.9	180.7 160.2
	5°C. ( 41°F.)	87.2 90.8	99.6 103.8	112.1 116.7	124.5 129.7	137.0 142.7	149.4 155.6
	0°C. ( 32°F.)	71.5 86.9	81.7 93.3	91.9 111.7	102.1 124.1	112.3 136.5	122.5 148.9
	-5°C. ( 23°F.)	57.7 82.0	65.9 93.7	74.2 105.4	82.4 117.1	90.6 128.8	98.9 140.5
	-10°C. ( 14°F.)	45.7 76.7	52.2 87.7	58.8 98.6	65.3 109.6	71.8 120.6	78.4 131.5
	-15°C. ( 5°F.)	35.7 70.4	40.8 80.4	45.9 90.5	51.0 100.5	56.1 110.6	61.2 120.6
	-20°C. (- 4°F.)	27.1 63.7	31.0 72.8	34.8 81.9	38.7 91.0	42.6 100.1	46.4 109.2
	-25°C. (-13°F.)	20.0 57.1	22.8 65.3	25.7 73.4	28.5 81.6	31.4 89.8	34.2 97.9
	-30°C. (-22°F.)	13.9 50.0	15.9 57.1	17.9 64.3	19.9 71.4	21.9 78.5	23.9 85.7
-32.5°C. (-26°F.)	12.0 46.2	13.8 53.0	15.5 59.6	17.2 66.2	18.9 72.8	20.6 79.4	
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	96.9 113.6	110.7 129.9	124.5 148.2	138.3 162.5	152.1 178.5	165.9 194.7
	5°C. ( 41°F.)	78.6 104.3	90.0 119.3	101.1 134.1	112.4 149.1	123.5 163.9	134.8 179.0
	0°C. ( 32°F.)	63.1 100.1	72.0 114.4	81.1 128.7	90.0 143.0	99.1 157.3	108.0 171.6
	-5°C. ( 23°F.)	51.5 94.4	58.9 108.0	66.3 121.3	73.7 134.8	80.9 148.4	88.3 162.0
	-10°C. ( 14°F.)	39.2 86.8	44.9 99.1	50.5 111.4	56.0 123.8	61.6 136.1	67.3 148.6
	-15°C. ( 5°F.)	31.6 78.9	36.0 90.0	40.4 101.3	45.1 112.7	49.5 123.8	54.0 135.1
	-20°C. (- 4°F.)	24.2 72.0	27.6 82.3	31.1 92.7	34.5 102.8	37.7 113.2	41.2 123.5
	-25°C. (-13°F.)	17.0 62.4	19.2 71.2	21.7 80.1	24.2 89.2	26.6 98.1	29.1 107.0
	-30°C. (-22°F.)	11.8 55.7	13.6 63.6	15.3 71.5	17.0 79.6	18.7 87.5	20.2 95.4
50°C. (122°F.)	10°C. ( 50°F.)	84.1 125.2	95.9 143.2	108.0 161.0	120.1 179.0	131.9 197.0	135.1 214.7
	5°C. ( 41°F.)	77.4 117.8	88.5 134.6	99.3 151.4	110.4 168.4	121.5 185.1	132.6 201.9
	0°C. ( 32°F.)	60.9 108.5	69.5 124.0	78.1 139.5	87.0 155.1	95.6 170.3	104.3 185.9
	-5°C. ( 23°F.)	45.6 101.6	52.3 115.9	58.7 130.4	65.3 145.0	71.7 159.5	78.4 174.0
	-10°C. ( 14°F.)	34.8 92.7	39.7 106.0	44.6 119.1	49.8 132.4	54.7 145.7	59.7 158.8
	-15°C. ( 5°F.)	29.1 85.6	33.3 97.9	37.2 110.2	41.4 122.5	45.6 134.6	49.8 146.9
	-20°C. (- 4°F.)	22.4 75.7	25.4 86.5	28.6 97.1	31.8 108.0	35.0 118.8	38.2 129.7
	-25°C. (-13°F.)	14.8 64.3	16.8 73.7	19.0 82.8	21.2 92.2	23.2 101.3	25.4 110.4
	-30°C. (-22°F.)	9.6 59.2	10.8 67.5	12.3 75.9	13.6 84.6	15.0 92.9	16.3 101.3

NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H P = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P., no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

COMPRESOR MYCOM 130 FWV-8B

130 mm x 100 mm x 8 CILINDROS

	Desplazamiento	446 0m3/h	509.7m3/h	573.4m3/h	637.1m3/h	700.8m3/h	764.5m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons BHP	Tons BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C ( 50°F.)	158.2 97.1	180.8 111.0	203.4 124.8	226.0 138.7	248.6 152.6	271.2 166.4
	5°C ( 41°F.)	132.6 96.1	151.5 109.8	170.5 123.6	189.4 137.3	208.3 151.0	227.3 164.8
	0°C ( 32°F.)	110.0 93.6	125.7 107.0	141.4 120.3	157.1 133.7	172.8 147.1	188.5 160.4
	-5°C ( 23°F.)	89.5 90.3	102.3 103.2	115.1 116.1	127.9 129.0	140.7 141.9	153.5 154.8
	-10°C ( 14°F.)	71.8 85.5	82.1 97.8	92.3 110.0	102.6 122.2	112.9 134.4	123.1 146.6
	-15°C ( 5°F.)	56.1 79.7	64.1 91.1	72.1 102.5	80.1 113.9	88.1 125.3	96.1 136.7
	-20°C ( -4°F.)	44.2 73.4	50.5 83.9	56.8 94.4	63.1 104.9	69.4 115.4	75.7 125.9
	-25°C ( -13°F.)	33.5 65.9	38.2 75.3	43.0 84.7	47.8 94.1	52.6 103.5	57.4 112.9
	-30°C ( -22°F.)	24.9 58.2	28.4 66.6	32.0 74.9	35.5 83.2	39.1 91.5	42.6 99.8
-32.5°C ( -26°F.)	21.5 54.5	24.6 62.3	27.6 70.1	30.7 77.9	33.8 85.7	36.8 93.5	
35°C. (95°F.)	10°C ( 50°F.)	149.1 108.6	170.4 124.2	191.7 139.7	213.0 155.2	234.3 170.7	255.6 186.2
	5°C ( 41°F.)	124.7 106.5	142.5 121.7	160.3 136.9	178.1 152.1	195.9 167.3	213.7 182.5
	0°C ( 32°F.)	102.8 102.9	117.4 117.5	132.1 132.2	146.8 146.9	161.5 161.6	176.2 176.3
	-5°C ( 23°F.)	83.2 98.5	95.0 112.6	106.9 126.6	118.8 140.7	130.7 154.8	142.6 168.8
	-10°C ( 14°F.)	66.9 92.5	76.4 105.7	86.0 118.9	95.5 132.1	105.1 145.3	114.6 158.5
	-15°C ( 5°F.)	52.4 85.8	59.8 98.0	67.3 110.3	74.8 122.5	82.3 134.8	89.8 147.0
	-20°C ( -4°F.)	40.0 78.1	45.8 89.3	51.5 100.4	57.2 111.6	62.9 122.8	68.6 133.6
	-25°C ( -13°F.)	30.1 70.3	34.4 80.3	38.7 90.4	43.0 100.4	47.3 110.4	51.6 120.5
	-30°C ( -22°F.)	22.3 61.9	25.4 70.7	28.6 79.6	31.8 88.4	35.0 97.2	38.2 106.1
-32.5°C ( -26°F.)	18.6 57.7	21.3 65.9	23.9 74.2	26.6 82.4	29.3 90.6	31.9 98.9	
40°C (104°F.)	10°C ( 50°F.)	140.5 121.3	160.6 138.6	180.6 156.0	200.7 173.3	220.8 190.6	240.8 208.0
	5°C ( 41°F.)	116.3 117.8	132.9 134.6	149.5 151.5	166.1 168.3	182.7 185.1	199.3 202.0
	0°C ( 32°F.)	95.3 112.8	109.0 128.3	122.6 145.0	136.2 161.1	149.8 177.2	163.4 193.3
	-5°C ( 23°F.)	76.9 106.5	87.8 121.7	98.8 136.9	109.8 152.1	120.8 167.3	131.8 182.5
	-10°C ( 14°F.)	61.0 99.6	69.7 113.8	78.4 128.1	87.1 142.3	95.8 156.5	104.5 170.8
	-15°C ( 5°F.)	47.6 91.3	54.4 104.3	61.2 117.4	68.0 130.4	74.8 143.4	81.6 156.5
	-20°C ( -4°F.)	36.1 82.7	41.3 94.6	46.4 106.4	51.6 118.2	56.8 130.0	61.9 141.8
	-25°C ( -13°F.)	26.7 74.2	30.5 84.8	34.3 95.4	38.1 106.0	41.9 116.6	45.7 127.2
	-30°C ( -22°F.)	18.6 64.9	21.3 74.2	23.9 83.4	26.6 92.7	29.3 102.0	31.9 111.2
-32.5°C ( -26°F.)	16.0 60.2	18.3 68.8	20.3 77.4	22.3 86.0	24.3 94.6	27.5 108.3	
45°C. (113°F.)	10°C ( 50°F.)	129.2 151.6	147.4 173.1	165.9 194.7	184.4 216.4	202.9 238.1	221.4 259.8
	5°C ( 41°F.)	104.8 139.0	119.8 159.0	134.8 179.0	149.9 198.7	164.7 218.7	179.7 238.6
	0°C ( 32°F.)	84.1 133.6	96.1 152.6	108.0 171.6	120.1 190.8	132.1 209.8	144.2 228.8
	-5°C ( 23°F.)	68.8 128.0	78.4 144.0	88.3 162.0	98.1 180.0	108.0 198.0	117.8 215.9
	-10°C ( 14°F.)	52.3 115.6	59.9 132.1	67.3 148.6	74.7 165.2	82.3 181.7	89.7 198.2
	-15°C ( 5°F.)	42.2 106.0	48.1 120.1	54.0 135.1	60.2 150.1	66.1 165.2	72.0 180.2
	-20°C ( -4°F.)	32.0 96.9	36.7 109.7	41.2 123.5	45.9 137.1	50.5 150.9	55.0 164.7
	-25°C ( -13°F.)	22.7 83.1	25.9 95.2	29.1 107.0	32.3 118.8	35.5 130.7	38.7 142.5
	-30°C ( -22°F.)	15.8 74.2	18.0 84.8	20.3 95.4	22.7 106.0	24.9 116.6	27.1 127.2
50°C (122°F.)	10°C ( 50°F.)	111.9 167.1	127.9 190.8	144.0 214.7	160.0 238.6	176.0 262.5	192.0 286.5
	5°C ( 41°F.)	103.0 157.0	117.8 179.5	136.0 201.9	147.4 224.3	162.0 246.8	176.8 269.2
	0°C ( 32°F.)	81.1 144.7	92.7 165.2	104.3 185.9	115.9 206.6	127.4 227.3	139.0 248.0
	-5°C ( 23°F.)	60.9 135.3	69.5 154.6	78.4 174.0	87.0 193.3	95.6 212.5	104.3 232.0
	-10°C ( 14°F.)	46.3 123.5	53.0 141.3	59.7 158.8	66.3 176.5	73.0 194.3	79.6 211.8
	-15°C ( 5°F.)	38.7 114.1	44.4 130.7	49.8 146.9	55.2 163.2	60.9 179.5	66.3 196.7
	-20°C ( -4°F.)	29.8 100.8	34.0 115.4	38.2 129.7	42.4 144.0	46.8 158.5	51.0 172.8
	-25°C ( -13°F.)	19.7 86.0	22.4 96.1	25.4 110.4	28.1 122.8	30.8 135.1	33.5 147.4
	-30°C ( -22°F.)	12.8 78.9	14.5 80.0	16.3 101.3	18.2 112.7	20.0 123.9	21.8 135.1

NOTAS:

- 1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración  
1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora.  
1 H. P. = 0.7458 K.W.H.
- 2.—La potencia al freno, D.H.P., no incluye la pérdida por transmisión de banda.
- 3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1 ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

FREON 22

FREON 502

## COMPRESOR MYCOM 95 FH-2A

95 mm x 76 mm x 2 CILINDROS

	Desplazamiento	45.2m3/h	51.7m3/h	58.1m3/h	64.6m3/h	71.1m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons BHP	Tons. BHP	Tons BHP	Tons BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	17.3 11.6	19.8 13.3	22.3 14.9	24.7 16.6	27.2 18.3
	5°C. ( 41°F.)	14.5 12.2	16.6 13.9	18.6 13.6	20.7 17.4	22.8 19.1
	0°C. ( 32°F.)	11.9 12.0	13.6 13.7	15.3 15.4	17.0 17.1	18.7 18.9
	-5°C. ( 23°F.)	9.8 11.8	11.2 13.5	12.5 15.2	13.9 16.8	15.3 18.5
	-10°C. ( 14°F.)	7.9 11.2	9.0 12.9	10.1 14.5	11.2 16.1	12.4 17.7
	-15°C. ( 5°F.)	6.2 10.4	7.1 11.9	8.0 13.4	8.9 14.9	9.8 16.3
	-20°C. (- 4°F.)	4.9 9.4	5.6 10.8	6.3 12.1	6.9 13.5	7.6 14.8
	-25°C. (-13°F.)	3.7 8.5	4.3 9.7	4.8 10.9	5.3 12.1	5.9 13.3
	-30°C. (-22°F.)	2.8 7.4	3.2 8.5	3.6 9.5	4.0 10.6	4.4 11.6
	-35°C. (-31°F.)	2.0 6.2	2.2 7.1	2.5 8.0	2.8 8.9	3.1 9.8
-40°C. (-40°F.)	1.5 5.0	1.7 5.7	1.9 6.4	2.1 7.1	2.3 7.8	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	16.2 14.1	18.5 16.2	20.8 18.1	23.1 20.2	25.4 22.2
	5°C. ( 41°F.)	13.4 14.2	15.4 16.3	17.3 18.3	19.2 20.3	21.1 22.4
	0°C. ( 32°F.)	11.1 13.8	12.6 15.8	14.2 17.7	15.8 19.7	17.4 21.8
	-5°C. ( 23°F.)	9.0 13.2	10.2 15.1	11.5 16.9	12.8 18.8	14.1 20.7
	-10°C. ( 14°F.)	7.2 12.4	8.2 14.2	9.3 15.9	10.3 17.7	11.3 19.5
	-15°C. ( 5°F.)	5.7 11.3	6.5 12.9	7.3 14.5	8.1 16.1	9.0 17.8
	-20°C. (- 4°F.)	4.4 10.2	5.1 11.6	5.7 13.1	6.3 14.5	7.0 16.0
	-25°C. (-13°F.)	3.3 9.0	3.8 10.3	4.3 11.5	4.8 12.8	5.3 14.1
	-30°C. (-22°F.)	2.4 7.7	2.8 8.8	3.1 9.9	3.5 11.0	3.8 12.1
	-35°C. (-31°F.)	1.6 6.3	1.9 7.2	2.1 8.1	2.3 9.0	2.6 9.9
-40°C. (-40°F.)	1.0 4.8	1.1 5.4	1.3 6.1	1.4 6.9	1.5 7.5	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	15.1 16.7	17.2 19.1	19.4 21.5	21.5 23.9	23.7 26.3
	5°C. ( 41°F.)	12.4 16.3	14.2 18.6	16.0 20.9	17.8 21.3	19.6 25.6
	0°C. ( 32°F.)	10.2 15.5	11.7 17.7	13.1 19.9	14.6 22.1	16.0 24.3
	-5°C. ( 23°F.)	8.2 14.6	9.4 16.7	10.6 18.8	11.8 20.9	13.0 23.0
	-10°C. ( 14°F.)	6.6 13.5	7.5 15.4	8.4 17.3	9.4 19.2	10.3 21.2
	-15°C. ( 5°F.)	5.2 12.2	5.9 13.9	6.6 15.7	7.4 17.4	8.1 19.2
	-20°C. (- 4°F.)	4.0 10.8	4.5 12.4	5.1 13.9	5.7 15.5	6.2 17.0
	-25°C. (-13°F.)	2.9 9.4	3.4 10.8	3.8 12.1	4.2 13.5	4.6 14.8
	-30°C. (-22°F.)	2.1 7.9	2.4 9.0	2.7 10.1	3.0 11.2	3.3 12.4
	-35°C. (-31°F.)	1.5 6.2	1.7 7.1	1.9 8.0	2.1 8.9	2.3 9.7
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	13.9 19.3	15.9 22.1	17.9 24.8	19.9 27.6	21.9 30.3
	5°C. ( 41°F.)	11.4 18.3	13.1 21.0	14.7 23.6	16.3 26.2	18.0 28.9
	0°C. ( 32°F.)	9.3 17.2	10.7 19.7	12.0 22.1	13.4 24.6	14.7 27.1
	-5°C. ( 23°F.)	7.5 15.9	8.6 18.2	9.6 20.5	10.7 22.8	11.8 25.1
	-10°C. ( 14°F.)	5.9 14.5	6.8 16.5	7.6 18.6	8.5 20.7	9.3 22.8
	-15°C. ( 5°F.)	4.6 13.0	5.3 14.9	6.0 16.8	6.6 18.6	7.3 20.5
	-20°C. (- 4°F.)	3.5 11.4	4.0 13.0	4.5 14.6	5.0 16.3	5.5 17.9
	-25°C. (-13°F.)	2.5 9.7	2.9 11.0	3.3 12.4	3.6 13.8	4.0 15.2
	-30°C. (-22°F.)	1.7 7.9	2.0 9.0	2.2 10.1	2.5 11.3	2.7 12.4
	-35°C. (-31°F.)	1.0 6.0	1.2 6.8	1.4 7.7	1.6 8.5	1.8 9.4

## NOTAS.

1—Tons = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K cal/hora = 12,000 BTU/hora.

1 H P. = 0.7458 K W H.

2—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de P 1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

## COMPRESOR MYCOM 95 F.H.-4-A

## 95 mm x 76 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	90.4m <sup>3</sup> /h	103.4m <sup>3</sup> /h	116.3m <sup>3</sup> /h	129.2m <sup>3</sup> /h	142.1m <sup>3</sup> /h	155.0m <sup>3</sup> /h	168.0m <sup>3</sup> /h							
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM							
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP							
30°C (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	34.6	23.2	39.6	26.6	44.5	29.9	49.5	33.2	54.4	36.5	59.4	39.8	64.4	43.2
	5°C. ( 41°F.)	29.0	24.3	33.1	27.8	37.3	31.3	41.4	34.8	45.5	38.2	49.7	41.7	53.8	45.2
	0°C. ( 32°F.)	23.7	24.0	27.2	27.4	30.5	30.9	33.9	34.3	37.3	37.7	40.7	41.1	44.1	44.6
	- 5°C. ( 23°F.)	19.5	23.6	22.3	27.0	25.1	30.3	27.9	33.7	30.7	37.1	33.4	40.4	36.2	43.8
	-10°C. ( 14°F.)	15.7	22.5	18.0	25.7	20.2	28.9	22.5	32.1	24.7	35.3	27.0	38.5	29.2	41.8
	-15°C. ( 5°F.)	12.5	20.8	14.3	23.8	16.0	26.7	17.8	29.7	19.6	32.6	21.4	35.6	23.2	38.6
	-20°C. (- 4°F.)	9.7	18.8	11.1	21.6	12.5	24.2	13.9	26.9	15.3	29.6	16.7	32.3	18.1	35.0
	-25°C. (-13°F.)	7.5	16.9	8.6	19.3	9.6	21.8	10.7	24.2	11.8	26.6	12.8	29.0	13.9	31.4
	-30°C. (-22°F.)	5.6	14.8	6.4	16.9	7.1	19.0	7.9	21.1	8.7	23.2	9.5	25.3	10.3	27.5
	-35°C. (-31°F.)	3.9	12.5	4.5	14.3	5.0	16.1	5.6	17.9	6.1	19.6	6.7	21.4	7.3	23.2
-40°C. (-40°F.)	2.5	9.9	2.9	11.3	3.2	12.8	3.6	14.2	4.0	15.6	4.3	17.0	4.7	18.4	
35°C. (95°C.)	10°C. ( 50°F.)	32.3	28.2	37.0	32.3	41.6	36.3	46.2	40.4	50.8	44.4	55.4	48.4	60.1	52.5
	5°C. ( 41°F.)	26.9	28.5	30.7	32.5	34.6	36.6	38.4	40.7	42.2	44.7	46.1	48.8	49.9	52.9
	0°C. ( 32°F.)	22.1	27.6	25.3	31.6	28.4	35.5	31.6	39.5	34.8	43.4	37.9	47.3	41.1	51.3
	- 5°C. ( 23°F.)	17.9	26.3	20.5	30.1	23.1	33.9	25.6	37.6	28.2	41.4	30.7	45.1	33.3	48.9
	-10°C. ( 14°F.)	16.2	24.8	18.6	28.3	20.9	31.9	23.2	35.4	25.5	38.9	27.8	42.5	30.1	46.0
	-15°C. ( 5°F.)	11.4	22.6	13.0	25.8	14.7	29.1	16.3	32.3	17.9	35.5	19.5	38.7	21.2	42.0
	-20°C. (- 4°F.)	8.9	20.3	10.1	23.3	11.4	26.2	12.7	29.1	13.9	32.0	15.2	34.9	16.5	37.8
	-25°C. (-13°F.)	6.7	17.9	7.7	20.5	8.6	23.1	9.6	25.6	10.5	28.2	11.5	30.8	12.4	33.3
	-30°C. (-22°F.)	4.9	15.4	5.6	17.6	6.2	19.8	6.9	22.0	7.6	24.2	8.3	26.4	9.0	28.6
	-35°C. (-31°F.)	3.3	12.6	3.8	14.4	4.2	16.2	4.7	18.0	5.2	19.8	5.6	21.6	6.1	23.4
-40°C. (-40°F.)	2.0	9.5	2.3	10.9	2.5	12.2	2.8	13.6	3.1	14.9	3.4	16.3	3.7	17.7	
40°C (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	30.1	33.4	34.5	38.2	38.8	43.0	43.1	47.7	47.4	52.5	51.7	57.3	56.0	62.1
	5°C. ( 41°F.)	24.9	32.6	28.5	37.3	32.0	41.9	35.6	46.6	39.1	51.2	42.7	55.9	46.3	60.6
	0°C. ( 32°F.)	20.4	31.0	23.3	35.4	26.2	39.8	29.1	44.2	32.0	48.7	34.9	53.0	37.9	57.5
	- 5°C. ( 23°F.)	16.5	29.3	18.9	33.5	21.2	37.6	23.6	41.8	25.9	46.0	28.3	50.2	30.6	54.4
	-10°C. ( 14°F.)	13.1	26.9	15.0	30.8	16.9	34.6	18.8	38.5	20.7	42.3	22.5	46.1	24.4	50.0
	-15°C. ( 5°F.)	10.3	24.4	11.8	27.9	13.3	31.4	14.8	34.8	16.2	38.3	17.7	41.8	19.2	45.3
	-20°C. (- 4°F.)	7.9	21.6	9.1	24.7	10.2	27.8	11.3	30.9	12.1	34.0	13.6	37.1	14.7	40.2
	-25°C. (-13°F.)	5.9	18.8	6.7	21.5	7.6	24.2	8.4	26.9	9.3	29.6	10.1	32.3	11.0	35.0
	-30°C. (-22°F.)	4.2	15.7	4.8	18.0	5.4	20.2	6.0	22.5	6.5	24.7	7.1	27.0	7.7	29.2
	-35°C. (-31°F.)	2.2	12.4	2.5	14.2	2.9	15.9	3.2	17.7	3.5	19.5	3.8	21.2	4.1	23.0
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	27.8	38.6	31.8	44.1	35.8	49.6	39.8	55.1	43.7	60.6	47.7	66.1	51.7	71.7
	5°C. ( 41°F.)	22.9	36.7	26.2	42.0	29.4	47.2	32.7	52.5	35.9	57.7	39.2	62.9	42.5	68.2
	0°C. ( 32°F.)	18.7	34.5	21.4	39.4	24.0	44.3	26.7	49.2	29.4	54.2	32.0	59.1	34.7	64.0
	- 5°C. ( 23°F.)	15.0	31.9	17.1	36.4	19.3	41.0	21.4	45.5	23.5	50.1	25.7	54.6	27.8	59.2
	-10°C. ( 14°F.)	11.8	28.9	13.5	33.1	15.2	37.2	16.9	41.3	18.6	45.5	20.3	49.6	22.0	53.8
	-15°C. ( 5°F.)	9.3	26.1	10.6	29.8	11.9	33.5	13.2	37.3	14.6	41.0	15.9	44.7	17.2	48.5
	-20°C. (- 4°F.)	7.0	22.8	8.0	26.0	9.0	29.3	10.0	32.5	11.0	35.8	12.0	39.0	13.0	42.3
	-25°C. (-13°F.)	5.1	19.3	5.8	22.1	6.5	24.8	7.3	27.6	8.0	30.4	8.7	33.1	9.4	35.9
	-30°C. (-22°F.)	3.5	15.7	3.9	18.0	4.4	20.3	4.9	22.5	5.4	24.8	5.9	27.0	6.4	29.3
	-35°C. (-31°F.)	2.1	11.9	2.4	13.6	2.7	15.3	3.0	17.0	3.3	18.7	3.6	20.4	3.9	22.1

## NOTAS

1—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3024 K cal/hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2—La potencia al freno, B.H.P., no incluye la pérdida por transmisión de banda

3—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9 a 1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

# COMPRESOR MYCOM 95 FW-6A

## 95 mm x 76 mm x 4 CILINDROS

	Desplazamiento	135.7m3/h	155.1m3/h	174.5m3/h	193.9m3/h	213.3m3/h	232.7m3/h	252.1m3/h
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP	Tons. BHP
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	52.0 34.9	59.4 39.8	66.8 44.8	74.3 49.8	81.7 54.8	89.1 59.8	96.6 64.8
	5°C. ( 41°F.)	43.5 36.5	49.7 41.7	55.9 46.9	62.2 52.2	68.4 57.4	74.6 62.6	80.8 67.8
	0°C. ( 32°F.)	35.6 36.0	40.7 41.1	45.8 46.3	50.9 51.4	56.0 56.6	61.1 61.7	66.2 66.9
	- 5°C. ( 23°F.)	29.3 35.4	33.5 40.4	37.6 45.5	41.8 50.6	46.0 55.6	50.2 60.7	54.4 65.7
	-10°C. ( 14°F.)	23.6 33.7	27.0 38.6	30.3 43.4	33.7 48.2	37.1 53.0	40.5 57.8	43.8 62.7
	-15°C. ( 5°F.)	18.7 31.2	21.4 35.6	24.1 40.1	26.7 44.5	29.4 49.0	32.1 53.5	34.8 57.9
	-20°C. (- 4°F.)	14.6 28.3	16.7 32.3	18.8 36.4	20.9 40.4	22.9 44.5	25.0 48.5	27.1 52.5
	-25°C. (-13°F.)	11.2 25.4	12.8 29.0	14.4 32.7	16.0 36.3	17.6 39.9	19.2 43.5	20.8 47.2
	-30°C. (-22°F.)	8.3 22.2	9.5 25.4	10.7 28.5	11.9 31.7	13.1 34.9	14.3 38.0	15.5 41.2
	-35°C. (-31°F.)	5.9 18.7	6.7 21.4	7.6 24.1	8.4 26.8	9.2 29.5	10.1 32.1	10.9 34.8
-40°C. (-40°F.)	3.8 14.9	4.3 17.0	4.9 19.1	5.4 21.3	5.9 23.4	6.5 25.5	7.0 27.7	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	48.5 42.4	55.5 48.5	62.4 54.5	69.3 60.6	76.3 66.6	83.2 72.7	90.2 78.8
	5°C. ( 41°F.)	40.3 42.7	46.1 48.8	51.9 54.9	57.6 61.0	63.4 67.1	69.2 73.2	74.9 79.4
	0°C. ( 32°F.)	33.2 41.4	37.9 47.4	42.7 53.3	47.4 59.2	52.2 65.2	56.9 71.1	61.7 77.0
	- 5°C. ( 23°F.)	26.9 39.5	30.7 45.2	34.6 50.8	38.4 56.5	42.3 62.1	46.1 67.8	50.0 73.4
	-10°C. ( 14°F.)	21.6 37.2	24.7 42.5	27.8 47.8	30.9 53.1	34.0 58.4	37.1 63.8	40.2 69.1
	-15°C. ( 5°F.)	17.1 33.9	19.5 38.7	22.0 43.6	24.4 48.4	26.9 53.3	29.3 58.1	31.8 63.0
	-20°C. (- 4°F.)	13.3 30.5	15.2 34.9	17.1 39.3	19.0 43.6	20.9 48.0	22.8 52.4	24.7 56.7
	-25°C. (-13°F.)	10.0 26.9	11.5 30.8	12.9 34.6	14.4 38.5	15.8 42.3	17.2 46.2	18.6 50.0
	-30°C. (-22°F.)	7.3 23.1	8.3 26.4	9.4 29.7	10.4 33.0	11.5 36.3	12.5 39.6	13.5 42.9
	-35°C. (-31°F.)	4.9 18.9	5.6 21.6	6.3 24.3	7.0 27.0	7.7 29.7	8.5 32.4	9.2 35.1
-40°C. (-40°F.)	3.0 14.3	3.4 16.3	3.8 18.3	4.2 20.4	4.6 22.4	5.1 24.5	5.5 26.5	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	45.2 50.1	51.7 57.3	58.2 64.5	64.7 71.6	71.1 78.8	77.6 86.0	84.1 93.1
	5°C. ( 41°F.)	37.4 48.9	42.7 55.9	48.0 62.9	53.4 69.9	58.7 76.9	64.1 83.9	69.4 90.9
	0°C. ( 32°F.)	30.6 46.5	35.0 53.1	39.3 59.8	43.7 66.4	48.1 73.1	52.5 79.7	56.8 86.3
	- 5°C. ( 23°F.)	24.7 43.9	28.3 50.2	31.8 56.5	35.3 62.7	38.9 69.0	42.4 75.3	46.0 81.6
	-10°C. ( 14°F.)	19.7 40.4	22.5 46.2	25.4 52.0	28.2 57.7	31.0 63.5	33.8 69.3	36.6 75.1
	-15°C. ( 5°F.)	15.5 36.6	17.7 41.8	19.9 47.1	22.1 52.3	24.4 57.5	26.6 62.8	28.8 68.0
	-20°C. (- 4°F.)	11.9 32.5	13.6 37.1	15.3 41.7	17.0 46.4	18.7 51.0	20.4 55.7	22.1 60.3
	-25°C. (-13°F.)	8.8 28.3	10.1 32.3	11.4 36.4	12.6 40.4	13.9 44.4	15.2 48.5	16.4 52.5
	-30°C. (-22°F.)	6.3 23.6	7.1 27.0	8.0 30.4	8.9 33.7	9.8 37.1	10.7 40.5	11.6 43.9
	-35°C. (-31°F.)	3.3 18.6	3.8 21.2	4.3 23.9	4.8 26.6	5.2 29.2	5.7 31.9	6.2 34.5
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	42.1 57.9	47.7 66.2	53.7 74.4	59.7 82.7	65.6 91.0	71.6 99.3	77.6 107.6
	5°C. ( 41°F.)	34.3 55.1	39.2 63.0	44.1 70.8	49.1 78.7	54.0 86.6	58.9 94.5	63.8 102.3
	0°C. ( 32°F.)	28.0 51.7	32.1 59.1	36.1 66.5	40.1 73.9	44.1 81.3	48.1 88.7	52.1 96.1
	- 5°C. ( 23°F.)	22.5 47.6	25.7 54.7	28.9 61.5	32.1 68.3	35.3 75.2	38.6 82.0	41.8 88.8
	-10°C. ( 14°F.)	17.8 43.4	20.3 49.6	22.8 55.8	25.4 62.1	27.9 68.3	30.5 74.5	33.0 80.7
	-15°C. ( 5°F.)	13.9 39.1	15.9 44.7	17.9 50.3	19.9 55.9	21.9 61.5	23.8 67.1	25.8 72.7
	-20°C. (- 4°F.)	10.5 34.2	12.0 39.0	13.5 43.9	15.0 48.8	16.5 53.7	18.1 58.6	19.6 63.5
	-25°C. (-13°F.)	7.6 29.0	8.7 33.1	9.8 37.3	10.9 41.4	12.0 45.6	13.1 49.7	14.2 53.9
	-30°C. (-22°F.)	5.2 23.6	5.9 27.0	6.7 30.4	7.4 33.8	8.1 37.2	8.9 40.5	9.6 43.9
	-35°C. (-31°F.)	3.1 17.9	3.6 20.4	4.0 23.0	4.5 25.5	4.9 28.1	5.4 30.6	5.8 33.2

**NOTAS:**

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12,000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm2.

# COMPRESOR MYCOM 95 FWV-8A

## 95 mm x 76 mm x 8 CILINDROS

	Desplazamiento	181.0m <sup>3</sup> /h	206.8m <sup>3</sup> /h	232.7m <sup>3</sup> /h	258.6m <sup>3</sup> /h	284.4m <sup>3</sup> /h	310.2m <sup>3</sup> /h	336.1m <sup>3</sup> /h							
	Velocidad	700 RPM	800 RPM	900 RPM	1000 RPM	1100 RPM	1200 RPM	1300 RPM							
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP							
30°C (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	69.3	46.5	79.2	53.1	89.1	59.8	99.0	66.4	108.9	73.1	118.8	79.7	128.7	86.3
	5°C. ( 41°F.)	58.0	48.7	66.3	55.6	74.6	62.6	82.9	69.5	91.2	76.5	99.4	83.5	107.7	90.4
	0°C. ( 32°F.)	47.5	48.0	54.3	54.9	61.1	61.7	67.9	68.6	74.7	75.5	81.5	82.3	88.3	89.2
	- 5°C. ( 23°F.)	39.1	47.2	44.6	53.9	50.2	60.7	55.8	67.4	61.4	74.2	66.9	80.9	72.5	87.6
	-10°C. ( 14°F.)	31.5	45.0	36.0	51.4	40.5	57.8	45.0	64.3	49.5	70.7	53.9	77.1	58.4	83.5
	-15°C. ( 5°F.)	25.0	41.6	28.5	47.5	32.1	53.5	35.6	59.4	39.2	65.3	42.8	71.3	46.3	77.2
	-20°C. (- 4°F.)	19.5	37.7	22.2	43.1	25.0	48.5	27.8	53.9	30.6	59.3	33.4	64.7	36.2	70.0
	-25°C. (-13°F.)	15.0	33.9	17.1	38.7	19.2	43.5	21.4	48.4	23.5	53.2	25.7	58.0	27.8	62.9
	-30°C. (-22°F.)	11.1	29.6	12.7	33.8	14.3	38.0	15.9	42.3	17.5	46.5	19.1	50.7	20.6	55.0
	-35°C. (-31°F.)	7.8	25.0	8.9	28.6	10.1	32.1	11.2	35.7	12.3	39.3	13.4	42.9	14.5	46.4
-40°C. (-40°F.)	5.0	19.9	5.7	22.7	6.5	25.5	7.2	28.4	7.9	31.2	8.6	34.0	9.3	36.9	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	64.7	56.5	74.0	64.6	83.2	72.7	92.5	80.8	101.7	88.8	110.9	96.9	120.2	105.0
	5°C. ( 41°F.)	53.8	57.0	61.5	65.1	69.2	73.2	76.8	81.4	84.5	89.5	92.2	97.6	99.9	105.8
	0°C. ( 32°F.)	44.3	55.3	50.6	63.2	56.9	71.1	63.2	79.0	69.6	86.9	75.9	94.7	82.2	102.7
	- 5°C. ( 23°F.)	35.9	52.7	41.0	60.2	46.1	67.8	51.2	75.3	56.4	82.8	61.5	90.3	66.6	97.9
	-10°C. ( 14°F.)	28.9	49.6	33.0	56.7	37.1	63.8	41.2	70.8	45.3	77.9	49.5	85.0	53.6	92.1
	-15°C. ( 5°F.)	22.8	45.2	26.1	51.7	29.3	58.1	32.6	64.6	35.8	71.0	39.1	77.5	42.3	83.1
	-20°C. (- 4°F.)	17.7	40.7	20.3	46.5	22.8	52.4	25.3	58.2	27.9	64.0	30.4	69.8	33.0	75.6
	-25°C. (-13°F.)	13.4	35.9	15.3	41.0	17.2	46.2	19.1	51.3	21.0	56.4	23.0	61.5	24.9	66.7
	-30°C. (-22°F.)	9.7	30.8	11.1	35.2	12.5	39.6	13.9	44.0	15.3	48.4	16.7	52.8	18.1	57.2
	-35°C. (-31°F.)	6.6	25.2	7.5	28.8	8.5	32.4	9.4	36.0	10.3	39.6	11.3	43.2	12.2	46.8
-40°C. (-40°F.)	3.9	19.0	4.5	21.7	5.1	24.5	5.6	27.2	6.2	29.9	6.8	32.6	7.3	35.3	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	60.4	66.9	69.0	76.4	77.6	86.0	86.2	95.5	94.8	105.1	103.4	114.6	112.1	124.2
	5°C. ( 41°F.)	49.8	65.2	56.9	74.5	64.1	83.9	71.2	93.2	78.3	102.5	85.4	111.8	92.5	121.1
	0°C. ( 32°F.)	40.8	62.0	46.6	70.8	52.5	79.7	58.3	88.5	64.1	97.4	69.9	106.2	75.8	115.1
	- 5°C. ( 23°F.)	33.0	58.6	37.7	66.9	42.4	75.3	47.1	83.6	51.8	92.0	56.6	100.4	61.3	108.8
	-10°C. ( 14°F.)	26.3	53.9	30.1	61.6	33.8	69.3	37.6	77.0	41.3	84.7	45.1	92.4	48.9	100.1
	-15°C. ( 5°F.)	20.7	48.8	23.6	55.8	26.6	62.8	29.5	69.7	32.5	76.7	35.4	83.7	38.4	90.6
	-20°C. (- 4°F.)	15.8	43.3	18.1	49.5	20.4	55.7	22.6	61.8	24.9	68.0	27.2	74.2	29.4	80.4
	-25°C. (-13°F.)	11.8	37.7	13.5	43.1	15.2	48.3	16.9	53.9	18.5	59.3	20.2	64.6	21.9	70.0
	-30°C. (-22°F.)	8.3	31.5	9.5	36.0	10.7	40.5	11.9	45.0	13.1	49.5	14.3	54.0	15.5	58.5
	-35°C. (-31°F.)	4.4	24.8	5.1	28.3	5.7	31.9	6.4	35.4	7.0	38.9	7.6	42.5	8.3	46.0
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	55.7	77.2	63.6	88.2	71.6	99.3	79.6	110.3	87.5	121.3	95.5	132.3	103.4	143.4
	5°C. ( 41°F.)	45.8	73.5	52.3	84.0	58.9	94.5	65.4	105.0	71.9	115.5	78.5	125.9	85.0	136.4
	0°C. ( 32°F.)	37.4	69.0	42.7	78.8	48.1	88.7	53.4	98.5	58.8	108.4	64.1	118.2	69.5	128.1
	- 5°C. ( 23°F.)	30.0	63.8	34.3	72.9	38.6	82.0	42.8	91.1	47.1	100.2	51.4	109.3	55.7	118.4
	-10°C. ( 14°F.)	23.7	57.9	27.1	66.2	30.5	74.5	33.8	82.7	37.2	91.0	40.6	99.3	44.0	107.6
	-15°C. ( 5°F.)	18.5	52.2	21.2	59.6	23.8	67.1	26.5	74.6	29.1	82.0	31.8	89.5	34.4	96.9
	-20°C. (- 4°F.)	14.0	45.6	16.0	52.1	18.1	58.6	20.1	65.1	22.1	71.6	24.1	78.1	26.1	84.6
	-25°C. (-13°F.)	10.2	38.7	11.6	44.2	13.1	49.7	14.5	55.2	16.0	60.8	17.4	66.3	18.9	71.8
	-30°C. (-22°F.)	6.9	31.5	7.9	36.0	8.9	40.5	9.9	45.0	10.9	49.5	11.8	54.0	12.8	58.5
	-35°C. (-31°F.)	4.2	23.8	4.8	27.2	5.4	30.6	6.0	34.0	6.6	37.4	7.2	40.8	7.8	44.2

**NOTAS**

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal/hora = 12000 HTU/hora

1 H. P = 0.7458 K.W.H

2.—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 4.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.



**COMPRESOR MYCOM 130 FV-4B**  
**130 mm x 100 mm x 4 CILINDROS**

	Desplazamiento	221.0m <sup>3</sup> /h		254.8m <sup>3</sup> /h		286.7m <sup>3</sup> /h		318.5m <sup>3</sup> /h		350.1m <sup>3</sup> /h		382.2m <sup>3</sup> /h	
	Velocidad	700 RPM		800 RPM		900 RPM		1000 RPM		1100 RPM		1200 RPM	
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons BHP		Tons BHP		Tons BHP		Tons BHP		Tons BHP		Tons BHP	
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	85.4	57.3	97.6	65.4	109.8	73.6	122.0	81.8	134.1	89.9	146.4	98.2
	5°C. ( 41°F.)	71.5	60.0	81.7	68.5	91.9	77.1	102.1	85.7	112.2	94.2	122.5	102.8
	0°C. ( 32°F.)	58.6	59.2	66.9	67.6	75.3	76.1	83.7	84.5	92.0	92.9	100.4	101.4
	- 5°C. ( 23°F.)	48.1	58.1	55.0	66.4	61.9	74.8	68.7	83.0	75.5	91.3	82.5	99.7
	-10°C. ( 14°F.)	38.8	55.4	44.3	63.3	49.9	71.3	55.4	79.2	60.9	87.0	66.5	95.0
	-15°C. ( 5°F.)	30.7	51.2	35.1	58.5	39.5	65.9	43.9	73.2	48.3	80.4	52.7	87.8
	-20°C. (- 4°F.)	24.0	46.5	27.4	53.1	30.8	59.8	34.3	66.4	37.7	73.0	41.1	79.7
	-25°C. (-13°F.)	18.4	41.7	21.1	47.7	23.7	53.6	26.3	59.6	29.0	65.5	31.6	71.5
	-30°C. (-22°F.)	13.7	36.5	15.7	41.7	17.6	46.9	19.6	52.1	21.5	57.2	23.5	62.5
	-35°C. (-31°F.)	9.6	30.8	11.0	35.2	12.4	39.6	13.8	44.0	15.1	48.4	16.5	52.8
-40°C. (-40°F.)	6.2	24.5	7.1	27.9	8.0	31.4	8.9	34.9	9.7	38.4	10.6	41.9	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	79.8	69.7	91.1	79.6	102.5	89.6	113.9	99.5	125.2	109.4	136.7	119.4
	5°C. ( 41°F.)	66.3	70.2	75.7	80.2	85.2	90.2	94.7	100.3	104.1	110.2	113.6	120.3
	0°C. ( 32°F.)	54.5	68.1	62.3	77.8	70.1	87.6	77.9	97.3	85.6	106.9	93.5	116.7
	- 5°C. ( 23°F.)	44.2	64.9	50.5	74.2	56.8	83.5	63.1	92.8	69.4	102.0	75.8	111.3
	-10°C. ( 14°F.)	35.6	61.1	40.6	69.8	45.7	78.6	50.8	87.3	55.8	95.9	60.9	104.7
	-15°C. ( 5°F.)	28.1	55.7	32.1	63.7	36.1	71.6	40.1	79.6	44.1	87.5	48.2	95.5
	-20°C. (- 4°F.)	21.9	50.2	25.0	57.3	28.1	64.5	31.2	71.7	34.3	78.8	37.5	86.0
	-25°C. (-13°F.)	16.5	44.2	18.9	50.6	21.2	56.9	23.6	63.2	25.9	69.5	28.3	75.8
	-30°C. (-22°F.)	12.0	38.0	13.7	43.4	15.4	48.8	17.1	54.2	18.8	59.6	20.5	65.1
	-35°C. (-31°F.)	8.1	31.1	9.3	35.5	10.4	39.9	11.6	44.4	12.7	48.8	13.9	53.2
-40°C. (-40°F.)	5.9	23.1	6.8	26.8	7.6	30.1	8.5	33.5	9.4	36.8	10.3	40.2	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	74.4	82.4	85.0	94.1	95.6	105.9	106.2	117.7	116.7	129.4	127.4	141.2
	5°C. ( 41°F.)	61.4	80.4	70.2	91.8	78.9	103.3	87.7	114.8	96.4	126.2	105.2	137.8
	0°C. ( 32°F.)	50.3	76.4	57.4	87.3	64.6	98.2	71.8	109.1	78.9	119.9	86.1	130.9
	- 5°C. ( 23°F.)	40.7	72.2	46.5	82.4	52.3	92.8	58.1	103.1	63.8	113.3	69.7	123.7
	-10°C. ( 14°F.)	32.4	66.4	37.0	75.9	41.7	85.4	46.3	94.8	50.9	104.2	55.6	113.8
	-15°C. ( 5°F.)	25.5	60.1	29.1	68.7	32.7	77.3	36.4	85.9	40.0	94.4	43.6	103.1
	-20°C. (- 4°F.)	19.5	53.3	22.3	60.9	25.1	68.6	27.9	76.2	30.7	83.7	33.5	91.4
	-25°C. (-13°F.)	14.5	46.5	16.6	53.1	18.7	59.7	20.8	66.4	22.8	72.9	24.9	79.6
	-30°C. (-22°F.)	10.3	38.8	11.7	44.3	13.2	49.9	14.7	55.4	16.1	60.9	17.6	66.5
	-35°C. (-31°F.)	7.1	30.5	8.3	34.9	9.4	39.3	10.6	43.6	11.8	47.3	13.0	51.1
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	68.6	95.1	78.4	108.7	88.2	122.3	98.0	135.9	107.8	149.4	117.6	163.1
	5°C. ( 41°F.)	56.2	90.5	64.2	103.4	72.2	116.4	80.3	129.3	88.2	142.1	96.3	155.2
	0°C. ( 32°F.)	46.1	85.0	52.7	97.1	59.2	109.3	65.8	121.4	72.4	133.4	79.0	145.7
	- 5°C. ( 23°F.)	37.0	78.6	42.2	89.8	47.5	101.0	52.8	112.2	58.0	123.4	63.3	134.7
	-10°C. ( 14°F.)	29.2	71.4	33.4	81.5	37.5	91.7	41.7	101.9	45.8	112.0	50.0	122.3
	-15°C. ( 5°F.)	22.8	64.3	26.1	73.5	29.4	82.7	32.6	91.9	35.9	101.0	39.2	110.2
	-20°C. (- 4°F.)	17.3	56.1	19.8	64.1	22.2	72.2	24.7	80.2	27.2	88.1	29.6	96.2
	-25°C. (-13°F.)	12.5	47.6	14.3	54.4	16.1	61.3	17.9	68.0	19.7	74.8	21.5	81.7
	-30°C. (-22°F.)	8.5	38.8	9.7	44.4	10.9	49.9	12.2	55.5	13.4	61.0	14.6	66.6
	-35°C. (-31°F.)	5.9	29.1	6.9	33.5	8.0	37.7	9.1	41.9	10.1	46.1	11.2	50.2

NOTAS.

- 1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.  
 1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.  
 1 H. P. = 0.7458 K.W.H.
- 2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.
- 3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

## COMPRESOR MYCOM 130 FW-6B

130 mm x 100 mm x 6 CILINDROS

	Desplazamiento	334.5m <sup>3</sup> /h		382.2m <sup>3</sup> /h		430.0m <sup>3</sup> /h		477.8m <sup>3</sup> /h		525.6m <sup>3</sup> /h		573.4m <sup>3</sup> /h	
	Velocidad	700 RPM		800 RPM		900 RPM		1000 RPM		1100 RPM		1200 RPM	
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP	
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	128.1	85.9	146.4	98.2	164.7	110.4	183.0	122.7	201.3	135.0	219.6	147.3
	5°C. ( 41°F.)	107.2	90.0	122.5	102.8	137.8	115.7	153.1	128.5	168.5	141.4	183.8	154.3
	0°C. ( 32°F.)	87.8	88.7	100.4	101.4	112.9	114.1	125.5	126.8	138.1	139.4	150.6	152.1
	-5°C. ( 23°F.)	72.2	87.2	82.5	99.7	92.8	112.1	103.1	124.6	113.4	137.1	123.7	149.5
	-10°C. ( 14°F.)	58.2	83.2	66.5	95.0	74.8	106.9	83.1	118.8	91.4	130.7	99.7	142.5
	-15°C. ( 5°F.)	46.1	76.8	52.7	87.8	59.3	98.8	65.9	109.8	72.5	120.7	79.0	131.7
	-20°C. (- 4°F.)	36.0	69.7	41.1	79.7	46.3	89.6	51.4	99.6	56.5	109.5	61.7	119.5
	-25°C. (-13°F.)	27.7	62.6	31.6	71.5	35.6	80.5	39.5	89.4	43.5	98.3	47.4	107.3
	-30°C. (-22°F.)	20.5	54.7	23.5	62.5	26.4	70.3	29.4	78.1	32.3	85.9	35.2	93.8
	-35°C. (-31°F.)	14.5	46.2	16.5	52.8	18.6	59.4	20.7	66.0	22.7	72.6	24.8	79.2
-40°C. (-40°F.)	9.3	36.7	10.6	41.9	12.0	47.2	13.3	52.4	14.6	57.6	15.9	62.9	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	119.6	104.5	136.7	119.4	153.8	134.3	170.9	149.3	188.0	164.2	205.1	179.1
	5°C. ( 41°F.)	99.4	105.3	113.6	120.3	127.8	135.4	142.0	150.4	156.2	165.4	170.4	180.5
	0°C. ( 32°F.)	81.8	102.2	93.5	116.7	105.2	131.3	116.9	145.9	128.6	160.5	140.2	175.1
	-5°C. ( 23°F.)	66.3	97.4	75.8	111.3	85.2	125.2	94.7	139.2	104.2	153.1	113.7	167.0
	-10°C. ( 14°F.)	53.3	91.7	60.9	104.7	68.6	117.8	76.2	130.9	83.8	144.0	91.4	157.1
	-15°C. ( 5°F.)	42.1	83.6	48.2	95.5	54.2	107.4	60.2	119.4	66.2	131.3	72.2	143.2
	-20°C. (- 4°F.)	32.8	75.3	37.5	86.0	42.2	96.8	46.8	107.5	51.5	118.3	56.2	129.0
	-25°C. (-13°F.)	24.8	66.4	28.3	75.8	31.8	85.3	35.4	94.8	38.9	104.3	42.4	113.8
	-30°C. (-22°F.)	18.0	56.9	20.5	65.1	23.1	73.2	25.7	81.3	28.2	89.5	30.8	97.6
	-35°C. (-31°F.)	12.2	46.6	13.9	53.2	15.6	59.9	17.4	66.5	19.1	73.2	20.8	79.9
-40°C. (-40°F.)	7.9	35.2	9.1	40.9	10.4	46.2	11.7	50.9	13.0	55.9	14.3	60.6	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	111.5	123.6	127.4	141.2	143.4	158.9	159.3	176.5	175.3	194.2	191.2	211.9
	5°C. ( 41°F.)	92.1	120.6	105.2	137.8	118.4	155.0	131.6	172.2	144.7	189.4	157.9	206.7
	0°C. ( 32°F.)	75.4	114.6	86.1	130.9	96.9	147.3	107.7	163.7	118.5	180.0	129.2	196.4
	-5°C. ( 23°F.)	61.0	108.2	69.7	123.7	78.4	139.1	87.1	154.6	95.8	170.1	104.5	185.5
	-10°C. ( 14°F.)	48.6	99.6	55.6	113.8	62.5	128.0	69.4	142.3	76.4	156.5	83.3	170.7
	-15°C. ( 5°F.)	38.2	90.2	43.6	103.1	49.1	116.0	54.6	128.9	60.0	141.8	65.5	154.7
	-20°C. (- 4°F.)	29.3	80.0	33.5	91.4	37.6	102.8	41.8	114.3	46.0	125.7	50.2	137.1
	-25°C. (-13°F.)	21.8	69.7	24.9	79.6	28.0	89.6	31.1	99.5	34.3	109.5	37.4	119.5
	-30°C. (-22°F.)	15.4	58.2	17.6	66.5	19.8	74.8	22.0	83.2	24.2	91.5	26.4	99.8
	-35°C. (-31°F.)	9.3	46.6	10.4	52.8	11.7	58.9	12.9	65.4	14.1	72.0	15.3	78.5
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	102.9	142.7	117.6	163.1	132.3	183.5	147.1	203.8	161.8	224.2	176.5	244.6
	5°C. ( 41°F.)	84.6	135.8	96.7	155.2	108.8	174.6	120.9	194.0	133.0	213.4	145.1	232.8
	0°C. ( 32°F.)	69.1	127.5	79.0	145.7	88.9	163.9	98.7	182.1	108.6	200.3	118.5	218.6
	-5°C. ( 23°F.)	55.4	117.9	63.3	134.7	71.3	151.5	79.2	168.4	87.1	185.2	95.0	202.1
	-10°C. ( 14°F.)	43.8	107.0	50.0	122.3	56.3	137.6	62.5	152.9	68.8	168.2	75.1	183.5
	-15°C. ( 5°F.)	34.3	96.5	39.2	110.2	44.1	124.0	49.0	137.8	53.8	151.6	58.7	165.4
	-20°C. (- 4°F.)	25.9	84.2	29.6	96.2	33.4	108.3	37.1	120.3	40.8	132.3	44.5	144.4
	-25°C. (-13°F.)	18.8	71.5	21.5	81.7	24.1	91.9	26.8	102.1	29.5	112.3	32.2	122.5
	-30°C. (-22°F.)	12.8	58.3	14.6	66.6	16.4	74.9	18.2	83.2	20.1	91.6	21.9	99.9
	-35°C. (-31°F.)	7.7	44.0	8.8	50.3	10.1	56.6	11.4	62.9	12.7	69.3	14.0	75.6

## NOTAS:

1.—Tons. = Toneladas de Refrigeración.

1 Tonelada de refrigeración = 3.024 K cal./hora = 12.000 BTU/hora.

1 H. P. = 0.7458 K.W.H.

2.—La potencia al freno, B.H.P. no incluye la pérdida por transmisión de banda.

3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9.1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

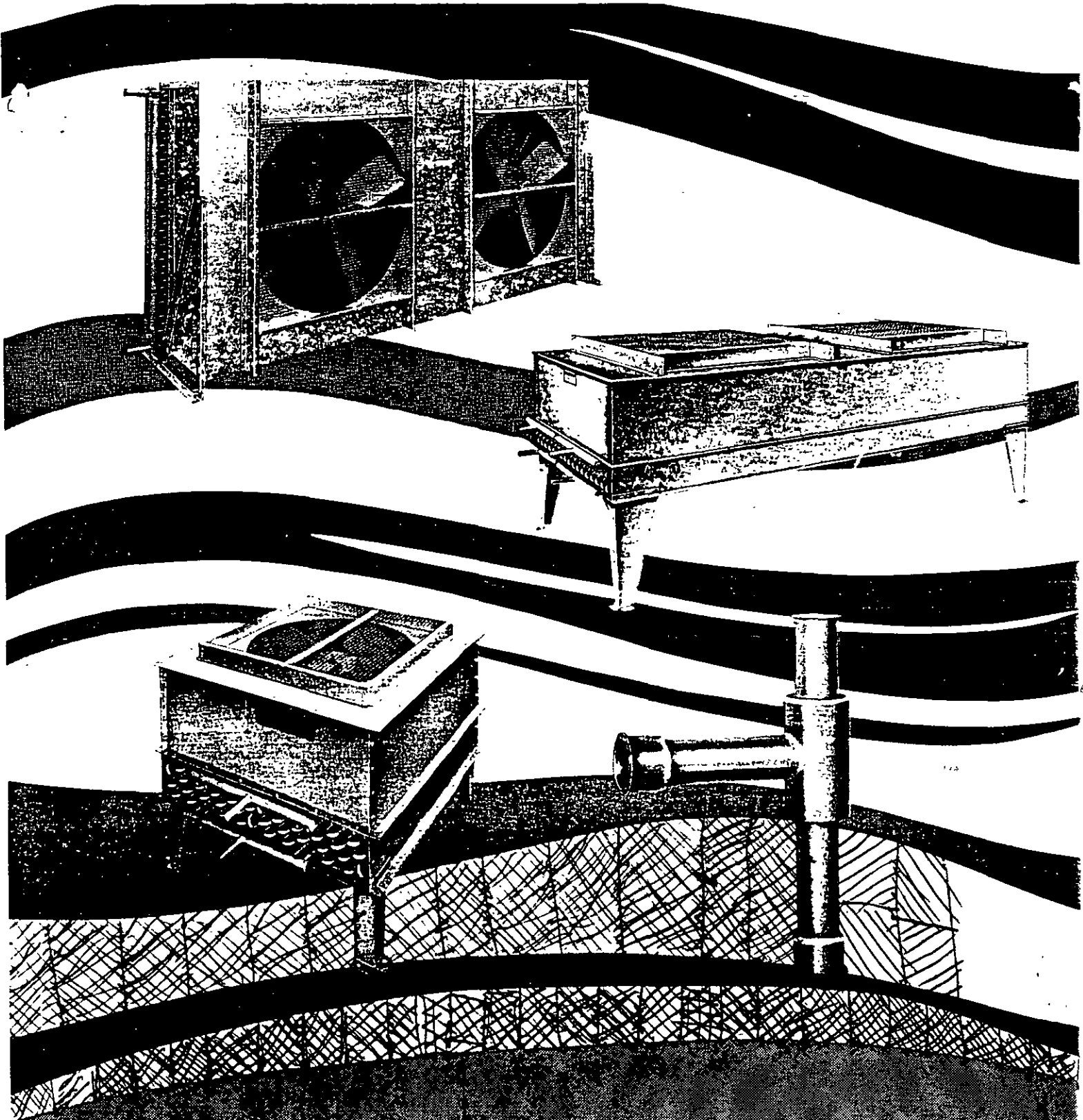
# COMPRESOR MYCOM 130 FWV-8B

## 130 mm x 100 mm x 8 CILINDROS

	Desplazamiento	446.6m <sup>3</sup> /h		509.7m <sup>3</sup> /h		573.4m <sup>3</sup> /h		637.1m <sup>3</sup> /h		700.8m <sup>3</sup> /h		764.5m <sup>3</sup> /h	
	Velocidad	700 RPM		800 RPM		900 RPM		1000 RPM		1100 RPM		1200 RPM	
Temperatura de condensación	Temperatura de evaporación	Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP		Tons. BHP	
30°C. (86°F.)	10°C. ( 50°F.)	170.8	114.6	195.2	130.9	220.0	147.3	244.0	163.6	268.4	180.0	292.8	196.4
	5°C. ( 41°F.)	143.0	120.0	163.4	137.1	183.8	154.3	204.2	171.4	224.6	188.5	245.0	205.7
	0°C. ( 32°F.)	117.2	118.3	133.9	135.2	150.6	152.1	167.3	169.0	184.1	185.9	200.8	202.8
	- 5°C. ( 21°F.)	96.2	116.3	110.0	132.9	123.7	149.5	137.5	166.1	151.2	182.7	164.9	199.3
	-10°C. ( 14°F.)	77.6	110.9	88.6	126.7	99.7	142.5	110.7	158.4	121.9	174.2	132.9	190.0
	-15°C. ( 5°F.)	61.5	102.4	70.3	117.1	79.0	131.7	87.8	146.3	96.6	161.0	105.4	175.6
	-20°C. (- 4°F.)	48.0	93.0	54.8	106.2	61.7	119.5	68.5	132.8	75.4	146.1	82.2	159.3
	-25°C. (-13°F.)	36.9	83.5	42.2	95.4	47.4	107.3	52.7	119.2	58.0	131.1	63.2	143.0
	-30°C. (-22°F.)	27.4	72.9	31.3	83.3	35.2	93.8	39.1	104.2	43.1	114.6	47.0	125.0
	-35°C. (-31°F.)	19.3	61.6	22.1	70.4	24.8	79.2	27.6	88.0	30.3	96.8	33.1	105.6
-40°C. (-40°F.)	12.4	48.9	14.2	55.9	15.9	62.9	17.7	69.9	19.5	76.9	21.3	83.9	
35°C. (95°F.)	10°C. ( 50°F.)	159.5	139.3	182.3	159.2	205.1	179.1	227.9	199.0	250.6	218.9	273.4	238.8
	5°C. ( 41°F.)	132.6	140.4	151.5	160.4	170.4	180.5	189.4	200.5	208.3	220.6	227.3	240.6
	0°C. ( 32°F.)	109.1	126.2	124.7	153.7	140.2	175.1	155.8	194.6	171.4	214.1	187.0	233.5
	- 5°C. ( 23°F.)	88.4	129.9	101.0	148.4	112.7	167.0	126.3	185.5	138.9	204.1	151.6	222.7
	-10°C. ( 14°F.)	71.1	122.2	81.3	139.7	91.4	157.1	101.6	174.6	111.7	192.0	121.9	209.5
	-15°C. ( 5°F.)	56.2	111.4	64.2	127.3	72.2	143.2	80.3	159.2	88.3	175.1	96.3	191.0
	-20°C. (- 4°F.)	43.7	100.4	50.0	114.7	56.2	129.0	62.5	143.4	68.7	157.7	75.0	172.1
	-25°C. (-13°F.)	33.0	88.5	37.7	101.1	42.4	113.8	47.2	126.4	51.9	139.1	56.6	151.7
	-30°C. (-22°F.)	24.0	75.9	27.4	86.8	30.8	97.6	34.2	108.5	37.7	119.3	41.1	130.1
	-35°C. (-31°F.)	16.2	62.1	18.5	71.0	20.8	79.9	23.1	88.7	25.5	97.6	27.8	106.5
-40°C. (-40°F.)	9.7	46.9	11.1	53.6	12.5	60.3	13.9	67.0	15.3	73.7	16.7	80.3	
40°C. (104°F.)	10°C. ( 50°F.)	148.7	164.8	169.9	188.3	191.2	211.9	212.4	235.4	233.7	258.9	254.9	282.5
	5°C. ( 41°F.)	122.8	160.8	140.3	183.7	157.9	206.7	175.4	229.6	193.0	252.6	210.5	275.5
	0°C. ( 32°F.)	100.5	152.8	114.9	174.6	129.2	196.4	143.6	218.2	158.0	240.0	172.3	261.9
	- 5°C. ( 23°F.)	81.3	144.3	92.9	164.9	104.5	185.5	116.1	206.1	127.8	226.8	139.4	247.4
	-10°C. ( 14°F.)	64.8	132.8	74.1	151.8	83.3	170.7	92.6	189.7	101.9	208.7	111.1	227.6
	-15°C. ( 5°F.)	50.9	120.3	58.2	137.3	65.5	154.7	72.8	171.8	80.0	189.0	87.3	206.2
	-20°C. (- 4°F.)	39.0	106.7	44.6	121.9	50.2	137.1	55.8	152.4	61.4	167.6	66.9	182.9
	-25°C. (-13°F.)	29.1	92.9	33.2	106.2	37.4	119.5	41.5	132.7	45.7	146.0	49.8	159.3
	-30°C. (-22°F.)	20.5	77.6	23.5	88.7	26.4	99.8	29.4	110.9	32.3	122.0	35.2	133.1
	-35°C. (-31°F.)	11.0	61.1	12.5	69.8	14.1	76.5	15.7	87.2	17.2	96.0	18.8	104.7
45°C. (113°F.)	10°C. ( 50°F.)	137.3	190.3	156.9	217.5	176.5	244.6	196.1	271.8	215.7	299.0	235.3	326.3
	5°C. ( 41°F.)	112.8	181.1	128.9	206.9	145.1	232.8	161.2	258.6	177.3	284.5	193.4	310.4
	0°C. ( 32°F.)	92.2	170.0	105.3	194.3	118.5	218.6	131.7	242.8	144.8	267.1	158.0	291.4
	- 5°C. ( 23°F.)	73.9	157.2	84.5	179.6	95.0	202.1	105.6	224.5	116.1	247.0	126.7	269.4
	-10°C. ( 14°F.)	58.4	142.7	66.7	163.1	75.1	183.5	83.4	203.9	91.7	224.3	100.1	244.7
	-15°C. ( 5°F.)	45.7	128.6	52.2	147.0	58.7	163.4	65.3	183.8	71.8	202.1	78.3	220.5
	-20°C. (- 4°F.)	34.6	112.5	39.5	128.3	44.5	144.4	49.4	160.4	54.4	176.4	59.3	192.5
	-25°C. (-13°F.)	25.0	95.3	28.6	108.9	32.2	122.5	35.8	136.1	39.3	149.7	42.9	163.3
	-30°C. (-22°F.)	17.0	77.7	19.5	88.8	21.9	99.9	24.3	111.0	26.8	122.1	29.2	133.2
	-35°C. (-31°F.)	10.3	58.7	11.6	67.1	13.2	75.5	14.7	83.9	16.2	92.2	17.7	100.6

**NOTAS**

- 1.—Tons = Toneladas de Refrigeración.  
 1 Tonelada de refrigeración = 3,024 K. cal./hora = 12,000 BTU/hora.  
 1 H. P = 0.7458 K.W.H.
- 2.—La potencia al freno, B.H.P no incluye la pérdida por transmisión de banda.
- 3.—Los valores que aparecen en gris se proporcionan únicamente para interpolación. En condiciones normales, no opere el compresor en condiciones que den una razón de compresión mayor de 9:1, ni una presión de descarga mayor de 15 Kg/cm<sup>2</sup>.



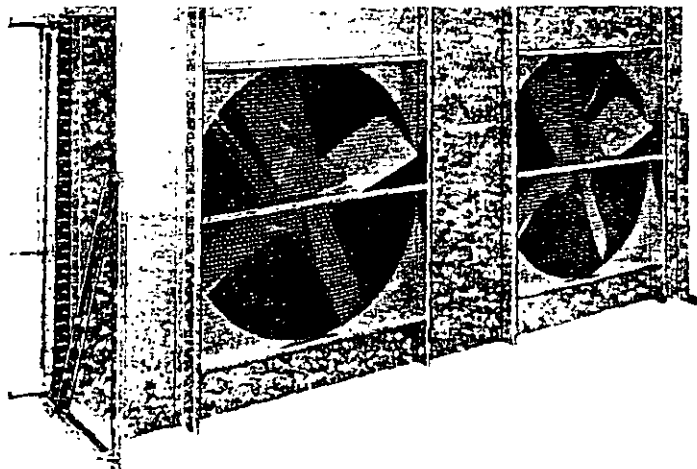
# RECCOLD

DRICON CONDENSERS

FEATURING RECCOLDMATIC HEAD PRESSURE CONTROLS



# DRICON CONDENSERS



THE  
OUTSTANDING  
AIR COOLED  
CONDENSER  
FEATURING —

**RUGGED HOUSING** — Heavy steel is used to form the rugged housing of condensers—galvanized to prevent rust and corrosion.

**HIGH QUALITY SURFACE** — Aluminum fins, spaced eight per inch, are mechanically bonded to 5/8 diameter copper tubing for permanent, high efficiency heat transfer.

**BALANCED CIRCUITING** — Recold's method of balanced circuiting results in maximum heat transfer over the entire surface of the condenser. Dependable, conservative ratings characterize all Dricon Models.

**ADJUSTABLE STAND** — Heavy, angle iron stands are galvanized after fabrication for complete corrosion resistance. Fully adjustable for varying heights. May be used for ceiling mounting.

**LARGE, SLOW SPEED FANS** — Large slow speed, belt driven fans produce ample air flow with minimum noise. Heavy duty shafts and bearings contribute to long life and dependable service.

**COMPLETE MOTOR PROTECTION** — Motor mounted within housing for complete weather protection. Ample access panels for service and maintenance.

**MULTI-CIRCUITS AVAILABLE** — Multi-circuiting provides Dricon Condensers with complete flexibility for multiple compressor applications. Method of multi-circuit selection described in detail on Page 3.

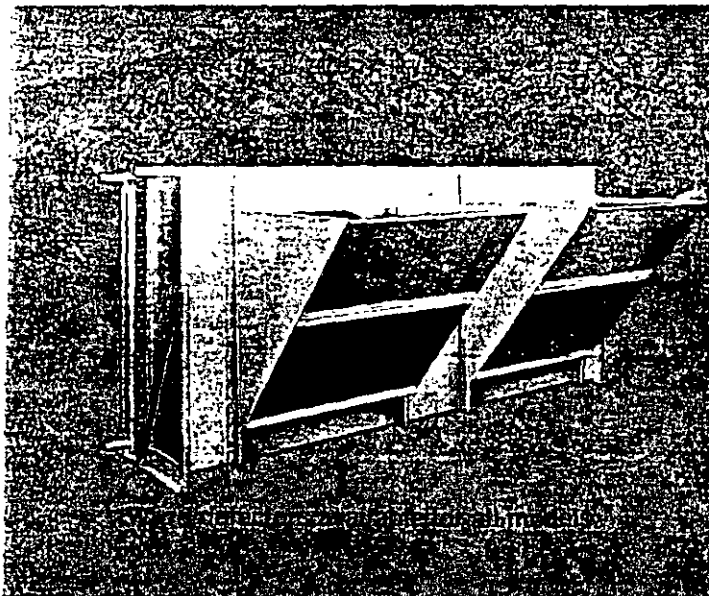
**WIND DEFLECTORS** — Wind deflectors, pictured below, available for all models.

**CONDENSERS FOR CORROSIVE ATMOSPHERES**— Recold Dricon Condensers are available with copper fins and aluminum housings. You can select a Recold Dricon for any service and any pressure condition.

**WINTER CONTROL** — Recoldmatic winter controls maintain predetermined head pressures during spring, fall and winter seasons. Control is accomplished *without dampers* or the need for *cycling fan motors*. Only one adjustment necessary.

**LOGICAL TECHNICAL SELECTION METHOD** — Recold selection tables are based on *net* refrigeration values. Because the heat compression varies with each condensing temperature and suction pressure, Recold condensers can be selected directly from the tables based on net refrigeration requirements.

**CENTRIFUGAL FAN DRICON CONDENSERS** — Where air cooled condensers are used in conjunction with ducts Recold makes units — the AH-DC type — which are provided with forward curved fans to overcome duct static.



NUMBER OF CONDENSERS REQUIRED FOR DIFFERENT NET REFRIGERATION REQUIREMENTS

SUCTION TEMP	CONDENSING TEMPERATURE					
	105	110	115	120	125	130
	%	%	%	%	%	%
+40	100	97	93	89	85	81
+20	100	96	91	86	82	77
0	100	95	90	84	79	73
-20	100	94	89	82	76	69
-40	100	93	87	80	73	65

# RECOLD

# CONDENSER SELECTION

Recold Condenser selection charts compensate for the heat of compression of the condensers under various condensing and suction temperatures.

**Step 1.** Determine the net refrigeration load (Evaporator capacity).

**Step 2.** Select the condensing temperature. Refer to the previous page and note the variations in compressor capacity as related to the condensing temperature especially at the lower suction temperatures. Although some manufacturers rate condensers at 30° TD between ambient and condensing temperatures, Recold recommends 20° or less to avoid reduction in capacity during the hottest weather when the full compressor capacity is required.

**Step 3.** Refer to the families of curves shown on the following two pages and use the set of curves associated with the ambient dry bulb which is the maximum summer temperature under which the system must maintain capacity. Select the condensing temperature which can vary from 15° to 30° above the ambient but which should be kept in the lower range to avoid the need for larger compressors.

**Step 4.** Enter the chart at the condensing temperature and move into the family of curves which are marked in large blue numerals and represents the design dry bulb temperature. Intersect the curve in this group which matches the suction temperature.

**Step 5.** Move vertically downward to the bottom of the sheet to intercept the line which matches the net refrigeration requirements and read to the left to select the size of Dricon. Remember,

the total heat rejection of the condenser is much higher than the net because by this method of selection the heat of compression has been figured in by the graphical selection method being used. Note that the higher ambients the net refrigeration capacities of the units is less because of the higher head pressures and higher heat of compression which must be rejected by the condenser.

**NOTE:** For Standard Ratings 120° condensing +40° S for 20° and 30° TD and dimensions see pages 6 and 7.

**EXAMPLE 1.** Select condenser for refrigeration load of 50,000 BTU/HR at 40° Suction, 115° Condensing and 95° Dry Bulb.

**SOLUTION:** Enter Chart 1 at 115° Condensing, read across to 95° DB, 40° S, then down to unit with proper load — DC 85 with 60,000 BTU/HR.

To find actual condensing temperature, start at 50,000 BTU/HR for DC 85 read up to 95° DB, 40° S, then across to find actual condensing temperature of 111°.

**EXAMPLE 2.** Select proper condenser for evaporator load of 100,000 BTU/HR at 95° DB and 20° Suction.

**SOLUTION:** Enter DC 110 at 100,000, read up to 95° DB, 20° S, then across finding condensing temperature of 122°.

Enter DC 165 at 100,000, read up to 95° DB, 20° S, then across finding condensing temperature of 112°. Select desired condenser.

## MULTI-CIRCUIT SELECTION

### RECOLD DRICON MULTI-CIRCUIT SELECTION SHEET

A RECOLD "Dricon" Multi-circuit Selection Sheet should be used in order to select and identify the proper condenser and circuit capacity for each compressor used.

This sheet must accompany every multi-circuit order to provide the factory with proper instructions to fabricate the condenser to meet customers' requirements. A typical Selection Sheet is shown and is used as follows:

1. Determine design dry bulb.
2. Tabulate compressor information identifying each by number, showing horsepower, refrigerant, suction temperature, condensing temperature and rated capacity.
3. From Serpentine capacity at top of Chart 1, determine number of serpentine required for a circuit (compressor capacity) of one or more "Dricon" sizes.
4. When all circuits have been listed, select the desired circuit in the individual condenser based on proper loading, location desired and most economical selection of units.
5. Total the number serpentine selected for each condenser to verify that the condenser has the required serpentine as shown in tables on pages 6 and 7.
6. If any serpentine are not used, list them as spares and determine if one or more spare circuits are desired.
7. Determine connection sizes from Table 3 and list them in selection sheet.
8. Using circuits selected and Chart 1 and 2, determine actual condensing temperature.
9. Circuits are labeled alphabetically from top of condenser down. Based on piping arrangement, determine order of circuits desired and label accordingly on sheet. If two condensers of the same size are selected, circuits should be marked properly as 1-A, 2-B, etc.

RECOLD DRICON MULTI-CIRCUIT SELECTION SHEET																						
COMPRESSOR NO.	HP	REFRIGERANT	SUCTION TEMP.	CONDENSING TEMP.	COMPRESSOR RATED CAPACITY	SERPENTINE CIRCUIT (Use Chart for Cap./Serpentine)																
						SELECTED	DIRCON SYMBOL	DIRCON IN	DIRCON OUT	SELECTED	DIRCON SYMBOL	DIRCON IN	DIRCON OUT									
1	5	12	-15	125	119.5	79,500																
2	3	12	-15	125	119.5	74,000																
3	3	12	-15	125	119.5	6,300	3	1B	5/8	5/8												
4	5	12	-25	125	119.0	9,600																
5	5	12	-25	125	119.0	9,600																
6	2	12	-25	125	119.5	6,300	3	1C	5/8	5/8												
7	2	12	-25	125	119.5	6,300	3	1C	5/8	5/8												
8	5	12	-25	125	122	38,000																
9	2	12	-25	125	122	30,000	11	1A	7/8	5/8												
10	2	12	-25	125	119.5	15,500	6	1E	5/8	5/8												
11	2	12	-25	125	122	30,000	11	1E	7/8	5/8												
12	2	12	-15	125	118.8	14,400	6	2B	5/8	5/8												
13	2	12	-15	125	118.8	14,400	6	2A	5/8	5/8												
14	2	12	-25	125	119.7	15,500	6	2C	5/8	5/8												
15	3	12	-15	125	120.8	16,400																
16	1 1/2	12	-25	125	119.5	12,200	7	3	5/8	5/8												
17	5	12	-25	125	120	38,000	6	3	1-1/8	7/8												
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
		12	-22	125	125	7,950	3	3F	5/8	5/8												
		12	-25	125	125	7,950	3	3G	5/8	5/8												
		12	-20	125	125	7,950	3	3E	5/8	5/8												
		12	-20	125	125	18,400																
		12	-20	125	125	12,400																
		12	-20	125	120	12,400																

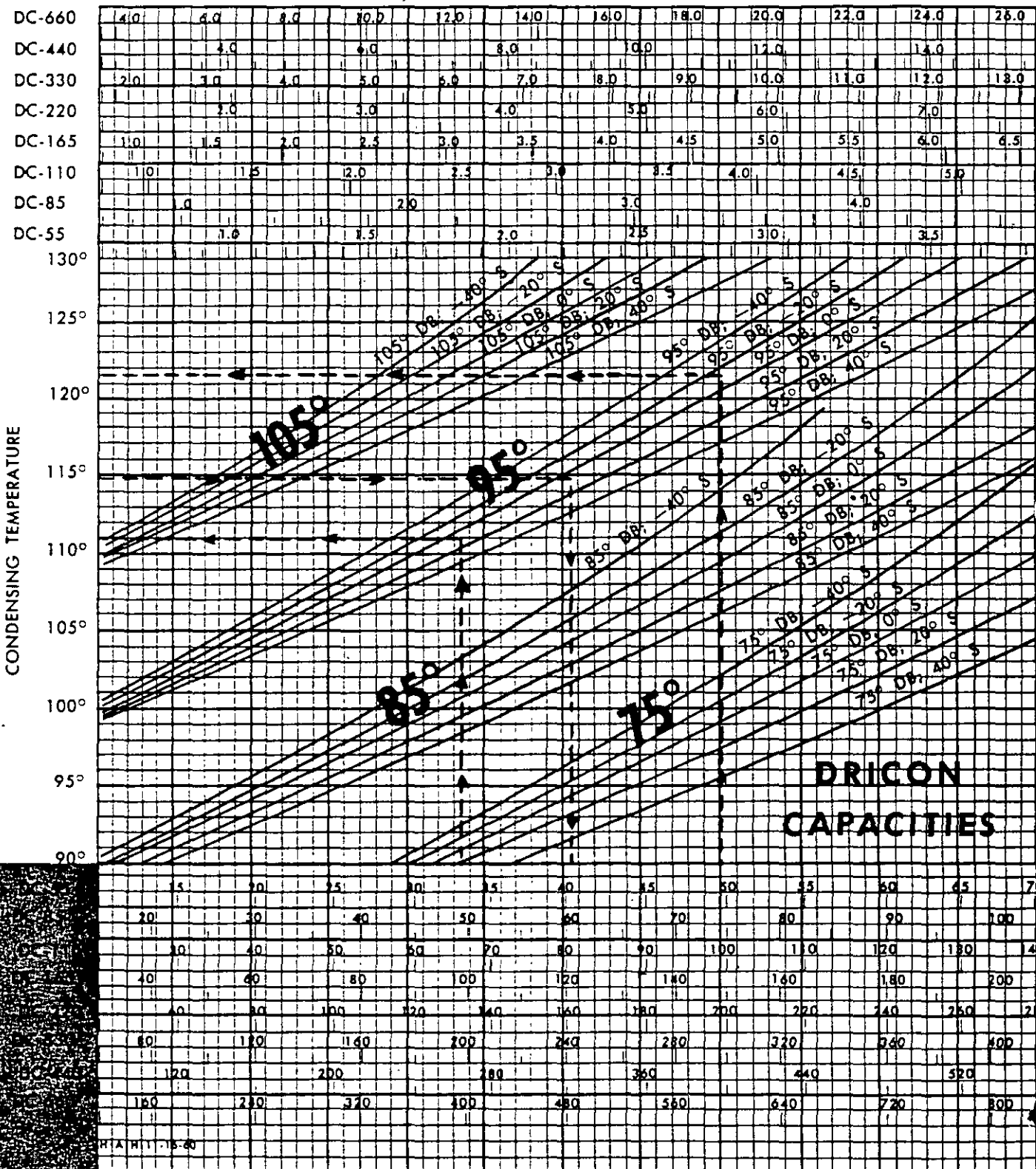
BTU/Cir. R-12	15,000	36,000	80,000	140,000
BTU/Cir. R-22	26,000	60,000	144,000	250,000
In O.D. Tube	5/8	7/8	1-1/8	1-3/8
Out O.D. Tube	5/8	5/8	7/8	1-1/8



# PERFORMANCE

CHART 1

NET REFRIGERATION LOAD PER SERPENTINE IN THOUSANDS OF BTU/HR (000 OMITTED)

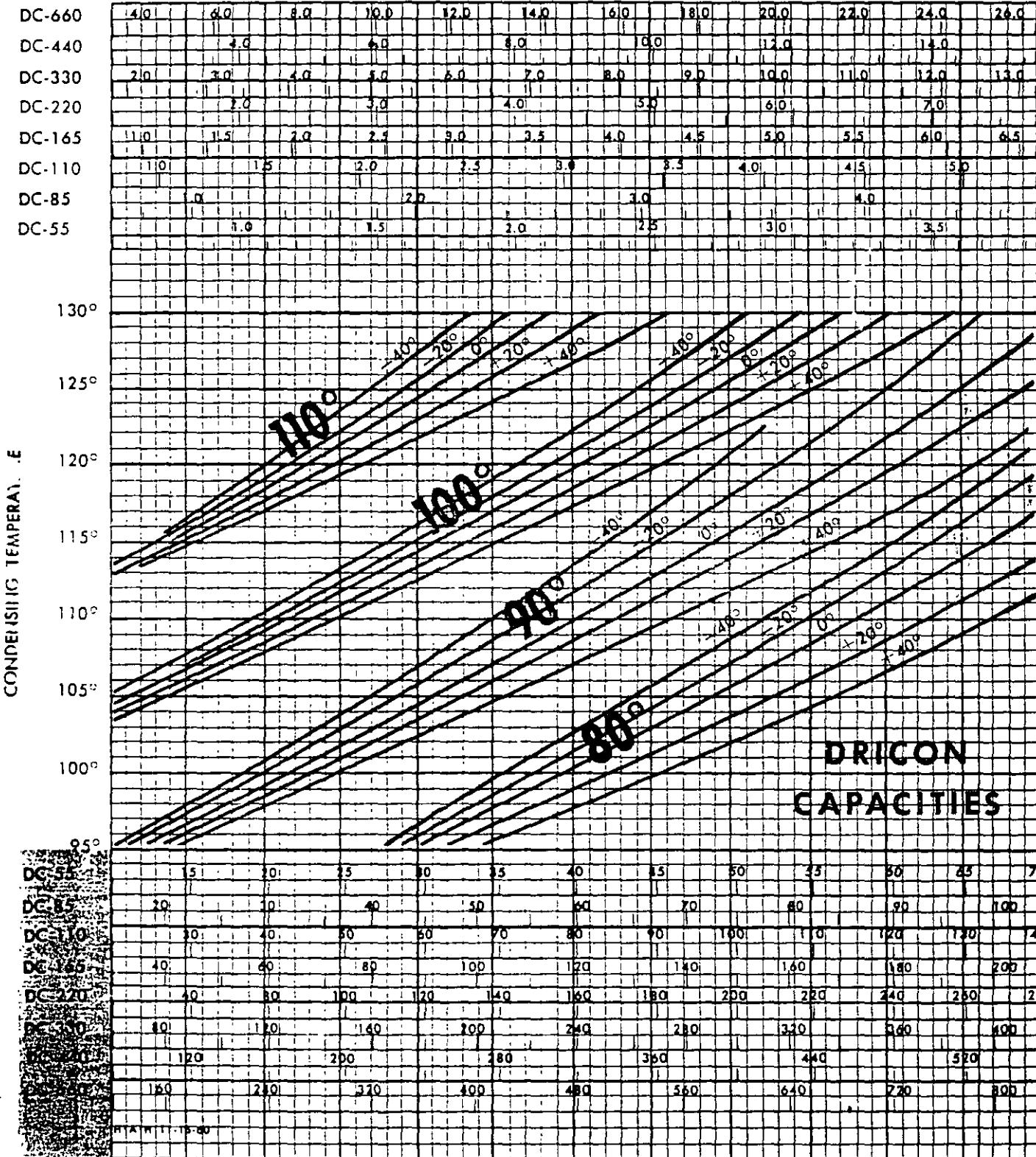




# PERFORMANCE

CHART 2

NET REFRIGERATION LOAD PER SERPENTINE IN THOUSANDS OF BTU/HR (000 OMITTED)

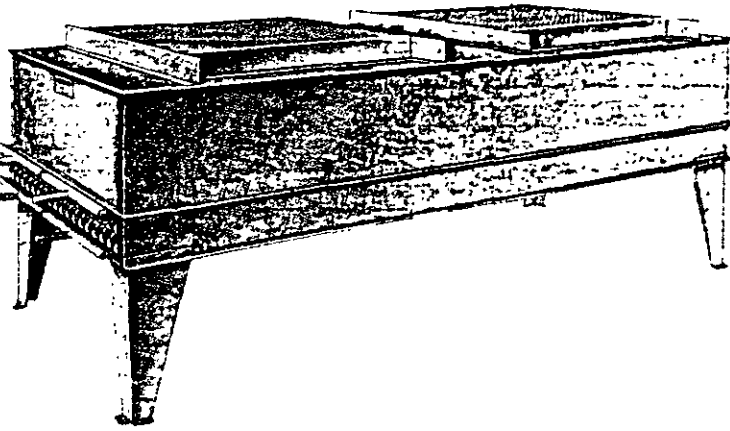


CONDENSER CAPACITY PER LINE (000) BTU/HR  
NET REFRIGERATION CAPACITY



# RECOLD

## DRICON UPBLAST CONDENSERS



Recold also offers the Dricon Upblast Condenser to meet those applications which may require this arrangement.

Outstanding features of this unit include heavy gauge galvanized legs, rugged housing, high quality surface, large slow-speed belt driven fans and multi-circuit flexibility.

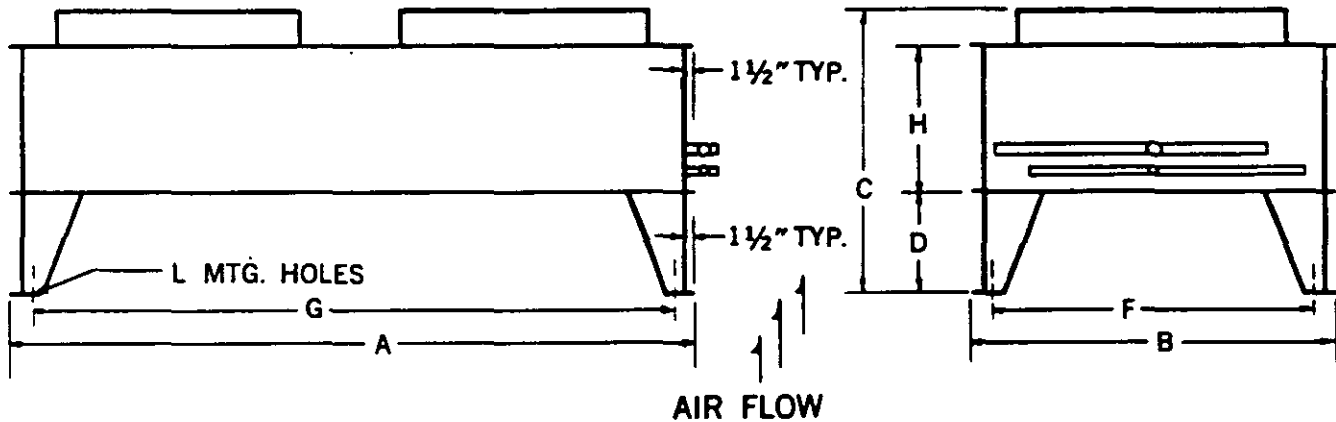
The Dricon Upblast Condenser also has these advantages:

Weather hood not required as wind direction will not affect the performance of unit. This offers flexibility in locating unit.

Since discharge is up, the noise of the unit is not directed toward any neighbor.

Unit is designed for outdoor roof applications.

### DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS



AIR FLOW

MODEL	DCU-55	DCU-65	DCU-119	DCU-185	DCU-230	DCU-330	DCU-440	DCU-610
Rating @ 30° TD* BTU/HR.	66,000	98,000	132,000	196,000	264,000	392,000	528,000	794,000
Rating @ 20° TD* BTU/HR.	45,000	67,000	90,000	134,000	180,000	268,000	360,000	536,000
Fan Size	24	30	36	42	48	(2) 42	(2) 48	(2) 48
Fan Speed	913	755	505	440	350	440	350	520
CFM	4,600	7,000	9,500	13,800	17,200	27,640	34,400	45,000
Motor HP**	1/2	3/4	1	1-1/2	1-1/2	3	3	5
A Overall Length	36	45	50	61	73	119	143	143
B Overall Width	35-1/2	42-1/2	49-1/2	60	67	60	67	67
C Overall Height	36-3/4	37-3/4	40-1/4	48-1/4	48-1/4	54-1/4	55-1/4	58-3/4
D Height of Leg	12	12	12	18	18	24	24	24
F Mounting Holes	34	41	48	58-1/2	65-1/2	58-1/2	65-1/2	65-1/2
G Mounting Holes	29-1/2	38-1/2	43-1/2	54-1/2	66-1/2	112-1/2	136-1/2	136-1/2
H Height of Housing	22	23	25	26	26	26	27	30-1/2
L Mounting Hole Dia.	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Inlet O.D. Tube (Single Circuit)	7/8	1-1/8	1-3/8	(2) 1-1/8	(2) 1-3/8	2-1/8	2-5/8	2-5/8
Outlet O.D. Tube (Single Circuit)	5/8	7/8	7/8	(2) 7/8	(2) 7/8	1-5/8	1-5/8	2-1/8
Shipping Weight	390	520	610	840	1,050	1,450	1,850	2,200
Number of Serpentine	18	22	26	32	36	32	36	36

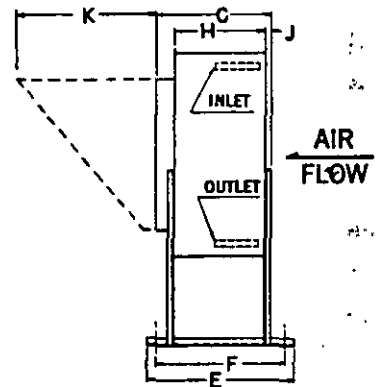
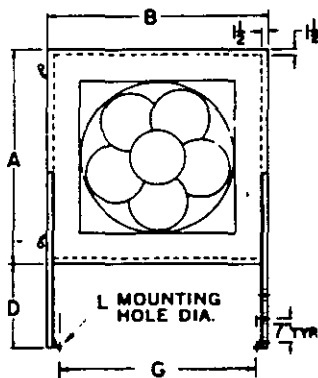
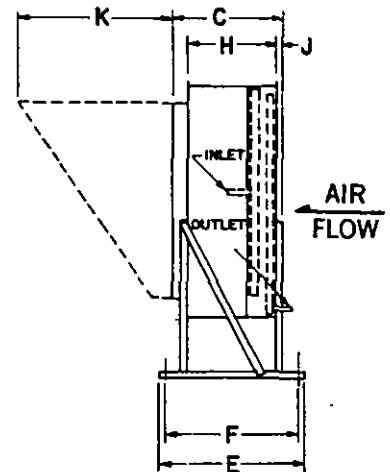
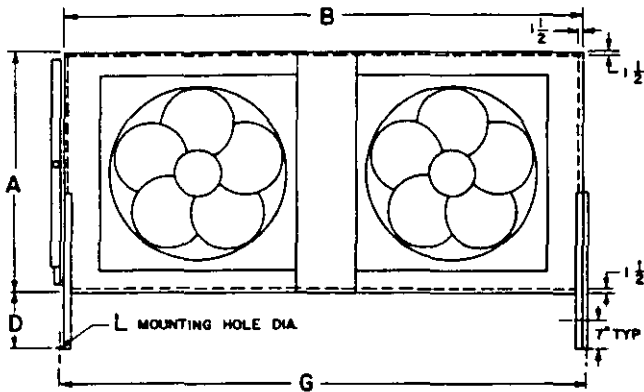
\* 120° Condensing; 40° Suction

\*\* Motor for DCU55 Unit is 230 - 115/60 1. All others are 440 - 220. 60. 3.

# RECOLD

# DC VERTICAL CONDENSERS

## DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS



MODEL	DC-65	DC-85	DC-110	DC-165	DC-220	DC-330	DC-440	DC-550
Rating @ 30° TD* BTU/HR.	66,000	98,000	132,000	196,000	264,000	392,000	528,000	794,000
Rating @ 20° TD* BTU/HR.	45,000	67,000	90,000	134,000	180,000	268,000	360,000	536,000
Fan Size	24	30	36	42	48	(2) 42	(2) 48	(2) 48
Fan Speed	913	755	505	440	350	440	350	520
CFM	4,600	7,000	9,500	13,800	17,200	27,640	34,400	45,000
Motor HP*	1/2	3/4	1	1-1/2	1-1/2	3	3	5
A Overall Height	35-1/2	42-1/2	49-1/2	60	67	60	67	67
B Overall Length	36	45	50	61	73	119	143	143
C Overall Depth	26-1/4	27-1/4	29-3/4	32-1/4	32-1/4	32-1/4	33-1/4	36-3/4
Leg Length Minimum	4-1/4	4-1/4	4-1/4	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2
D (7" Spacing) Maximum	25-1/4	25-1/4	25-1/4	30-1/2	30-1/2	30-1/2	30-1/2	30-1/2
E Overall Base	29	30	32	34	34	34	35	36-1/2
F Mounting Holes	27-1/2	28-1/2	30-1/2	32	32	32	33	36-1/2
G Mounting Holes	31-1/2	40-1/2	45-1/2	55	67	121	145	145
H Depth of Housing	22	23	25	26	26	26	27	30-1/2
J Angle Iron Size	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2
K Wind Deflector Extension	29-3/4	30-1/2	36-1/2	38-1/2	43-1/2	38-1/2	43-1/2	43-1/2
L Mounting Hole Dia.	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Inlet O.D. Tube (Single Circuit) †	7/8	1-1/8	1-3/8	(2) 1-1/8	(2) 1-3/8	2-1/8	2-5/8	2-5/8
Outlet O.D. Tube (Single Circuit) †	5/8	7/8	7/8	(2) 7/8	(2) 7/8	1-5/8	1-5/8	2-1/8
Shipping Weight	390	520	610	840	1,050	1,450	1,850	2,200
Number of Serpentes	18	22	26	32	36	32	36	36

\* 120° Condensing; 40° Suction

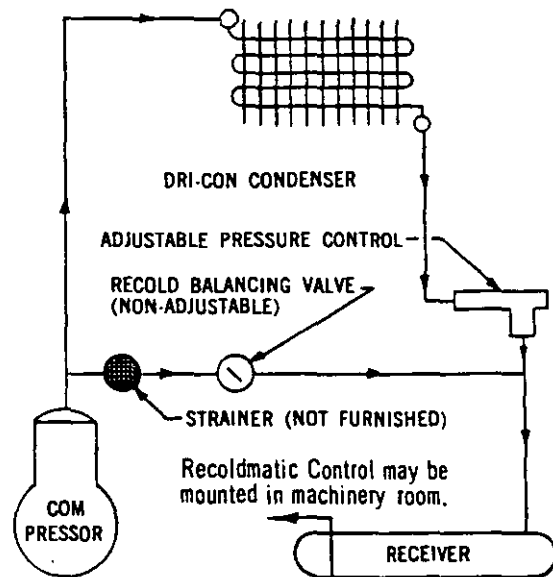
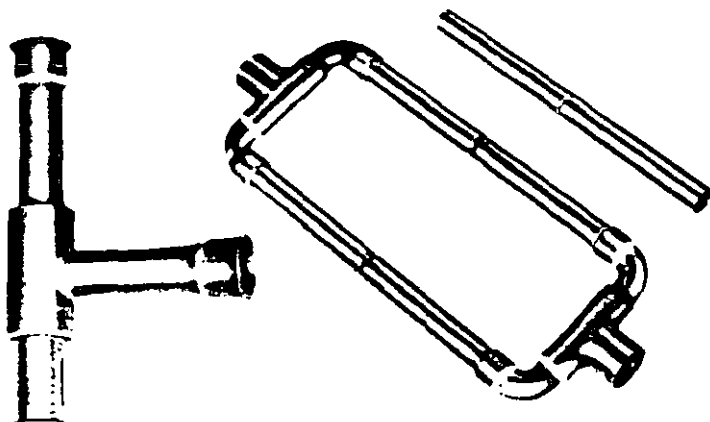
\*\* Motor for DC55 Unit is 230-115.60 1. All others are 440-220.60 3.

# RECOLD

# RECOLDMATIC

## Recoldmatic Control for Dri-Con Condensers

RECOLD "Recoldmatic" is a control system designed to be used with a Recold Dri-Con condenser during low ambient periods to prevent head pressures from dropping too low. There are two valves which are used. The adjustable control valve acts as a pilot for the system and may be adjusted to maintain a minimum head pressure. As the pressure drops below this minimum, the RECOLD balancing valve opens and gas will by-pass the air-cooled condenser, maintaining the minimum head pressure. For capacities larger than shown, two or more Recoldmatic controls may be used in parallel on one unit.



Recoldmatic Control — Installation Diagram

AMB AIR TEMP	E V A P O R A T I N G T E M P E R A T U R E											
	+40°			+20°			0°			-20°		
	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	
	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3
+40	146.000	258.000	348.000	138.000	238.000	330.000	117.000	184.500	279.000	167.500	167.500	259.000
+20	146.000	181.000	348.000	138.000	167.500	330.000	117.000	149.500	259.000	108.500	117.000	239.000
0	145.500	*	294.000	134.500	*	269.000	104.000	*	208.000	94.600	189.200	189.200
-20	124.000	*	248.000	114.500	*	229.000	89.000	*	178.000	80.500	*	161.000

AMB AIR TEMP	E V A P O R A T I N G T E M P E R A T U R E											
	+40°			+20°			0°			-20°		
	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	MODEL	
	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3	W-1	W-2	W-3
+40	206.500	369.000	504.000	197.000	339.000	480.000	172.000	268.000	421.000	161.500	238.000	394.000
+20	206.500	259.000	504.000	197.000	237.000	474.000	172.000	188.000	376.000	161.500	167.000	334.000
0	206.500	208.000	416.000	190.000	*	380.000	151.000	*	302.000	134.500	*	269.000
-20	177.500	*	355.000	162.000	*	324.000	129.000	*	258.000	114.500	*	229.000

\* IN THIS RANGE W-2 CAPACITY NO GREATER THAN W-1 FOR COMPRESSOR LOADS GREATER THAN W-1 USE W-3

### RECOLDMATIC CONTROL CONNECTION SIZES

	ADJUSTABLE PRESSURE CONTROL	RECOLD BALANCING VALVE
W1	1-1/8 OD SWEAT, IN AND OUT	5/8 OD SWEAT, IN AND OUT
W2	1-3/8 OD SWEAT, IN AND OUT	5/8 OD SWEAT, IN AND OUT
W3	1-3/8 OD SWEAT, IN AND OUT	7/8 OD SWEAT, IN AND OUT

# RECOLD

# RECOLDMATIC

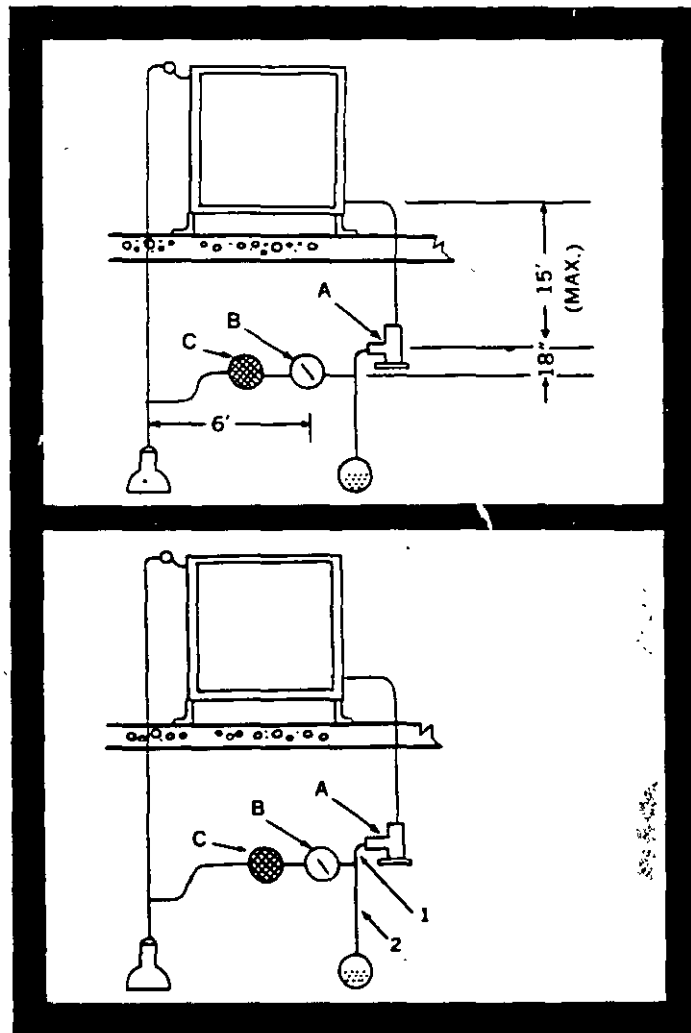
## INSTALLATION AND ADJUSTMENT OF RECOLDMATIC WINTER CONTROL

RECOLDMATIC will maintain a satisfactory receiver pressure during cold weather when adjusted according to these instructions.

### INSTALLATION

The control consists of an adjustable control valve (A) and a non-adjustable by-pass valve (B), both of which can usually be mounted in the compressor room.

1. Install a by-pass between the discharge line and the condenser drain line with approximately 6 ft. of tubing between the discharge line and the by-pass valve (B). The by-pass line should join the condenser drain line not more than 18" below valve (A). Strainer (C) should be installed ahead of valve (B). Strainer by others.
2. Valve (A) must not be more than 15 ft. below the condenser. For convenience of adjustment, install valve (A) in the compressor room when possible.



### ADJUSTMENT

1. Adjustment must be made while ambient air is below 80°F.
2. Adjust valve (A) counter clockwise several turns until spring tension is relieved (wide open).
3. Warm the condenser, by restricting the air, until the discharge pressure is the equivalent of 100°F, (117 PSI with R-12) or (198 PSI with R-22).
4. Close valve (A) by turning clockwise slowly until some discharge gas bypasses through valve (B) causing the condenser drain to become warmer at Point (2) than at Point (1). Note: This may increase the discharge pressure slightly.
5. Open valve (A) by turning counter clockwise  $\frac{1}{4}$  turn at a time until valve (B) closes and the condenser drain line temperatures at Point (1) and (2) become the same. Discharge pressure now should be equivalent to 100°F. (117 PSI, R-12) (198 PSI, R-22).
6. To check: Remove the air restriction. The discharge pressure will now drop. When the pressure drops to 100 PSI (R-12) or 170 PSI (R-22), valve (B) should open and Point (2) should become warmer than Point (1).



# RECOLDMATIC

## DETERMINING ADDITIONAL REFRIGERANT AND RECEIVER CAPACITY NECESSARY FOR AIR-COOLED CONDENSER SYSTEMS USING A BYPASS TYPE OF WINTER CONTROL

The chart on the opposite page is specifically intended for use with RECOLD DRICON condensers; however, it can be used as a guide in estimating the refrigerant and receiver capacity required for any remote type air-cooled condenser system using a bypass type of winter control.

### PROCEDURE

1. Enter the chart from the lowest winter ambient expected, in the column under the desired winter condensing temperature.
2. Proceed to the curve representing the "TD" at which the condenser was selected for summer operation.
3. From this intersection proceed:
  - a. Upward to determine the additional pounds of refrigerant needed in the system for winter operation.
  - b. Downward to determine the additional receiver capacity needed to hold this refrigerant during summer operation.

### EXAMPLE:

Summer design 95° dry bulb, 115° condensing (20° TD) condenser, DC-165.

Winter condensing, 90°F

Winter ambient, -10°F

*SOLUTION: Additional refrigerant: 96 lbs. (R-12) or 87 lbs. (R-22)  
Additional receiver capacity: 1.2 cu. ft.*

APPROXIMATE OPERATING CHARGE, 105° CONDENSING  
SUMMER DESIGN CONDITIONS  
R-12 or R-22 (lbs.)

MODEL	DC55	DC85	DC110	DC165	DC220	DC330	DC440	DC660
OPER. CHARGE	5.5	8.3	11.0	16.0	22.0	32.0	44.0	66.0

# RECOLD

# RECOLDMATIC

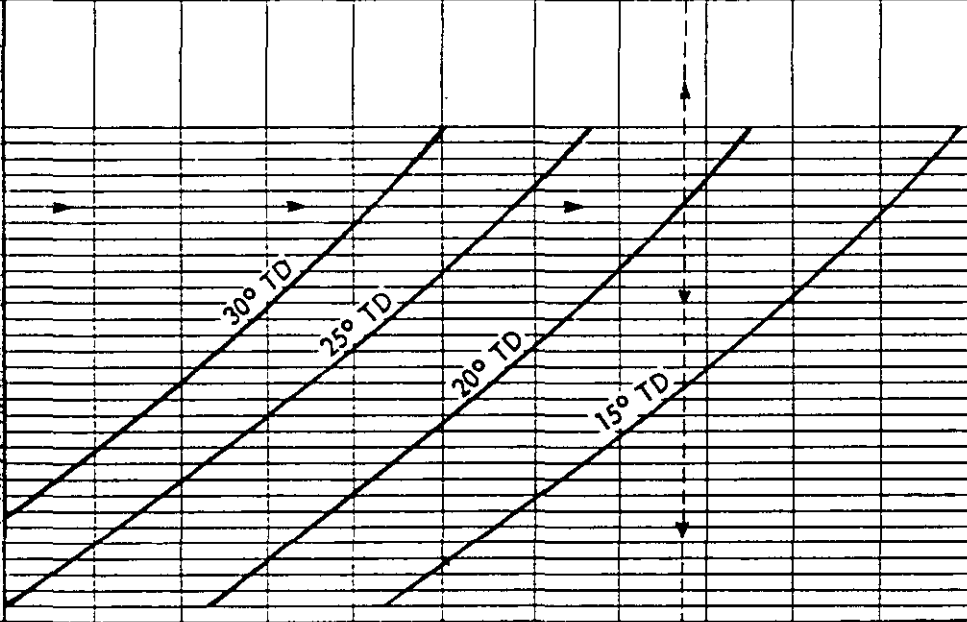
### ADDITIONAL LBS REFRIGERANT REQUIRED FOR WINTER CONTROL

		250		300		350		400		450		500
DC-660	R-22											
	R-12		300		350			400				
DC-440	R-22			200							250	
	R-12		200				250					
DC-330	R-22	120	130	140	150	150	170		180			
	R-12	130	140	150	160	170	180	190		200		
DC-220	R-22	80	90		100		110		120		130	
	R-12	90	100		110		120		130		140	
DC-165	R-22	60	65	70	75	80	85		90			
	R-12	65	70	75	80	85	90	95		100		
DC-110	R-22	40		45	50		55		60		65	
	R-12	45		50	55		60		65		70	
DC-85	R-22	30		35		40		45		50		
	R-12	35		40		45		50		55		
DC-55	R-22		20			25			30			35
	R-12	20		25				30				35

DESIRED WINTER CONDENSING

WINTER AMBIENT

90	95	100
-20°	-15°	-10°
-10°	-5°	0°
0°	5°	10°
10°	15°	20°
20°	25°	30°
30°	35°	40°
40°	45°	50°



### ADDITIONAL RECEIVER CAPACITY (FT<sup>3</sup>) REQUIRED FOR WINTER CONTROL

DC-55			.30		.35				.40			
DC-85	.40	.45	.50	.55	.60			.65		.70		.75
DC-110	.80	.90	1.00	1.10	1.20			1.30		1.40		1.50
DC-165	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20
DC-220	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70
DC-330			2.80			3.00					3.20	
DC-440				3.50								3.80
DC-660					4.00			4.50				5.00

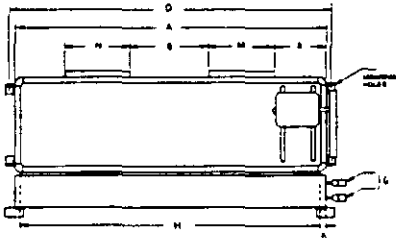


# AHDC AIR COOLED CONDENSERS

The AHDC Condensers are designed with forward curved fan sections. These units are quieter than units using the impeller type fans and can be selected and installed with duct systems. They are designed for outdoor service.

TABLE 1 Conditions - 95° DB, 115° Condensing, 40° Evaporating 20° TD and 750 FPM Face Velocity.

CFM		5250	7500	10500	15000	21000	30000	43500	
ROWS	4	TONS H.P.*	4.0 1½	5.7 2	8.0 3	11.4 5	16.0 7½	22.8 10	32.9 15
	6	TONS H.P.*	5.2 1½	7.4 3	10.4 3	14.8 5	20.8 7½	29.6 10	42.7 15
	8	TONS H.P.*	6.0 2	8.6 3	12.0 3	17.2 5	24.0 7½	34.4 10	49.7 15
	10	TONS H.P.*	6.6 2	9.5 5	13.2 5	19.0 5	26.4 7½	38.0 10	54.8 15



\* Blower Motor Size Required.  
 \*\* For other "td" multiply tons in table 1 by  $\frac{td}{20}$

TABLE 2 Capacity Multiplier (Table 1) for other face velocities.

FPM	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
MULTIPLIER	.77	.87	.96	1.0	1.04	1.18	1.30	

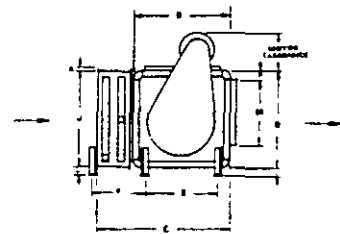


TABLE 3 Capacity Multiplier (Table 1) for other conditions.

EVAP. TEMP.		-40°	-20°	0°	+20°	+40°
COND. TEMP.	100°	.79	.85	.92	.98	1.03
	110°	.76	.83	.88	.95	1.01
	115°	.74	.82	.87	.94	1.00
	120°	.72	.80	.86	.92	.98
	130°	.70	.77	.83	.89	.96

Model	42	26½	34½	38	41½	43½	24½	14%	19%	22%	1	40	25%	1	2½	18%	-	1	13%	-	1/2
AH-70	42	26½	34½	38	41½	43½	24½	14%	19%	22%	1	40	25%	1	2½	18%	-	1	13%	-	1/2
AH-100	68	23	31	34½	38	69½	21	12%	16½	19%	1	66	22	1	2½	15%	15%	1	11%	13%	1/2
AH-140	82½	28½	37%	41½	44%	85%	23	13	16½	20	2%	79	25%	1½	3	18%	18%	2%	11%	22	7/8
AH-200	103½	32%	41%	45%	48%	106%	26½	13%	16%	20%	3	100	29	1½	2½	22%	22%	2%	14%	28½	7/8
AH-280	115%	39%	48%	51%	55%	118%	33	13%	16%	20%	3	112	36	1½	2½	25%	25%	2%	16	32	7/8
AH-400	137%	47½	56½	60	63%	140%	41%	13%	16%	20%	3	134	43	1½	2½	30%	30%	2%	19%	36	7/8
AH-580	147%	57%	70%	73%	77%	150%	51	17	20%	24	3	144	58	1½	2½	38%	38%	2%	17%	35	7/8

BULLETIN C-591

HORSEPOWER	1	1½	2	3	5	7½	10	15	20	25
NEMA FRAME SIZE	182	184	184	213	215	154U	256U	284U	286U	324U
MAXIMUM CLEARANCE	12½	12½	12½	14	14	16	16	17½	17½	19%



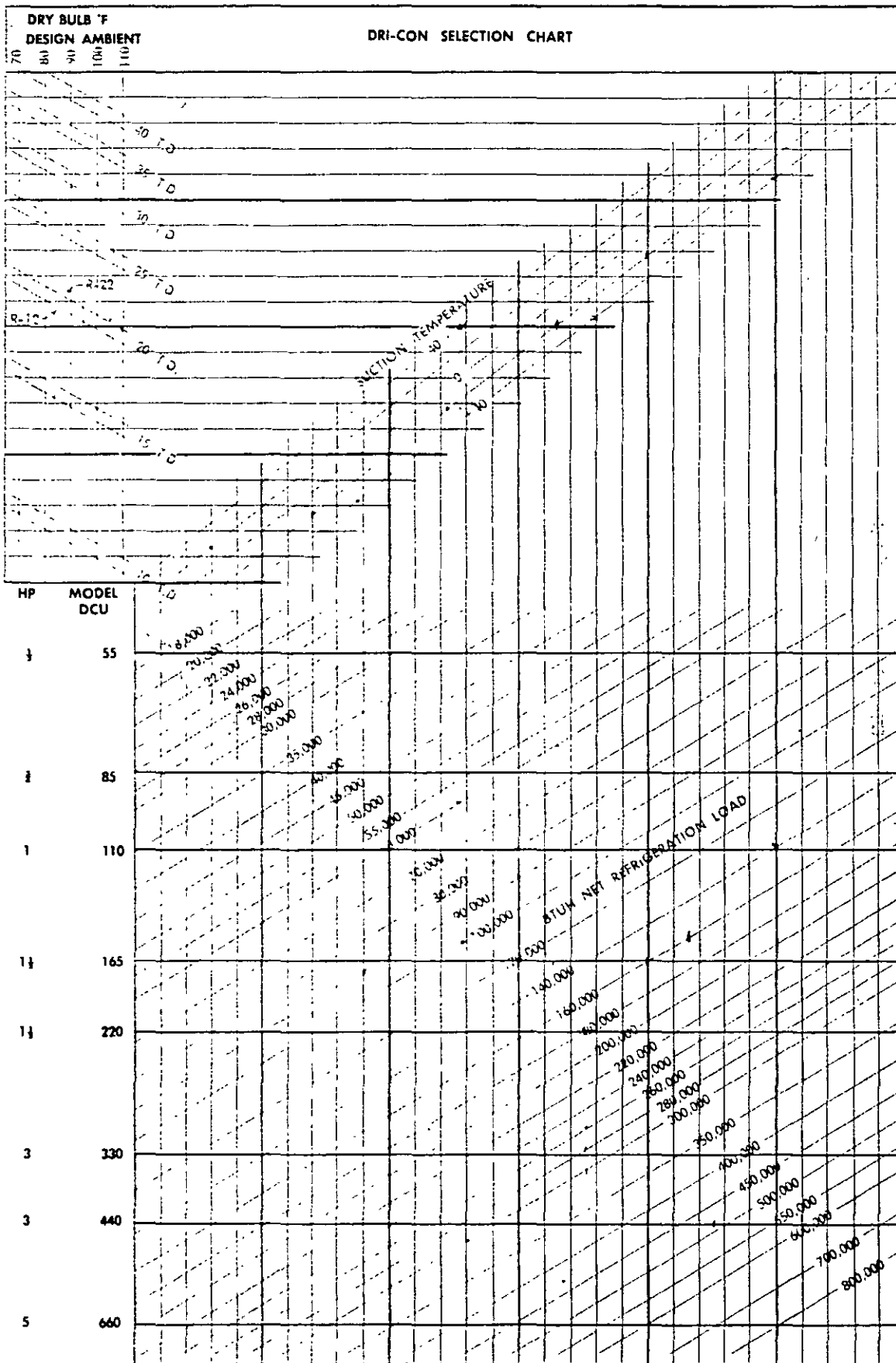
RECOLD®

**CORPORATION**  
 7250 East Slauson Avenue, Los Angeles 22, California

RECOLD DE MEXICO  
AIR COOLED CONDENSERS SELECTION

EXAMPLE: 110° COND. TEMP., 90° AMBIENT,  
(20° TD), R-12, 40° SUCT.  
NET CAPACITY NEEDED 90,000  
BTUH. SELECT 'A' DCU-110.

NET REFRIGERATION LOAD





TECNO TERMICA MEXICANA, S. A.

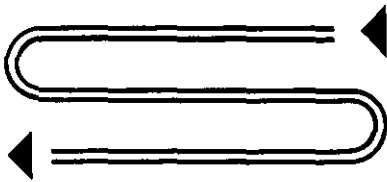
AV. ALVARO OBREGON No. 89 D. F.

TELS. 28-88-67 - 28-28-69

REPRESENTANTES MAYORISTAS

**Recold — Copeland**

REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO



# WATER DEFROST

## CEILING UNITS



# RECORD

FOR APPLICATIONS BELOW 34°

9620 BTUH TO 95000 BTUH

COPYRIGHT 1963 RECORD CORP.

BULLETIN R-1101

# WATER DEFROST

## Units Available

for R-12, R-22

Direct Expansion

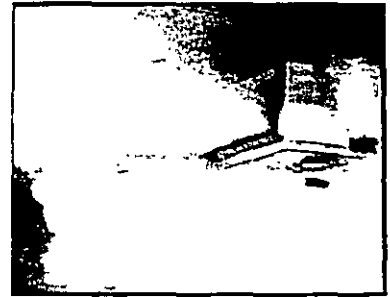
and AMMONIA

Recirculating

Flooded

Direct Expansion

Perfect air distribution of unit illustrated by this smoke bomb test.



## Construction Features

Staggered tubes

Motor brackets, coil and housing are bolted to channel iron hangers.

Single phase motors have thermal overload protection.

UL approved.

Spray pan removable from front of unit.

Water level indicator (for visual inspection of correct water level)

Drain Pan water level safety float switch

Aluminum housing panels are standard on all units except Model 1700, which has a galvanized steel housing.

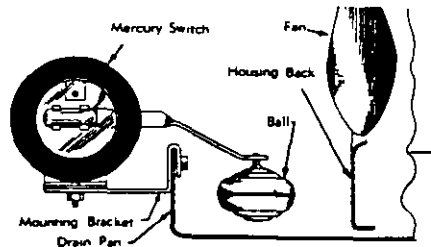
Drain pan is steel with baked enamel finish.

## R-12, R-22 Units

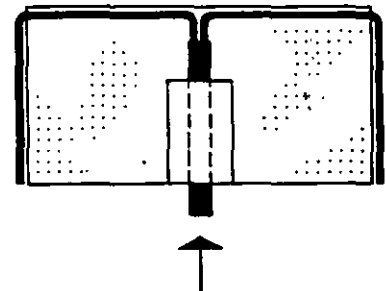
Copper tubes, aluminum fins

## Ammonia Units

Steel tubes, steel fins, hot dipped galvanized after fabrication

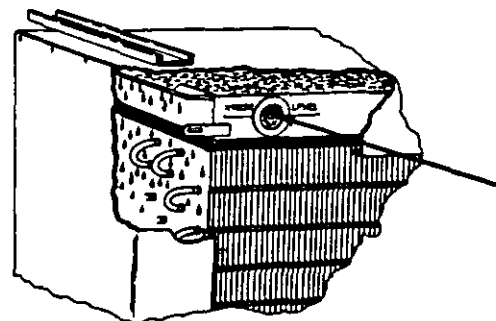


Water level safety float switch optional. For drain pan.



(see table for gpm and entering pressure)

Spray pan designed for quick defrost.



Min. water level bulls eye.

Water level indicator insures simple adjustment of correct water flow.

Long Term Storage

Frozen Foods

Blast Freezing

Ice Cream Hardening

### FAST DEFROST

Less down time  
for defrost.

Less hoar frost.

### EASY

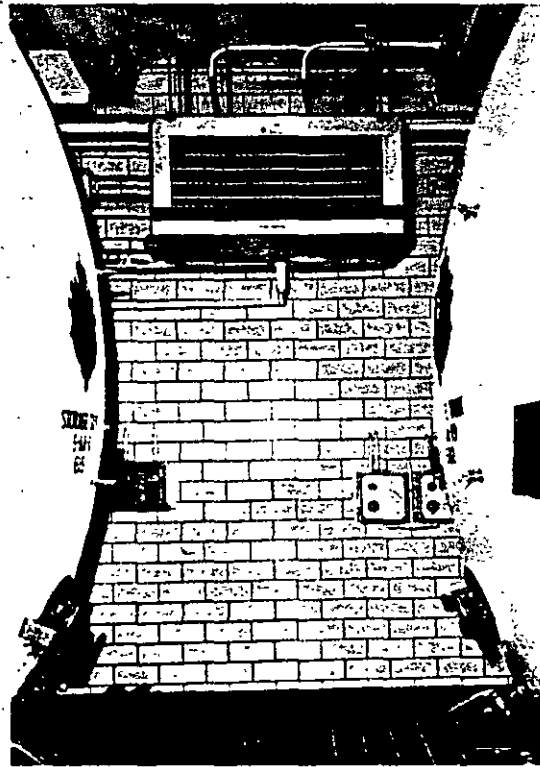
Defrosting can be  
manual or automatic.

### ECONOMICAL

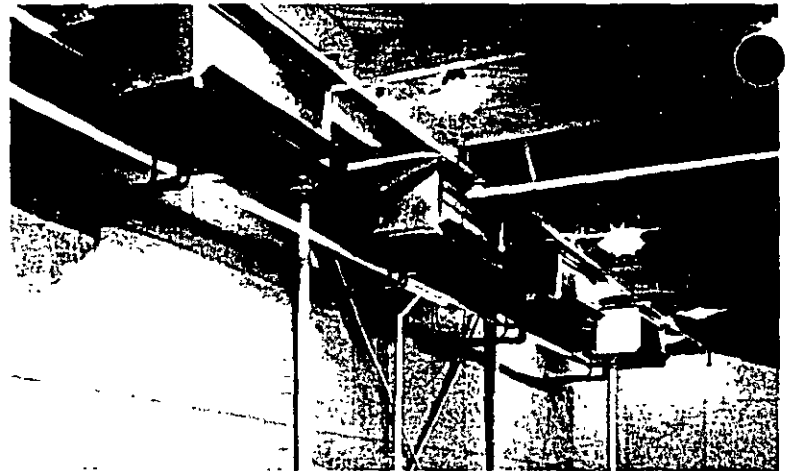
15 gpm (Model 1148)  
changing temperature 10°F.  
Provides heat  
equal to 22 kw.

### CLEAN

Washes coil surfaces  
during each defrost.



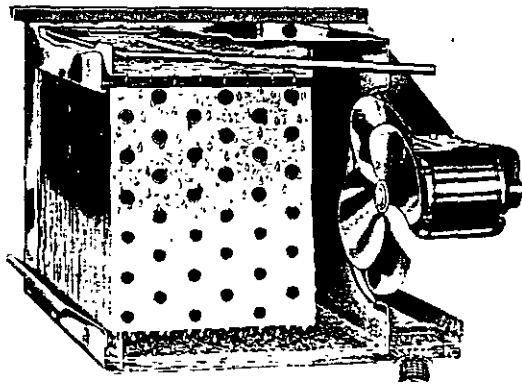
**BREWERY** — constant temperature resulting from short "down time" for defrost.



**GROCERY** — shorter defrost periods. Less hoar frost.



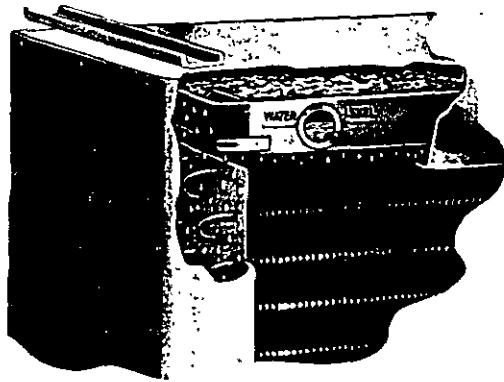
**MEAT PACKERS**—air stays sweet because of washed coil surfaces.



## OUTSTANDING FEATURES FOUND ONLY

with RECOLD Water Defrost Coils

Recold Water Defrost Coils offer many outstanding features that insure greater reliability, improved performance and more economical operation.

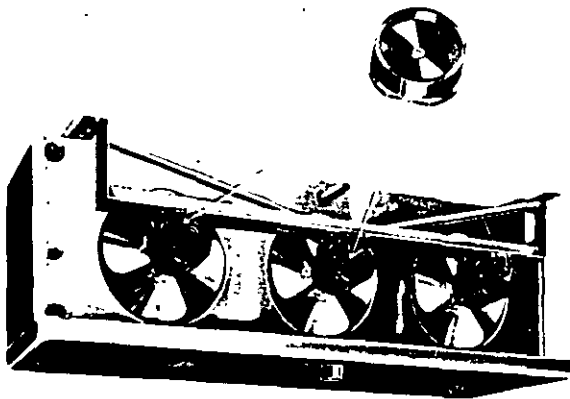


### FREEZING WHILE DEFROSTING

The Recold method of defrosting with the use of ordinary tap water provides a positive, simple and the most economical means of defrosting ever developed. Recold Water Defrost Coils have wide fin spacing to permit continued operation with infrequent defrosting. Most applications operate for 24 hours or more between defrosting periods. The action of the tap water in melting frost on the coil is so fast that product freezing continues during the process. Even in temperatures below minus 40° F. the water flowing over the coil melts the ice rapidly.

### "BULLS-EYE" WATER LEVEL INDICATOR

Recold Water Defrost Coils are equipped with a "bulls-eye" water level indicator in the front of the water distribution pan to show when the proper amount of water is supplied for the defrosting operation. Larger sized units have a "bulls-eye" at each end of pan.

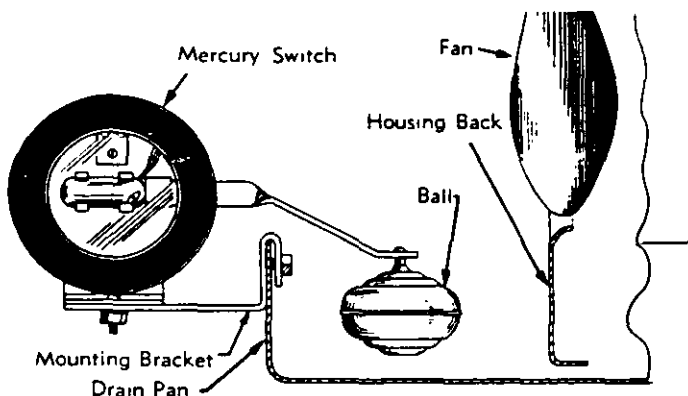


### MOTOR OVERLOAD PROTECTOR

In order to eliminate failure due to unusual conditions, each Recold single phase fan motor is equipped with an automatic overload protector. It cuts off the power in case of trouble and automatically turns power on as soon as conditions return to normal.

### WATER LEVEL FLOAT SWITCH

The Water Level Float Switch is an optional assembly available for installation on all Recold Water Defrost Coils. The complete assembly includes mercury switch with junction box mounted on the back, attaching bracket and float ball. Bracket clamps securely on edge of drain pan. Rated: 10 amps at 115 volts, 5 amps at 230 volts.



# MANUAL or AUTOMATIC DEFROSTING

## with RECOLD Water Defrost Coils

For details on automatic controls and information on water piping, see Recold Water Defrost Installation Manual.

Water defrosting is so simple that it is ideally suited to automatic control. However, defrosting of Recold Water Defrost Coils, due to their wide fin spacing, is required so infrequently (generally once every 24 hours) and is so rapid that manual control of defrosting is often preferred. Defrosting is simplicity itself, as follows:

1. Stop fan motors and stop compressor or close valve in liquid or suction line.  
Ammonia coils must be isolated from the system during defrost by means of a shutoff valve or solenoid valve in the suction line. Recold ammonia coils are steel and can safely withstand condensing pressures if necessary.
2. Open water valve for approximately 4 minutes.
3. Allow one minute for water to drain off or until coil and pan are drained, then restart fans and compressor.

### MANUAL CONTROL

Manual control may be accomplished by the methods illustrated in figures 1, 2 and 3.

Figure 1a — Normal operating arrangement with compressor and fan motors operating. Water valve is closed but drain port is open to prevent any possible accumulation of water in supply line. Note rubber hose connections in drain and water supply lines.

Figure 1b — Defrost operation begins with stopping of compressor and fan motors, then water valve is opened. Solenoid valve is often used on direct expansion systems to cut off liquid and suction line instead of stopping compressor.

Figure 1c — At completion of defrost time, usually about 4 minutes, water valve is turned to off position. Water in supply line drains back through drain port. After delay of about one minute, fans and compressor are turned on.

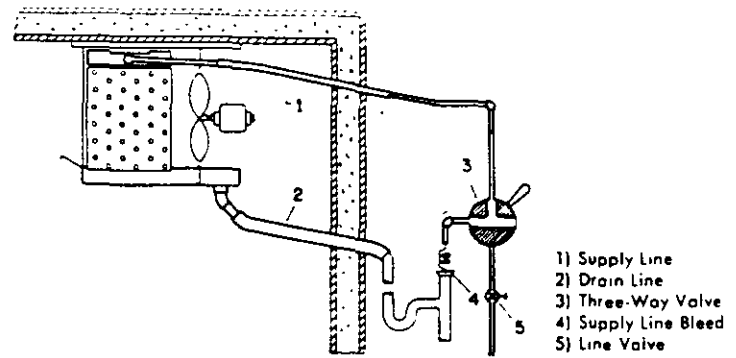
Figure 2 — A separate drain and supply valve may be used instead of the 3-way valve. This arrangement is often desirable on large pipes when several units are defrosted at one time.

Figure 3 — The drain valve can be replaced by a small bleed tube that allows water in the supply pipe to drain back without wasting an appreciable amount of water during the defrost period.

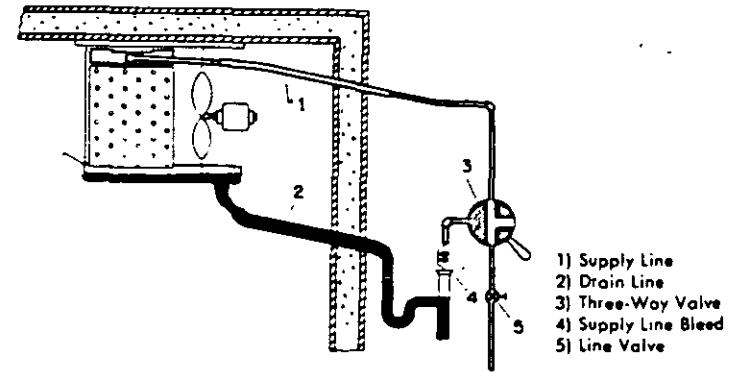
### AUTOMATIC CONTROL

Figure 4 — Automatic control of water defrost is simple and positive. Automatic timer stops compressor and fans, then turns on water. A Recold safety water switch is available which shuts off the solenoid water valve in event drain piping should become fouled. On direct expansion system a solenoid valve in liquid or suction line is often used instead of stopping compressors. For complete details on automatic control, see Recold Water Defrost Installation Manual.

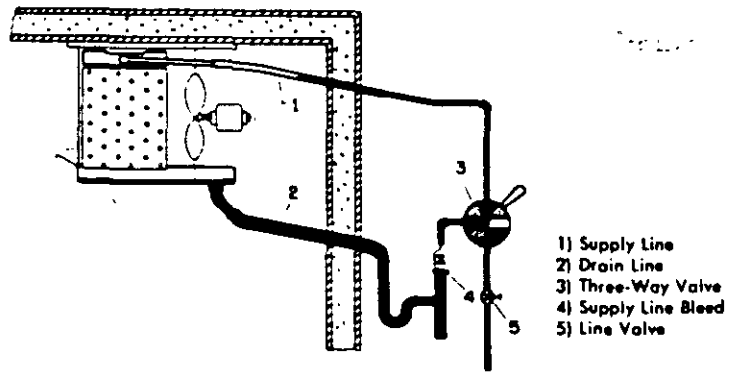
★ For proper operation, water temperatures should be within the following limits: max., 75° F.; min., 40° F. Water below 40° F. must be heated, but not to exceed 75° when entering unit.



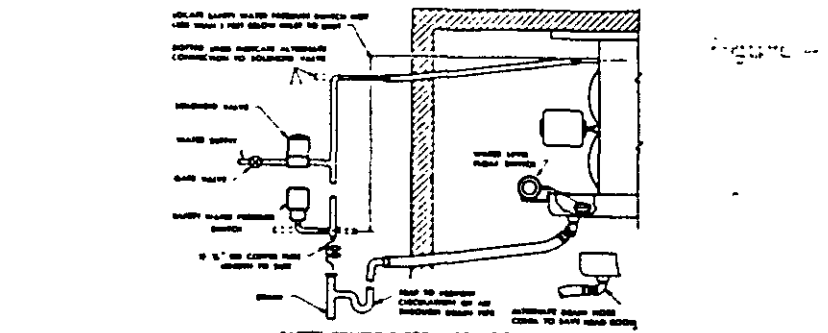
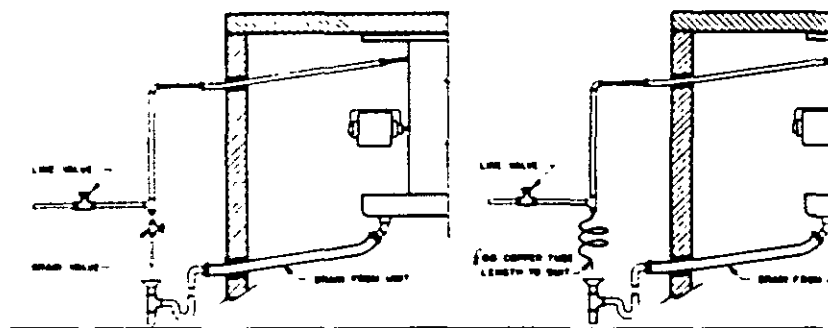
- 1) Supply Line
- 2) Drain Line
- 3) Three-Way Valve
- 4) Supply Line Bleed
- 5) Line Valve



- 1) Supply Line
- 2) Drain Line
- 3) Three-Way Valve
- 4) Supply Line Bleed
- 5) Line Valve



- 1) Supply Line
- 2) Drain Line
- 3) Three-Way Valve
- 4) Supply Line Bleed
- 5) Line Valve



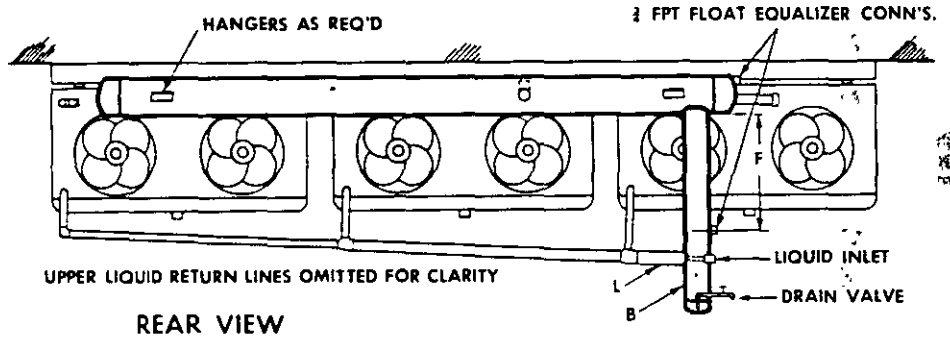
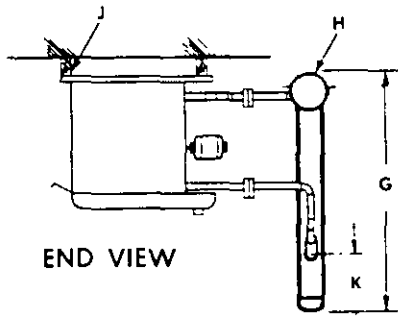
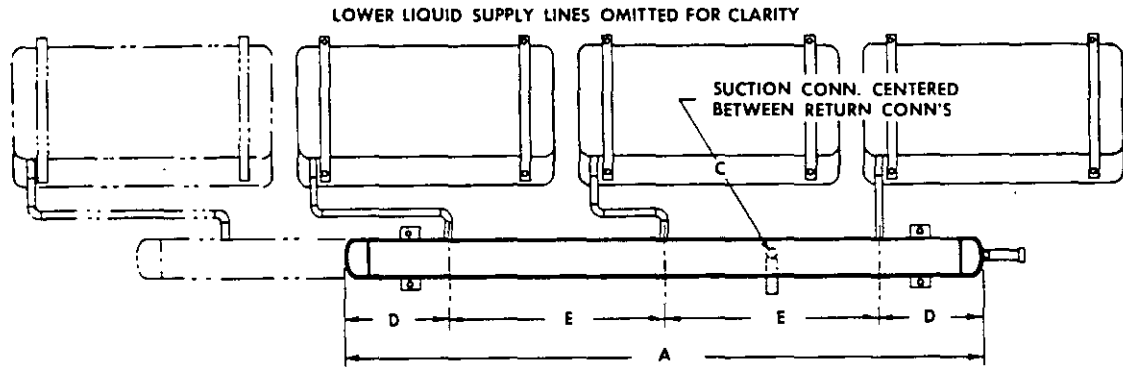
SAFETY CONTROLS FOR AUTOMATIC WATER DEFROST

3/8" FOR 100' OR LONGER RUN OF 1/2" SUPPLY LINE

3/8" FOR 2" AND LARGER SUPPLY LINE (ANY LENGTH)

# Accumulator Arrangements For Flooded Ammonia Operation

TOP VIEW



WHERE SPACE IS AVAILABLE  
DROP LEG MAY BE EXTENDED  
(AS SHOWN DOTTED) FOR MORE  
EFFECTIVE OIL ACCUMULATION

Fig. 1. TYPICAL LAYOUT OF ACCUMULATOR & BLOWER COILS \*

\*Facing with direction of air flow, accumulators may be right hand (vertical pipe on right), or left hand (vertical pipe on left.) When not specified, accumulators will be furnished right hand as shown.

## DIMENSIONS

NUMBER OF WATER DEFROST UNITS PER ACCUMULATOR	2708 FWA								2900 FWA						3100 FWA					
	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
ACCUMULATOR MODEL NO.	27-2	27-3	27-4	27-5	27-6	27-7	27-8	27-9	29-1	29-2	29-3	29-4	29-5	29-6	31-1	31-2	31-3	31-4	31-5	31-6
A Overall Length Surge Drum	7'	10'6"	14'	17'6"	21'	24'6"	28'	31'6"	5'	10'	15'	20'	25'	30'	5'	10'	15'	20'	25'	30'
B Diameter Vertical Pipe, Inches	5	5	5	5	6	6	6	6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
C Suction Connection, Inches	1½	1½	2	2	2	2½	2½	2½	1½	1½	2	2½	2½	2½	1½	2	2½	2½	3	3
D Location Return Connection	¾	¾	½	½	½	¾	¾	¾	¾	¾	½	¾	¾	¾	¾	½	¾	¾	¾	¾
E Distance Between Return Conn					21						30						30			
F Weight Float Equalizer Conn					42						60						60			
G Height Vertical Pipe					18						18						28			
H Diameter Surge Drum					45						45						55			
J Spacer Below Ceiling					8						8						10			
K Liquid Inlet					2¾						2¾						3½			
L Bottom Header Conn FPT					13½						13½						13½			
Approximate Shipping Weight	270	370	470	570	670	770	870	1000	190	340	490	650	810	970	300	500	700	900	1100	1300

ABOVE UNITS CONSTRUCTED FOR 150# WORKING PRESSURE, ASME CODE

# Details Accumulator Arrangements

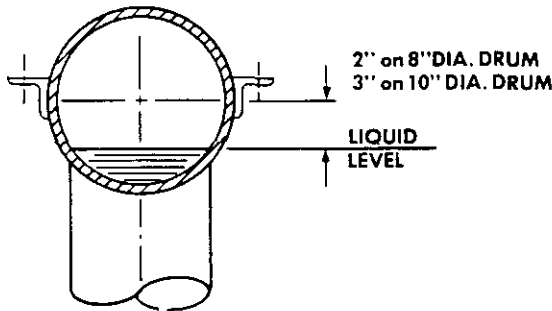


Fig. 2. Details of Surge Drum and Hangers

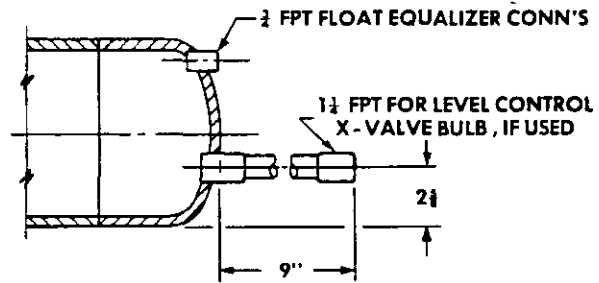


Fig. 3. Detail of Float and Control Connections

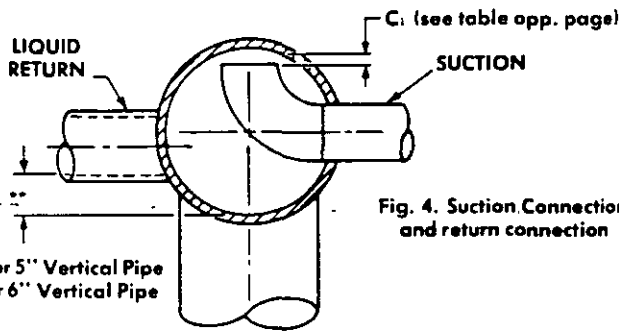


Fig. 4. Suction Connection and return connection

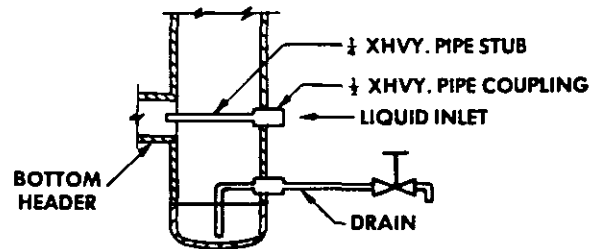


Fig. 5. Detail of Liquid Inlet

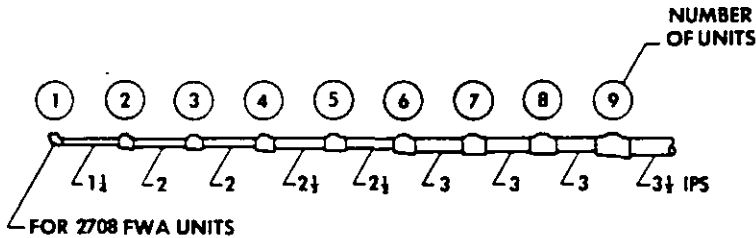
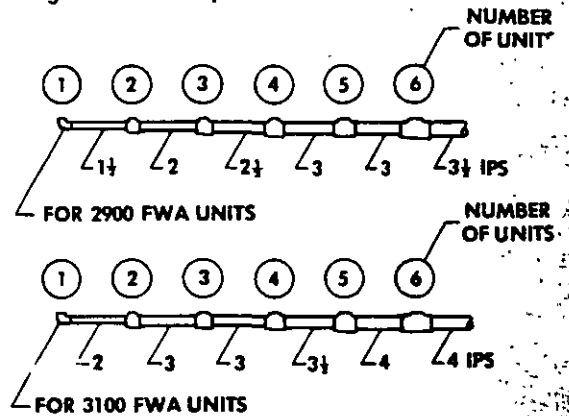


Fig. 6. Liquid Feed and Return Pipe Sizing Schedule



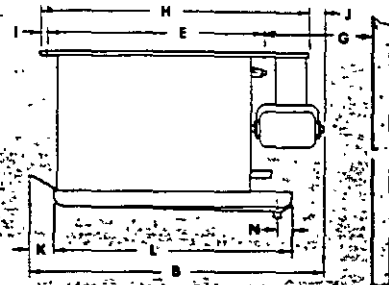
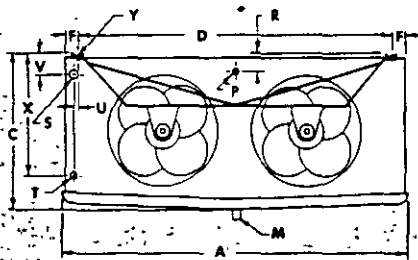
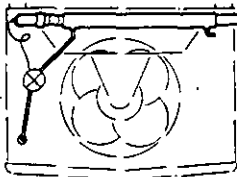
The accumulator arrangement shown has been used in a wide variety of applications including storage rooms and low temperature freezing tunnels. It consists of a length of pipe mounted on the ceiling and has the advantage of being isolated entirely within the cold room without the necessity of piercing through the ceiling or the walls. The ammonia level may be controlled by float or thermal valve. Make up liquid should enter as shown Fig 5

The table includes header dimensions for up to six 2900FWA, six 3100FWA coils or nine 2708FWA coils, but additional units may be operated from a single header by increasing the length

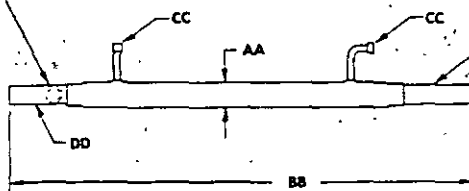
proportionately and using more than one suction connection in order to avoid high gas velocities within the header. If small size RECOLD flooded units are used, the length of the header may be reduced proportionately to their rated capacity.

These accumulators may be constructed on the job or in the shop from standard parts in accordance with details given above. Note in Figure 1 that while header is located close to the ceiling, the blower units are spaced below the ceiling and the return connections from the units run horizontally to the header, approximately 1" below its center. The liquid level is then held below the center of the header, which is just below the bottom of the return pipe.

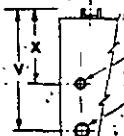
INSTALLATION DETAIL OF HEAT EXCHANGER



1/4" EQUALIZER FLARE FITTING



HEAT EXCHANGER



DETAIL OF CONNECTIONS  
LT.1700

Heat Exchanger Model No.	HX-523	HX-741	HX-867	HX-1683
AA Outside Diameter	1 1/8"	1 1/8"	2 1/8"	2 1/4"
BB Length	23 1/2"	41 1/4"	67"	23 1/2"
CC Liquid, OD Tube	3/8"	1/2"	1/2"	7/8"
DD Suction, OD Tube	1 1/8"	1 1/8"	1 1/8"	2 1/8"

WATER DEFROST DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS

Model	R-12, R-22						AMMONIA								
	DIRECT EXPANSION						*DX & RECIRCULATING						FLOODED		
	LT 748	LT 948	LT 1148	LT 1348	LT 1500	LT 1700	948XRWA	1148XRWA	1348XRWA	1500XRWA	1700XRWA	2708FWA	2900FWA	3100FWA	
Capacity BTUH @ 1° TD	802	1230	1660	2510	3780	6400	1540	2080	3140	4730	7900	2550	3840	6420	
Capacity BTUH @ 12° TD	9620	14800	19900	30100	45400	77000	18500	25000	37700	56800	95000	30600	46100	77000	
Capacity BTUH @ 1° TD							1230	1660	2510	3780	6400				
Capacity BTUH @ 12° TD							14800	19900	30100	45400	77000				
Air Volume CFM	1450	2420	3000	4950	7450	11000	2420	3000	4950	7450	11000	5060	7600	12700	
Fan Diameter, Inches	14	16	(2) 14	(2) 16	(3) 16	(3) 18	16	(2) 14	(2) 16	(3) 16	(3) 18	(2) 16	(3) 16	(3) 18	
Motor HP, Each	1/12	1/4	(2) 1/12	(2) 1/4	(3) 1/4	(3) 1/2	1/4	(2) 1/12	(2) 1/4	(3) 1/4	(3) 1/2	(2) 1/4	(3) 1/4	(3) 1/2	
Motor Amps, Each (115V)	4.0	5.4	4.0	5.4	5.4	7.4	5.4	4.0	5.4	5.4	7.4	5.4	5.4	7.4	
A. Length Overall	23	27 1/2	39 1/2	48 1/2	69	75 1/2	27 1/2	39 1/2	48 1/2	69	75 1/2	55	77 1/2	77 1/2	
B. Width Overall	34	35 1/4	33 1/2	35 1/4	35 3/4	37 1/4	35 1/4	33 1/2	35 3/4	35 1/4	37 1/4	34 1/2	35 1/4	36 3/4	
C. Height Overall	23	24 1/4	23 1/4	25	25 3/4	34	24 1/4	23 1/4	25	25 3/4	34	27	27 1/4	40	
D. Bolt Hole Centers	17	21 1/2	33 1/2	42 1/2	63	69 3/4	21 1/2	33 1/2	42 1/2	63	69 3/4	44	66 3/4	66 3/4	
E. Bolt Hole Centers	24	24	24	24	25 1/2	25 1/2	24	24	24	25 1/2	25 1/2	24	25 1/2	25 1/2	
F. Bolt Hole Location	3	3	3	3	3	2 1/4	3	3	3	3	2 3/4	5 1/2	5 1/2	5 1/2	
G. Recom. Distance	19	21	19	21	21	24	21	19	21	21	24	24	24	34	
H. Hanger Length	30 1/4	30 1/4	30 1/4	30 1/4	32 3/4	32 3/4	30 3/4	30 1/4	30 1/4	32 3/4	32 3/4	30 1/4	32 1/4	32 3/4	
J. Motor Overhang	1 1/4	2 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	3	2 1/4	1 1/4	2 1/4	2 1/4	3	2 1/4	2 1/4	3 1/4	
K. Lip Overhang	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	3 1/2	3 1/2	3 1/2	3 1/2	4	3 1/2	3 1/2	3 1/2	
L. Pan Width	27 3/4	27 3/4	27 3/4	27 3/4	27 3/4	22 3/4	27 3/4	27 3/4	27 3/4	27 3/4	22 3/4	27 3/4	27 3/4	27 3/4	
M. Drain Size, FPT	1 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	1 1/2	2	2	2 1/2	2 1/2	2	2 1/2	2 1/2	
N. Drain Location	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4	2 1/2	3 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4	2 1/2	3 1/4	3 1/4	3 1/4	
P. Water Sup., OD Tube	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	3/8	3/8	3/8	3/8	1/2	3/8	3/8	1/2	
R. Water Supply Location	3	3	3	3	3 1/2	3 1/2	3	3	3	3 1/2	3 1/2	3	3 1/2	3 1/2	
S. Suction Connection (R-12, R-22) OD (NH <sub>3</sub> ) MPT	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	1 1/8	2 1/8	1	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/4	1 1/4	2	
T. Liquid Connection (R-12, R-22) OD (NH <sub>3</sub> ) MPT	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1 1/4	1 1/2	2	
U. Connection Location	1	1	1	1	1	1 1/4	1	1	1	1	1 1/4	3 1/4	3 1/4	3 1/4	
V. Suction Location	4	4	4	4	4 1/2	27 1/4	4	4	4	4 1/2	27 1/4	5 1/4	5 1/4	5 1/4	
X. Liquid Connection	14 1/2	16 1/4	14 1/4	16 1/4	16 3/4	17 1/4	16 1/4	14 1/4	16 1/4	16 3/4	17 1/4	22	22 1/4	34 1/4	
Y. Bolt Hole Diameter	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	3/8	
Refrig. Charge	5.1	7.5	10.6	15.2	22.4	38.4	9.4	13.2	19	28.4	48	20	30	50	
GPM/Unit	Ammonia to Circulate						.4	.5	.8	1.2	2.1				
Shipping Wt. Approx. Heat Exchanger Model No	145 HX523	185 HX523	225 HX741	310 HX741	460 HX867	740 HX1683	310	430	585	865	1410	635	930	1430	
Defrost Water GPM	9	10	15	19	25	30	10	15	19	25	30	25	33	36	

Min. water level should be between bottom of sight glass and level mark.  
Water pressure at coil inlet less than 3 PSI (all models).

\*Capacities for direct expansion ammonia are same for DX R-12, R-22.  
Use Externally Equalized Valves on R-12, R-22 Units.

BTU Capacity for brine may be determined from table by using the average of inlet and outlet brine temperatures in place of refrigerant temperatures to determine T.D.  
Approximate GPM of brine for 7° rise in brine temperature may be estimated by dividing actual BTU load on coil by 2000.

Dimensions are approximate and subject to change without notice.

NOTE: R = Recirculating F = Flooded X = Direct Expansion A = Ammonia

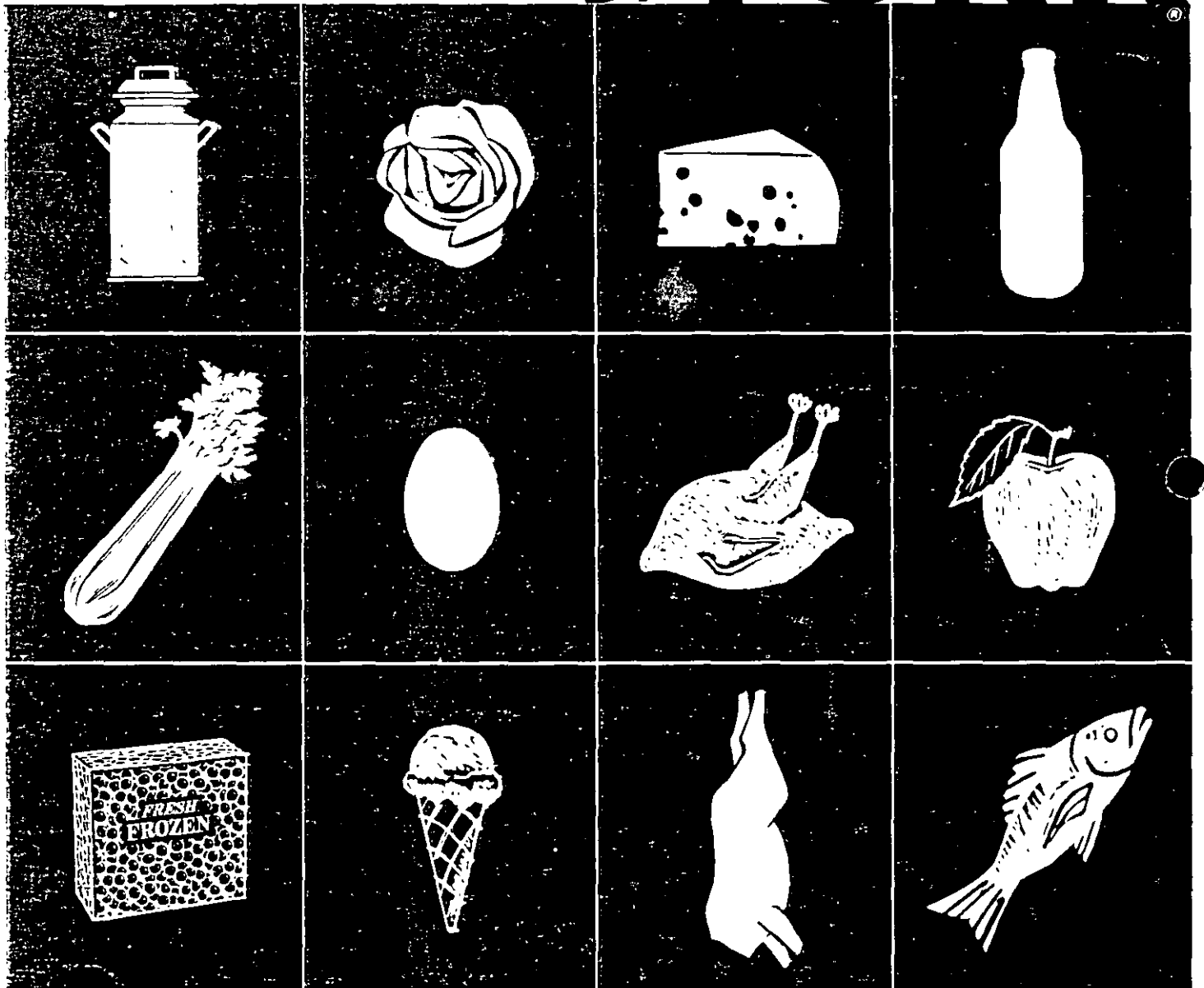
**RECOLD CORPORATION**  
7250 East Slauson Avenue, Los Angeles 22, California



# RECORD

REFRIGERATION PRODUCTS

BY **YORK**



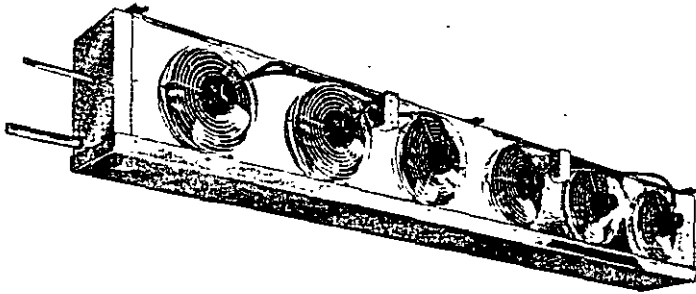
*A complete line of Refrigeration Products  
to meet food processing and storage needs ..*

plus many other related applications.

# CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS

MADE IN U.S.A.

## LOW PROFILE



Engineered for diffused cooling. Low velocity air prevents drafts, keeps temperatures uniform. Choice of air, electric, hot gas, "Vapomatic" hot gas, or no defrost. Models less than 15 inches high conserve space.

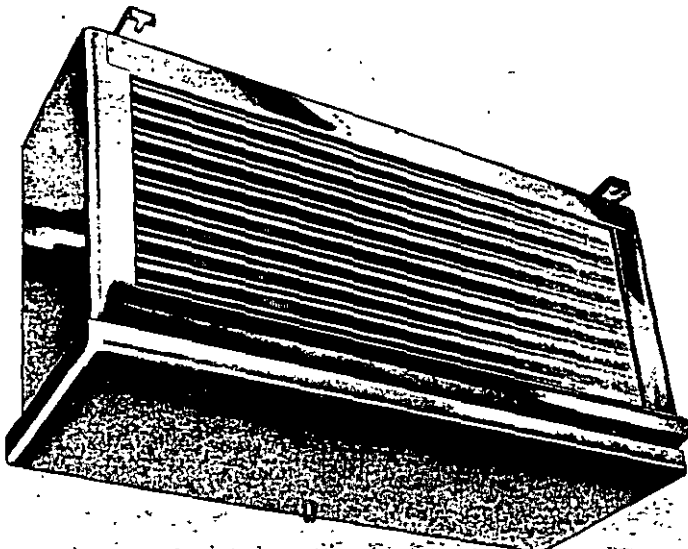
Models ideal for walk-in coolers, dairy and florist boxes and any applications above or below 32° F.

### Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	FAN MOTOR DATA		DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )	
			QTY.	UNIT AMPS 115V	UNIT AMPS 230V	L	W		H
LH-1	5	550	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	42
LH-2	10	1100	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	70
LH-3	15	1650	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	100
LH-4	20	2200	4	4.40	2.20	72	16-¾	14-¾	132
LH-5	25	2750	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	14-¾	162
LH-6	30	3300	6	6.60	3.30	107	16-¾	14-¾	195
LHE-1	5	550	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	42
LHE-2	10	1100	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	70
LHE-3	15	1650	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	101
LHE-4	20	2200	4	4.40	2.20	72	16-¾	14-¾	142
LHE-5	25	2750	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	14-¾	169
LHE-6	30	3300	6	6.60	3.30	107	16-¾	14-¾	195
LSC-1	3.5	600	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	38
LSC-2	7	1200	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	60
LSC-3	10.5	1800	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	89
LSC-4	14	2400	4	4.40	2.20	72	16-¾	14-¾	112
LSC-5	17.5	3000	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	14-¾	145
LSC-6	21	3600	6	6.60	3.30	107	16-¾	14-¾	175
LLE-1	3.5	600	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	40
LLE-2	7	1200	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	60
LLE-3	10.5	1800	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	90
LLE-4	14	2400	4	4.40	2.20	72	16-¾	14-¾	122
LLE-5	17.5	3000	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	14-¾	152
LLE-6	21	3600	6	6.60	3.30	107	16-¾	14-¾	175
LLV-1	3.5	600	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	50
LLV-2	7	1200	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	80
LLV-3	10.5	1800	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	110
LLV-4	14	2400	4	4.40	2.20	72	16-¾	15-¼	142
LLV-5	17.5	3000	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	15-¼	180
LLV-6	21	3600	6	6.60	3.30	107	16-¾	15-¼	218
LLXG-1	3.5	600	1	1.10	0.55	22-½	16-¾	14-¾	38
LLXG-2	7	1200	2	2.20	1.10	39	16-¾	14-¾	60
LLXG-3	10.5	1800	3	3.30	1.65	55-½	16-¾	14-¾	89
LLXG-4	14	2400	4	4.40	2.20	72	16-¾	15-¼	112
LLXG-5	17.5	3000	5	5.50	2.75	90-½	16-¾	15-¼	145
LLXG-6	21	3600	6	6.60	3.30	107	16-¾	15-¼	175

## DAIRY / FLORIST BOXES

## HUMIDAIR



MEAT / DAIRY and BUTTER BOXES,  
PRODUCE and BEVERAGE STORAGE

Units remove less moisture to help prevent product shrinkage, dehydration is practically eliminated. Durable aluminum housing and baked enamel steel pan ensure years of protection. All models designed for easy installation.

Models engineered for meat, dairy and butter boxes, product and beverage storage or any application above 34° F.

### Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
H-1348	20.5	3,000	(2)1/15	55	24-¾	20	230
H-1500	30.8	4,600	(3)1/15	66-¾	24-¾	24-¾	330

CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS

HALOCARBON

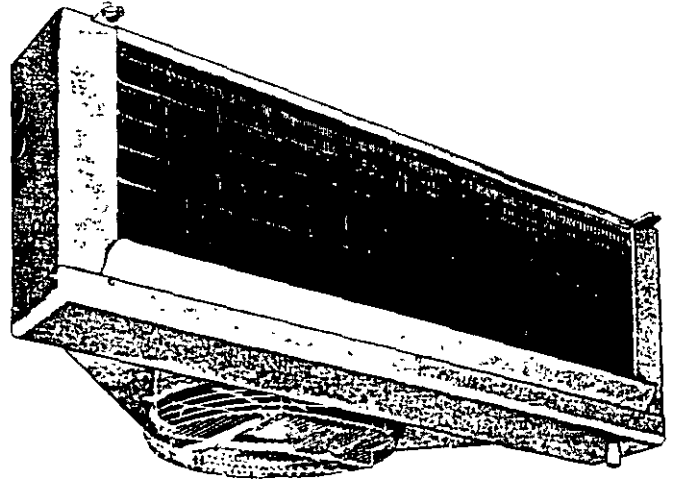
DELTA

Compact units, in triangular shape, with built-in heat exchanger. Units fit into corners or may be mounted singly or in clusters for full circulation in large areas. Unit easily serviceable by opening one fastener. Deltas provide low face velocity combined with high humidity.

Models designed for all types of walk-in coolers. Low silhouette styling requires a minimum of space. Perfect for any application above 34° F.

Specifications:

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR HP	DIMENSIONS (IN)			APPROX SHIPPING WEIGHT ( LBS )
				L	W	H	
DL-44	4.4	900	1/30	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	9	52
DL-62	6.2	1,100	1/15	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	10- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	64
DL-88	8.8	1,600	1/15	46- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	12- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	110
DL-122	12.2	2,000	1/12	46- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	16	123
DL-180	18.0	3,100	1/6	46- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	22- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	156



ANY APPLICATION ABOVE °34

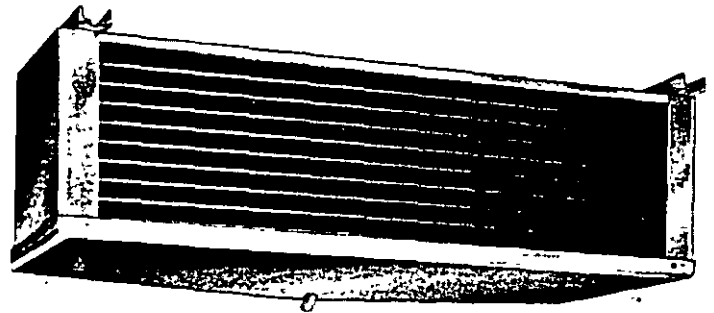
By maintaining a close TD, product shrinkage is kept to a minimum. Keeps meat in high bloom and firm for power saw cutting. Infrequent defrosting is accomplished simply and inexpensively by means of box air, with the compressor automatically shut off by a timer; unit fans continue to circulate box air through the coil. Defrosting is accelerated by the addition of heat from the fan motors. This simplifies installation and eliminates costly controls. Compact design saves space, can be mounted above the rails.

Models specifically designed for meat sales coolers. Also recommended for fresh fruit and vegetables.

Specifications:

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR HP	DIMENSIONS (IN)			APPROX SHIPPING WEIGHT ( LBS )
				L	W	H	
SC-1148	16.6	3,000	(2)11/12	39- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	33- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	19- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	190
SC-1348	23.7	4,300	(2)11/4	48- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	34- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	232
SC-1500	34.6	6,500	(3)11/4	69	35- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	22	450
SC-1700	60.0	10,500	(3)11/2	75- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	32	716

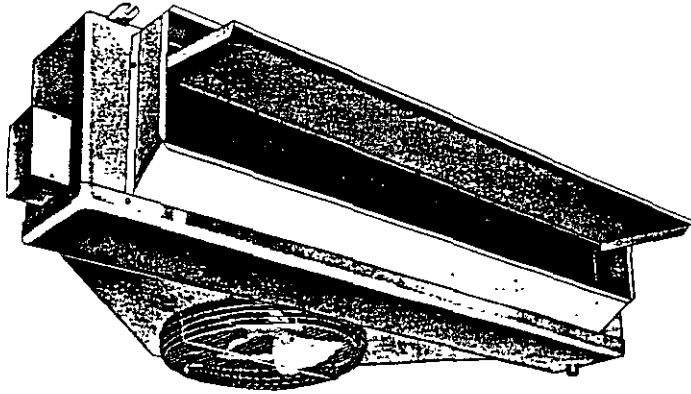
SALES COOLER



MEAT / FRESH FRUIT / VEGETABLES  
and DAIRY BOXES

**DELTRIC**

**CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS**



Compact design, in triangular shape fits corners or, in clusters, for larger areas. Exclusive Thermo-vane Door prevents vapor migration during defrost. Units feature (UL approved) fully automatic electric defrost, reversible drain pans, built-in heat exchanger and knock-outs for right or left hand refrigerant connections.

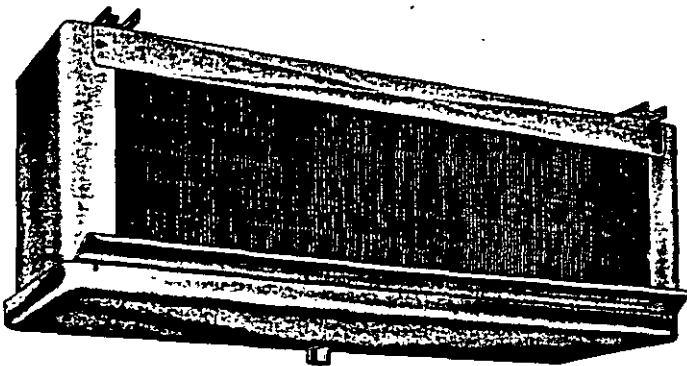
Units ideal for such applications as walk-in boxes, or for storage of fresh or frozen food products. Temperatures ranges from 33° to -10° F.

Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TO ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
DLE-62	6.2	1,100	1/15	39- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	27- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	11- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	86
DLE-88	8.8	1,600	1/15	48- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	33- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	13- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	120
DLE-122	12.2	2,000	1/12	48- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	37	16- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	138
DLE-180	18.0	3,100	1/6	48- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	42	23	180

**FRESH OR FROZEN FOOD STORAGE**

**WATER DEFROST**



Compact units designed for complete air distribution. Water is used for a positive, simple, fast and economical method of defrosting. Wide fin space permits continued operation with infrequent defrosting. The action of water in melting frost is so rapid that produce freezing interruptions are very short, even at temperatures as low as -40° F. Other features: spray pan removable from front of unit, thermal overload protection on single phase motors, water level indicator and safety switch. Units engineered for long term storage, product freezing, ice cream hardening and related uses. Units provide the ultimate in reliability, economy and cleanliness, in applications below 34° F.

Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TO ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
LT-948	12.3	2,420	(1)1/4	27- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	35- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	24- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	185
LT-1148	16.6	3,000	(2)1/12	39- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	33- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	23- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	225
LT-1348	25.1	4,950	(2)1/4	48- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	35- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	25	310
LT-1500	37.8	7,450	(3)1/4	69	35- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	25- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	460
LT-1700	64.0	11,000	(3)1/2	75- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	37- <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	34	740

**PRODUCT FREEZING / ICE CREAM HARDENING**

**CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS**

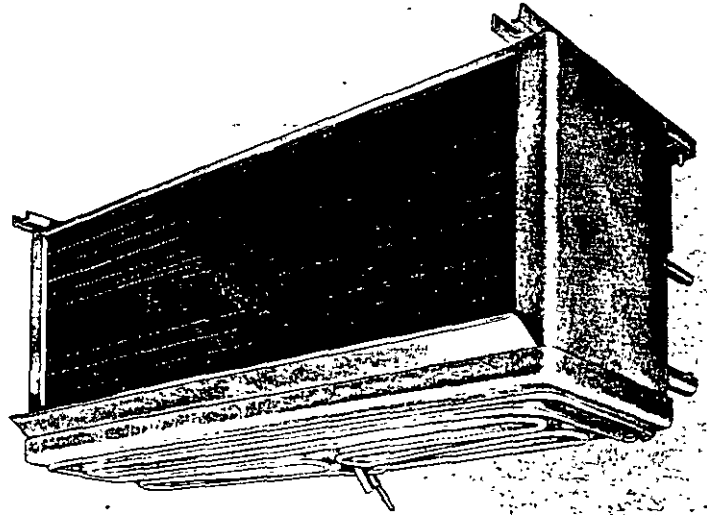
**VAPOMATIC**

These compact low temperature systems require no external source of defrost heat. Unique defrosting method uses heat from the compressor. Four fin per inch design provides maximum capacity per square feet face area. Defrost timer can be set to meet application requirements. Units will not sweat and do not require costly insulation. Other features: aluminum or steel housing panels, heavy duty mounting channels, single phase motors are UL approved with thermal overload protection.

Vapomatic units are perfect for applications such as storage warehouses or related installations from 0° down to -40° F

**Specifications**

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H P	DIMENSIONS (IN.)			APPROX SHIPPING WEIGHT ( LBS )
				L	W	H	
VL-748	8.0	1,450	1/11/12	23	32-1/4	20	130
VL-948	12.3	2,420	1/11/4	27-1/2	33-1/4	21-1/4	180
VL-1148	16.6	3,000	2/11/12	39-1/2	33-1/4	20-1/4	230
VL-1348	25.1	4,950	2/11/4	48-1/2	34-1/2	22	310
VL-1500	37.7	7,480	3/11/4	69	35-1/4	22-1/4	510
VL-1700	60.0	12,500	3/11/2	75-1/4	36-1/4	32	790



**WAREHOUSE STORAGE**

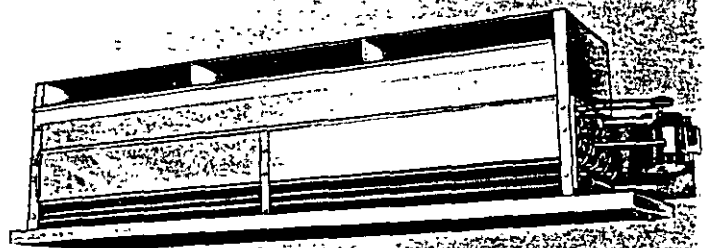
Compact models fit between rails to save space. Balanced refrigerant distribution assures maximum heat transfer. All coil connections located at one end of unit. Easily cleanable, no panel sections need be removed. Only one motor for easy installation. With two speed motors available. The CFM capacity is variable by changing drives.

Ideal answer to the food industry's need for refrigeration units that can be strategically located and can handle varying applications. Suitable for room temperatures from +10° F to +50° F.

**Specifications**

MODEL	FINS PER INCH	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H P	DIMENSIONS (IN.)			APPROX SHIPPING WEIGHT ( LBS )
					L	W	H	
BR-264	4	26.2 REC 21.9 DX	4,975	3/4	80-1/4	26	25	405
BR-268	8	43.0 REC 35.8 DX	4,300	3/4	80-1/4	26	25	445
BR-284	4	31.8 REC 26.5 DX	4,710	3/4	80-1/4	26	28	465
BR-288	8	48.3 REC 40.3 DX	4,075	3/4	80-1/4	26	28	520
BR-364	4	39.5 REC 32.9 DX	7,200	1	111-1/4	26	25	570
BR-368	8	64.6 REC 53.8 DX	6,230	1	111-1/4	26	25	630
BR-384	4	47.8 REC 39.8 DX	6,800	1	111-1/4	26	28	655
BR-388	8	72.5 REC 60.4 DX	5,880	1	111-1/4	26	28	735
BR-464	4	52.7 REC 43.9 DX	9,950	1-1/2	142-1/4	26	25	740
BR-468	8	85.8 REC 71.5 DX	8,600	1-1/2	142-1/4	26	25	825
BR-484	4	63.6 REC 53.0 DX	9,420	1-1/2	142-1/4	26	28	850
BR-488	8	96.5 REC 80.5 DX	8,150	1-1/2	142-1/4	26	28	960

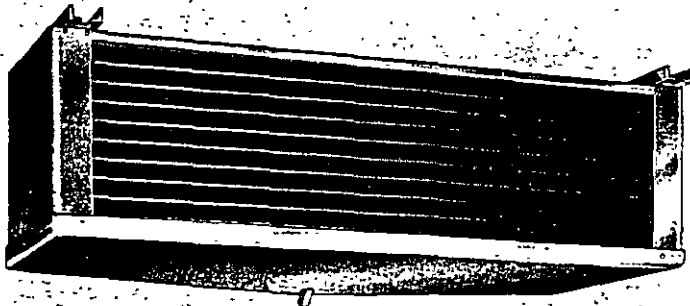
**BETWEEN RAILS UNITS**



**FOOD INDUSTRY**

# CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS

## SALES COOLER



By maintaining a close TD, product shrinkage is kept to a minimum. Keeps meat in high bloom and firm for power saw cutting. Infrequent defrosting is accomplished simply and inexpensively by means of box air, with the compressor automatically shut off by a timer; unit fans continue to circulate box air through the coil. Defrosting is accelerated by the addition of heat from the fan motors. This simplifies installation and eliminates costly controls. Compact design saves space, can be mounted above the rails.

Models specifically designed for meat sales coolers. Also recommended for fresh fruit and vegetable pre-coolers, dairy boxes and virtually any application where products must be held at 32°F or higher.

### Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
SC-1348XRA	29.6 REC 23.7 DX	4,300	(2)1/4	48- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	34- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	21- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	526
SC-1500XRA	43.3 REC 34.6 DX	6,500	(3)1/4	69	35- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	22	840
SC-1700XRA	75.0 REC 60.0 DX	10,500	(3)1/2	75- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	32	1,380
SC-2100XRA	125 REC 100 DX	18,300	(5)1/2	123- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	33- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,390

## FRESH FRUIT / VEGETABLE PRE-COOLERS

## WATER DEFROST



Compact units designed for complete air distribution. Water is used for a positive, simple, fast and economical method of defrosting. Wide fin space permits continued operation with infrequent defrosting. The action of water in melting frost is so rapid that produce freezing interruptions are very short, even at temperatures as low as -40°F. Other features: spray pan removable from front of unit, thermal overload protection on single phase motors, water level indicator and safety switch. Units engineered for long term storage, product freezing, ice cream hardening and related uses. Units provide the ultimate in reliability, economy and cleanliness, in applications below 34° F.

### Specifications

MODEL	CAPACITY 10° TD ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
1348XRWA	31.4 REC 25.1 DX	4,950	(2)1/4	48- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	35- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25	585
1500XRWA	47.3 REC 37.8 DX	7,450	(3)1/4	69	35- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	25- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	865
1700XRWA	79.0 REC 64.0 DX	11,000	(3)1/2	75- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	37- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	34	1,410
2100XRWA	125 REC 100 DX	7,600	(3)1/4	77- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	35- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	27- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	930
2900FWA	38.4	12,700	(3)1/2	77- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	40	1,430
3100FWA	64.2	18,300	(5)1/2	123- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	36- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	33- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	2,350
3300FWA	86	16,940	(4)1/2	101- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	39	41	1,910
3500FWA	108	21,175	(5)1/2	124- <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	39	41	2,388

## PRODUCT FREEZING / ICE CREAM HARDENING

**CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS** **AMMONIA**

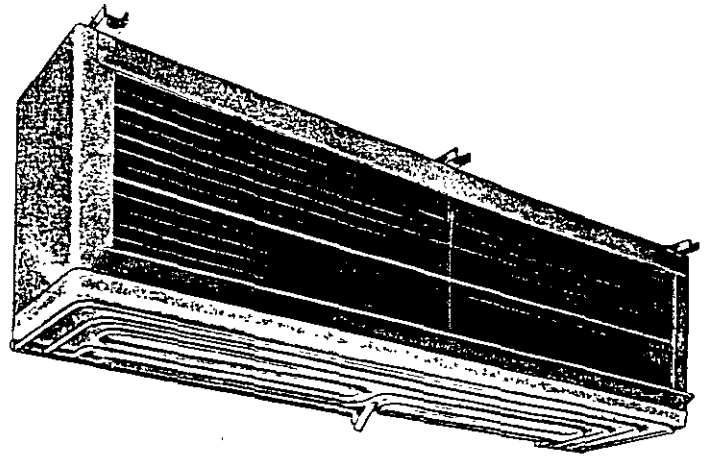
Units feature split tube circuits to assure maximum heat transfer throughout entire coil for balanced refrigerant distribution. Steel defrost coil on pan means rapid defrosting. Other features: galvanized steel drain pans, aluminum or galvanized steel housings, heavy duty fans.

Models engineered for reliable low temperature applications such as freezing meats, vegetables, poultry, refrigerated warehouse storage and hardening of ice cream. Temperatures held at 34° F or below.

Identification:

MODEL	CAPACITY 10° TO ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
1348XRGA	31.4 REC 25.1 DX	4,950	(2)1/4	48-1/2	34-1/2	21-1/2	515
1500XRGA	47.3 REC 37.8 DX	7,450	(3)1/4	69	36-1/2	22-1/2	825
1700XRGA	75.0 REC 60.0 DX	11,000	(3)1/2	75-1/2	36-1/2	32	1,420
2100XRGA	125 REC 100 DX	18,300	(5)1/2	123-1/2	36-1/2	34-1/2	2,520
2900FGA	38.4	7,600	(3)1/4	77-1/2	36-1/2	27-1/2	1,060
3100FGA	64.2	12,700	(3)1/2	77-1/2	36-1/2	40	1,582

**AMMONIA HOT GAS**



**FREEZING MEATS / VEGETABLES / POULTRY, etc.**

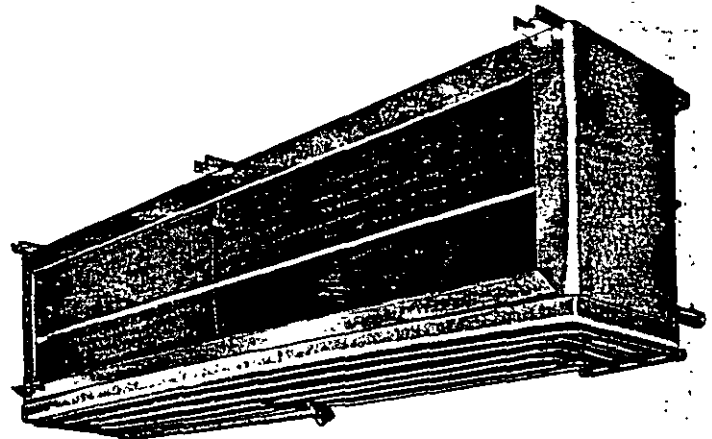
All Galvanized - Totally enclosed motors. Hot gas defrost or hot gas and water wash. Models created especially for meat storage, by experts in this field. Brine-free Carcass Chillers cool the air with a minimum of moisture removal. These units will chill more meat per horsepower and save considerably on operating costs as compared with similar sized units. Other features: deep chilling accomplished rapidly, rapid defrosting with units operating 95% of the time, no drip from bottom or side with exclusive pan separation, save space with 8% more carcasses in box.

Models designed for meat storage needs above and below 34° F.

Identification:

MODEL	CAPACITY 10° TO ( MBH )	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR H.P.	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT ( LBS. )
				L	W	H	
CC-1700 RGWA & RGA	75	10,500	(3)1/2	75	35-1/2	34-1/2	1,550
CC2100 RGWA & RGA	125	17,500	(5)1/2	124	36-1/2	34-1/2	2,350

**CARCASS CHILLERS**

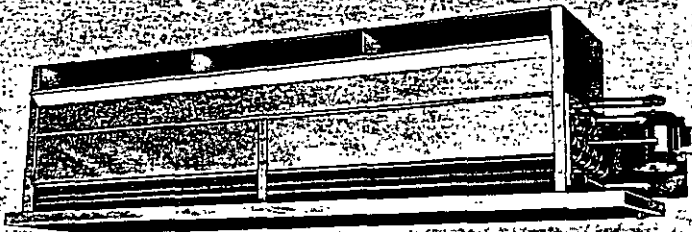


**MEAT STORAGE**



CEILING MOUNTED "UNIT" COOLERS

BETWEEN RAILS UNITS



Compact models fit between rails to save space. Balanced refrigerant distribution assures maximum heat transfer. All coil connections located at one end of unit. Easily cleanable, no panel sections need be removed. Only one motor for easy installation. With 2 speed motors available.

Ideal answer to the food industry's need for refrigeration units that can be strategically located and can handle varying applications. Suitable for room temperatures from +10° F to +50° F.

Specifications

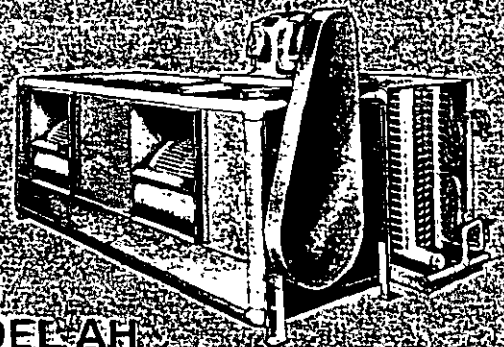
MODEL	FINS PER INCH	CAPACITY (10 TO 12 MBH)	AIR VOLUME (CFM)	MOTOR (H.P.)	DIMENSIONS (IN.)			APPROX. SHIPPING WEIGHT (LBS.)
					W	H	D	
BR-263A	3	219 REC 183 DX	6,250	3/4	80 1/2	26 1/2	25 1/2	705
BR-264A	4	262 REC 219 DX	4,975	3/4	80 1/2	26 1/2	25 1/2	736
BR-283A	3	266 REC 222 DX	6,000	3/4	80 1/2	26 1/2	28	875
BR-284A	4	318 REC 265 DX	4,710	3/4	80 1/2	26 1/2	28	900
BR-363A	3	329 REC 274 DX	7,500	1	111 1/2	26 1/2	25 1/2	1019
BR-364A	4	385 REC 329 DX	7,200	1	111 1/2	26 1/2	25 1/2	1055
BR-383A	3	400 REC 334 DX	7,100	1	117 1/2	26 1/2	28	1267
BR-384A	4	478 REC 398 DX	6,800	1	117 1/2	26 1/2	28	1305
BR-463A	3	439 REC 366 DX	10,400	1 1/2	142 1/2	26 1/2	25 1/2	1851
BR-464A	4	527 REC 439 DX	9,950	1 1/2	142 1/2	26 1/2	25 1/2	1905
BR-483A	3	533 REC 445 DX	9,900	1 1/2	142 1/2	26 1/2	28	1958
BR-484A	4	636 REC 500 DX	9,420	1 1/2	142 1/2	26 1/2	28	2058



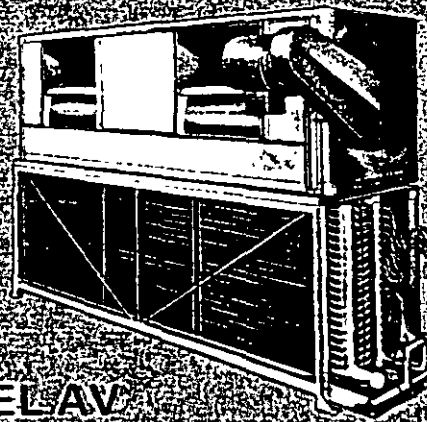
**INDUSTRIAL PRODUCT COOLERS****GENERAL**

Designed and engineered for large industrial, commercial cooling or freezing applications. These models are ideal to meet large scale requirements where free air flow is permissible. Ideal for applications above or below 34° F. Motors, drives, coil connections and other service parts are exterior to the unit for easy access. Rugged and heavy duty construction throughout. Use for large applications, blast freezing, etc. with Refrigerants 12, 22, 502, or 717. Circuited for Direct Expansion or Flooded applications. (See Forms 205.41-TM10 and 275.41-S10.3).

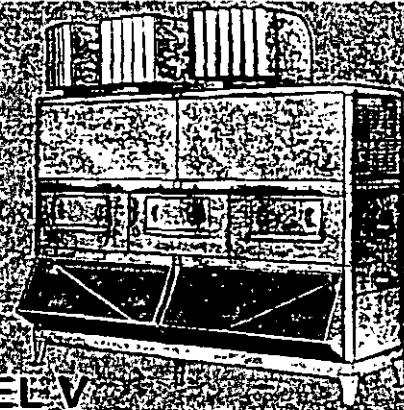
Model AH units are horizontal draw-through design with air discharge positions to the rear, vertical up and vertical down. 17,500 to 435,000 BTUH at 10° TD. Applications above or below 34° F.

**MODEL AH**

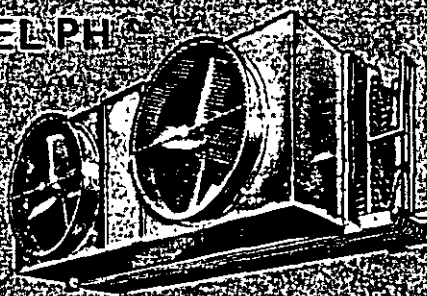
Units are compact, vertical draw-through models. Air discharge positions are vertical up, front horizontal and rear horizontal. 17,500 to 435,000 BTUH at 10° TD. Applications above or below 34° F.

**MODEL AV**

Units are vertical floor units and feature simple economical spray water defrost. Motor and drive compartment isolated from the air stream. Air discharge positions are vertical up, front horizontal and rear horizontal: 19,500 to 188,000 BTUH at 10° TD for applications below 34° F.

**MODEL V**

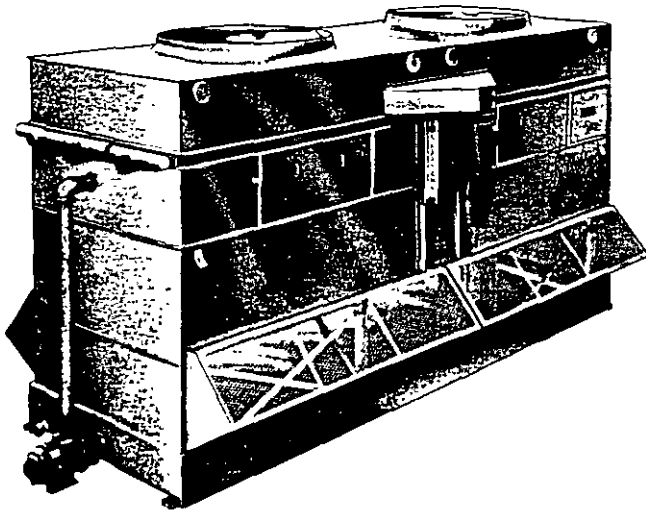
Full line of industrial product coolers with propeller fans for applications with free air flow or low static pressure. Heavy duty, draw-through design. Units may be bottom supported or ceiling suspended. Coils can be circuited for direct expansion or recirculation, with air defrost or equipped for hot gas defrost. Models from 97,000 to 250,000 with 10° TD.

**MODEL PH**

**DESIGNED FOR LARGE INDUSTRIAL OR COMMERCIAL FREEZING/BLAST FREEZING**

# EVAPORATIVE CONDENSERS

## MODEL PFS (HALOCARBON or AMMONIA)



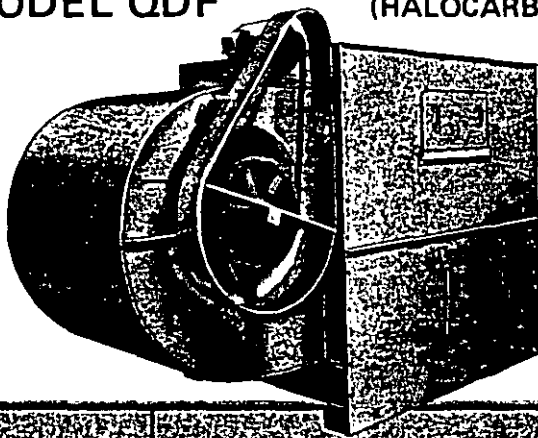
- \* The heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 105° F condensing temperature.
- \*\* The heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 96.3° F condensing temperature.

The PFS model is a draw-through type unit with cast aluminum fans. Constructed of galvanized steel with pan sections hot dipped after fabrication. Two heavy duty, self aligning ball bearings on each propeller shaft assure long life. Access doors provide easy access to the spray nozzles. Spray nozzles are constructed of brass and are removable. All piping is factory installed and tested.

### Specifications

Total Heat Rejection ( MBH )	UNIT SIZE					
	36	38	40	42	44	46
HALOCARBON REF.*	1900	2500	2840	3670	4340	5750
AMMONIA REF.**	1715	2130	2450	3090	3650	4550
Fans-Number	2	2	2	2	2	2
Size ( In. )	42	42	48	48	60	60
Nominal CFM	30,800	38,300	45,700	53,700	68,500	82,600
Nominal Motor HP	10	10	10	15	20	25
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	10,200	11,200	15,100	16,400	21,700	23,500
Overall Length	197	197	198-3/4	198-3/4	276-3/4	276-3/4
Overall Width	83	83	116	116	118-5/8	118-5/8
Overall Height	98-1/8	103-5/8	106-3/8	111-7/8	115-5/8	121-1/8

## MODEL QDF (HALOCARBON)



All units are of the blow-through forced draft design in which the fan is located in the supply air stream. The air is distributed evenly over the tube bundle and spray section before passing through an efficient drift eliminator. This assures long life since the fan shaft and bearings remain dry and are not subjected to high humidity air leaving the condenser as in draw-through units. The condensers are constructed of heavy gauge galvanized steel with pan sections hot dipped after fabrication. The tube bundles are constructed of copper. These units are completely assembled at the factory and shipped as a unit ready for full piping and wiring.

### Specifications

Total Heat Rejection ( MBH )	UNIT SIZE													
	1810A	1812	1816	1812	1816	1820	2116	2120	2516	2520	3112	3116	3120	3120
Fans-Number	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Size (In.)	15	15	15	18	18	18	21	21	25	25	31	31	31	31
Nominal CFM	3,090	3,580	3,480	5,150	5,020	5,430	7,310	7,470	9,560	9,600	12,520	12,150	12,200	12,200
Nominal Motor HP	1/4	1/2	1/2	2	2	3	5	5	7 1/2	7 1/2	10	10	10	10
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	600	615	650	900	950	1,000	1,290	1,355	1,820	1,910	2,920	3,080	3,240	3,240
Overall Length	67 1/2	67 1/2	67 1/2	81 1/2	81 1/2	82 1/2	92 1/2	92 1/2	109 1/2	109 1/2	135 1/2	135 1/2	135 1/2	135 1/2
Overall Width	27 1/2	27 1/2	27 1/2	31 1/2	31 1/2	31 1/2	35 1/2	35 1/2	43 1/2	43 1/2	51 1/2	51 1/2	51 1/2	51 1/2
Overall Height	62 1/2	62 1/2	62 1/2	64	64	64	66 1/2	66 1/2	70	70	77 1/2	77 1/2	77 1/2	77 1/2

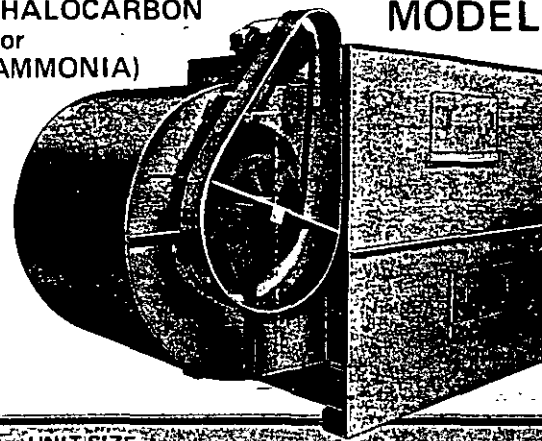
\*The above heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 105° F condensing temperature.

EVAPORATIVE CONDENSERS

All units are of the blow-through forced draft design in which the fan is located in the supply air stream. The air is distributed evenly over the tube bundle and spray section before passing through an efficient drift eliminator. This assures long life since the fan shaft and bearings remain dry and are not subjected to high humidity air leaving the condenser as in draw-through units. The condensers are constructed of heavy gauge galvanized steel with pan sections hot dipped after fabrication. The tube bundles are constructed of steel. These units are completely assembled at the factory and shipped as a unit ready for field piping and wiring.

(HALOCARBON or AMMONIA)

MODEL QDS



Specifications

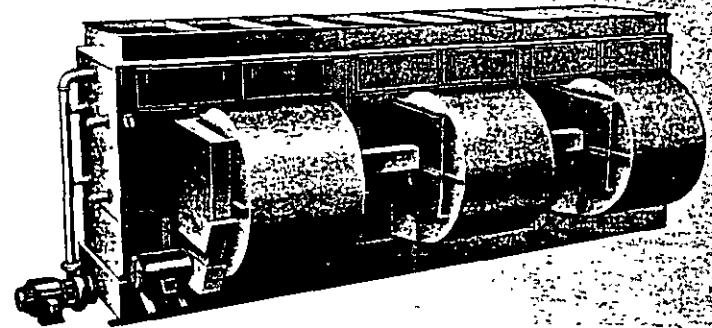
	UNIT SIZE													
	15T2	1516	1812	1816	1820	2116	2120	2516	2520	3112	3116	3120	3716	3720
Total Heat Rejection (MBH)														
HALOCARBON REF.*	201	247	310	371	458	525	615	717	865	1,000	1,230	1,540	1,800	2,250
AMMONIA REF.**	162	205	255	312	370	445	520	613	730	858	1,040	1,240	1,440	1,715
Fans-Number	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Size (In.)	15	15	18	18	18	21	21	25	25	31	31	31	37	37
Nominal CFM	3,580	3,490	5,150	5,020	5,430	7,310	7,470	9,660	10,600	16,520	16,100	18,300	22,600	24,450
Nominal Motor HP														
(0.75/1/4 ESP.)	1-1/2	1-1/2	2	2	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	7-1/2	10	10	15
(1/4-1/2 ESP.)	2	2	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	10	10	10	15	15	20
Approx. Shipping Weight (Lbs.)	800	875	1,200	1,350	1,475	1,700	2,025	2,545	2,850	4,150	5,000	5,050	6,300	7,100
Overall Length	67-1/4	67-1/4	81-1/4	81-1/4	81-1/4	92-1/4	92-1/4	109-1/4	109-1/4	137-1/4	137-1/4	137-1/4	163-1/4	163-1/4
Overall Width	27-1/2	27-1/2	31-1/2	31-1/2	31-1/2	36-1/2	36-1/2	42-1/2	42-1/2	56-1/2	56-1/2	56-1/2	66-1/2	66-1/2
Overall Height	82-1/2	82-1/2	94-1/2	94-1/2	94-1/2	106-1/2	106-1/2	127-1/2	127-1/2	182-1/2	182-1/2	182-1/2	216-1/2	216-1/2

\* The above heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 105° F condensing temperature.  
 \*\* The heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 96.3° F condensing temperature.

Uses blow-through forced draft principle. Air distributed evenly over tube bundle and spray section. Assures long life as fan shaft and bearings remain dry, not subjected to high humidity air leaving condenser as in ordinary units. Fully factory assembled, no field labor required. Fans are of the forward curved centrifugal type of galvanized steel. Shaft bearings are self aligning ball type with extended lubrication fittings. Access doors provide easy access to the spray nozzles and to the sump pan and float valve.

MODEL QMS QUIET DRI-FAN

(HALOCARBON or AMMONIA)



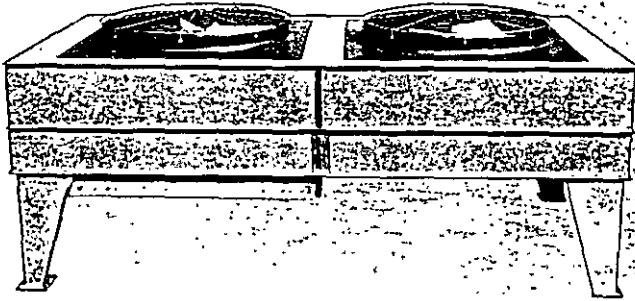
Specifications

	UNIT SIZE			
	36	38	40	42
Total Heat Rejection (MBH)				
HALOCARBON REF.*	1900	2500	2840	3670
AMMONIA REF.**	1715	2130	2450	3090
Fans-Number	2	2	3	3
Size (In.)	31	31	31	31
Nominal CFM	30,800	38,300	45,700	56,000
Nominal Motor HP	10	15	15	20
Approx. Shipping Weight (Lbs.)	10,000	12,500	16,500	18,000
Overall Length	202-1/4	202-1/4	280-1/4	280-1/4
Overall Width	94	94	94	94
Overall Height (With Desuperheat Coil)	97-1/4	97-1/4	97-1/4	97-1/4

\* The heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 105° F condensing temperature.  
 \*\* The heat rejection ratings are based on 78° F entering air wet bulb temperature and 96.3° F condensing temperature.

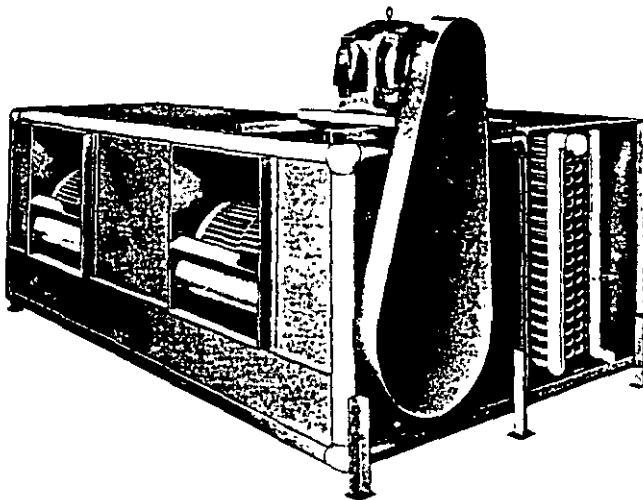
## REMOTE AIR COOLED CONDENSERS

### MODEL DCU VERTICAL AIR FLOW



Low profile air cooled condensers for outdoor roof applications. Long lasting galvanized steel housing. Aluminum fins bonded to 5/8" copper tubes for high heat transfer efficiency. Large, slow speed fans permit high efficiency with low sound levels. Balanced circuiting means entire surface of condenser utilized. Multi-circuiting also available for multi-compressor applications, 28 models. Total heat rejection capacities from 46.7 MBH to 1,245 MBH with 20° TD.

### MODEL AHDC REMOTE AIR COOLED CONDENSERS



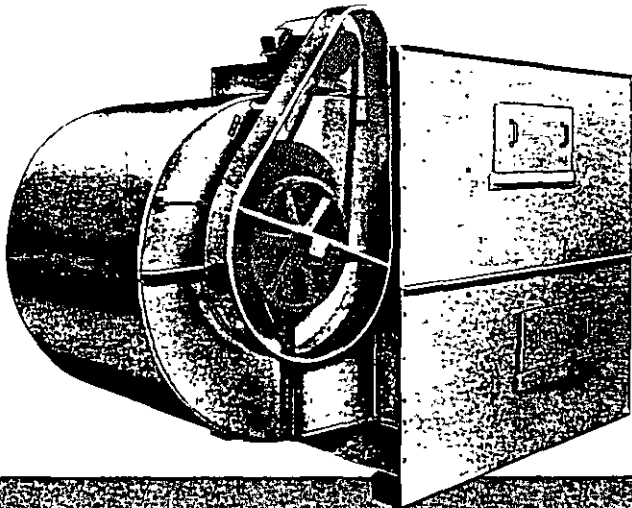
Model AHDC Condensers are designed for duct systems and can be installed indoors or outdoors. Equipped with quiet centrifugal fans, they provide an efficient, economical and practical solution to the selection of condensing equipment in all areas where the use of water cooled or evaporative type condensers are not feasible, economical or desirable.

Aluminum finned copper tube coils are housed in heavy gauge galvanized steel enclosures. Forward curved centrifugal fans are mounted on heavy duty shafts with ball bearings. Fans are driven by V-belts and open drip proof motors are mounted on adjustable bases.

A wide range of models, using R-12, R-22 or R-502 are available with different motor locations and fan arrangement for any conditioning or refrigeration applications. The units are furnished completely assembled for floor mounting or ceiling suspension and are ready for field piping and wiring. These units are ideal for heat recovery systems or indoor applications where air must be discharged thru a duct.

# COOLING TOWERS

## DRI-FAN COOLING TOWER



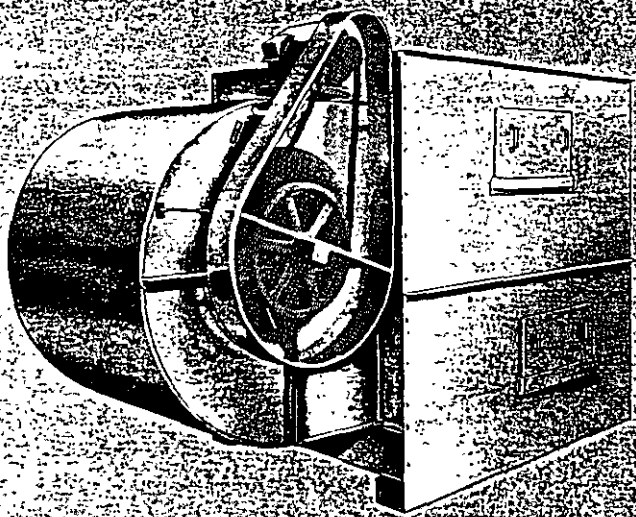
The QDT Cooling Tower is quiet, compact, and functional. Constructed of heavy gauge hot dipped galvanized steel. Completely assembled at the factory and shipped as a unit. The fan shaft and the bearings are assured longer life with the fans located in the supply air stream, away from the high humidity air leaving the tower. The process water enters the spray tree at top of unit, is sprayed down unto the heat exchanger surface or "decking" giving up heat to the counter-flowing air before returning to the system from the sump pan. A single slow speed forward curve blower is used for optimum efficiency and minimum noise. Each blower is balanced to eliminate unit vibration on high precision electronic balancing equipment. The QDT Cooling Towers are designed for maximum accessibility for ease of inspection and cleaning.

### Specifications

MODEL QDT	UNIT SIZE																	
	1515	1517	1821	1823	1825	2129	2133	2136	2540	2544	2552	3166	3176	3183	3798	37109	37120	
Nominal Tonnage*	15	17	21	23	25	29	33	36	40	44	52	66	76	83	98	109	120	
Standard GPM	45	51	63	69	75	87	99	108	120	132	156	198	228	249	294	327	360	
Water in Sump (gal.)	42	42	54	54	54	66	66	66	96	96	96	153	153	153	216	216	216	
Fan Size	15	15	18	18	18	21	21	21	25	25	25	31	31	31	37	37	37	
Standard CFM	3170	3385	4160	4680	5040	5880	6350	7100	8060	9020	10500	13650	15700	17000	20300	22700	24400	
H.P. Std. (10" - 1/4" S.P.)	1	1-1/2	1	1-1/2	2	1-1/2	2	3	2	3	5	3	5	7-1/2	5	7-1/2	10	
Weights ( Lbs. )																		
Steel Deck - Shipping	925	935	1105	1115	1115	1490	1490	1525	2065	2100	2120	3690	3710	3780	4995	5065	5105	
Steel Deck - Operating	1275	1285	1555	1565	1565	2040	2040	2075	2865	2900	2920	4990	5010	5080	6795	6865	6905	
Asbestos Deck - Shipping	465	475	725	735	735	970	970	1005	1340	1375	1395	2290	2310	2380	3175	3245	3285	
Asbestos Deck - Operating	815	825	1175	1185	1185	1520	1520	1555	2140	2175	2195	3590	3610	3680	4975	5045	5085	
Overall Length	59-3/4	59-3/4	74	74	74	85	85	85	101	101	101	129	129	129	153-3/4	153-3/4	153-3/4	
Overall Width	27-3/4	27-3/4	31-3/4	31-3/4	31-3/4	36-3/4	36-3/4	36-3/4	42-3/4	42-3/4	42-3/4	56-3/4	56-3/4	56-3/4	66-3/4	66-3/4	66-3/4	
Overall Height	62-3/4	62-3/4	64	64	64	66-3/4	66-3/4	66-3/4	70	70	70	82	82	82	94	94	94	

\*Nominal rating - 78° WB, 95° - 85° water

# EVAPORATIVE WATER COOLERS



The units are constructed of heavy gauge galvanized steel with pan sections hot dipped galvanized after fabrication.

Heavy channel construction, is designed to simplify shipping, rigging, and installation. The units are completely assembled at the factory and are shipped as a unit ready for field piping and wiring.

Models QDW, QDSW and QMSW are of the "blow-through" type with centrifugal fans. Model PFSW is of the "draw-through" type with propeller fans.

Model QDW offers fifteen capacity increments ranging from 27 gpm to 453 gpm utilizing copper tube surface.

**Specifications**

**QDW**  
15 MODELS

	UNIT SIZE														
	1512	1516	1520	1812	1816	1820	2116	2120	2516	2520	3112	3116	3120	3716	3720
Nominal Capacity (GPM)	54	54	108	62	125	125	147	147	176	176	238	238	238	283	283
Fans-Number	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Size (In.)	15	15	15	18	18	18	21	21	25	25	31	31	31	37	37
Nominal CFM	3,580	3,490	3,740	5,150	5,020	5,430	7,310	7,470	9,660	10,600	16,520	16,100	18,300	22,600	24,450
Nominal Motor HP (0" - 1/4" ESP)	1-1/2	1-1/2	2	2	2	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	7-1/2	10	10	15
(1/4" - 1/2" ESP)	2	2	3	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	10	10	10	15	15	20
Approx. Shipping Weight (Lbs.)	615	650	685	900	950	1,000	1,290	1,355	1,820	1,910	3,020	3,180	3,240	4,260	4,500
Overall Length	67-1/2	67-1/2	67-1/2	81-1/2	81-1/2	81-1/2	92-1/2	92-1/2	109-1/2	109-1/2	137	137	137	163	163
Overall Width	27-1/2	27-1/2	27-1/2	31-1/2	31-1/2	31-1/2	36-1/2	36-1/2	42-1/2	42-1/2	56-1/2	56-1/2	56-1/2	66-1/2	66-1/2
Overall Height	62-1/2	62-1/2	62-1/2	64	64	64	66-1/2	66-1/2	70	70	82	82	82	94	94

Model QDSW offers fourteen capacity increments ranging from 21 gpm to 345 gpm utilizing steel tube surface.

**Specifications**

**QDSW**  
14 MODELS

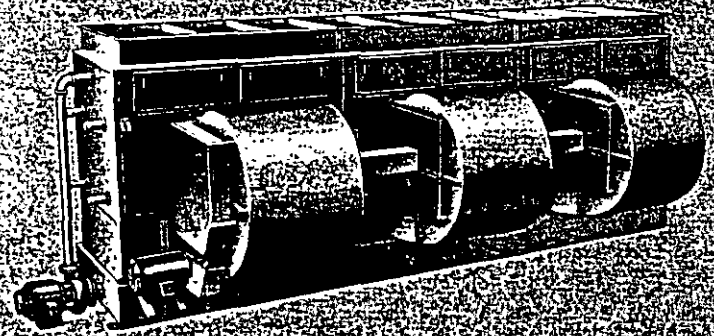
	UNIT SIZE													
	1512	1516	1812	1816	1820	2116	2120	2516	2520	3112	3116	3120	3716	3720
Nominal Capacity (GPM)	42	42	96	96	96	112	112	135	135	182	182	182	216	216
Fans-Number	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Size (In.)	15	15	18	18	18	21	21	25	25	31	31	31	37	37
Nominal CFM	3,580	3,490	5,150	5,020	5,430	7,310	7,470	9,660	10,600	16,520	16,100	18,300	22,600	24,450
Nominal Motor HP (0" - 1/4" ESP)	1-1/2	1-1/2	2	2	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	7-1/2	10	10	15
(1/4" - 1/2" ESP)	2	2	3	3	5	5	7-1/2	7-1/2	10	10	10	15	15	20
Approx. Shipping Weight (Lbs.)	800	875	1,200	1,350	1,475	1,700	2,025	2,545	2,850	4,150	5,000	5,050	6,300	7,100
Overall Length	67-1/2	67-1/2	81-1/2	81-1/2	81-1/2	92-1/2	92-1/2	109-1/2	109-1/2	137	137	137	163	163
Overall Width	27-1/2	27-1/2	31-1/2	31-1/2	31-1/2	36-1/2	36-1/2	42-1/2	42-1/2	56-1/2	56-1/2	56-1/2	66-1/2	66-1/2
Overall Height	62-1/2	62-1/2	64	64	64	66-1/2	66-1/2	70	70	82	82	82	94	94

EVAPORATIVE WATER COOLERS

Model **QMSW** offers four capacity increments ranging from 122 gpm to 390 gpm utilizing steel tube surface.

Specifications

	UNIT SIZE			
	36	38	40	42
Fans-Number	2	2	3	3
Size ( In. )	31	31	31	31
Nominal CFM	30,800	38,300	45,700	56,000
Nominal Motor HP	10	15	15	20
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	10,000	12,500	16,500	18,000
Overall Length	202-1/4	202-1/4	280-1/4	280-1/4
Overall Width	94	94	94	94
Overall Height	93-1/4	93-1/4	93-1/4	93-1/4

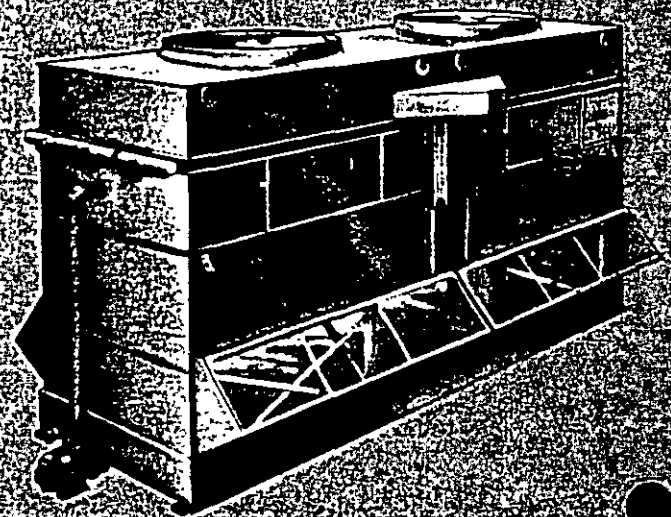


**QMSW**  
4 MODELS

Model **PFSW** offers six capacity increments ranging from 122 gpm to 587 gpm utilizing steel tube surface.

Specifications

	UNIT SIZE					
	36	38	40	42	44	46
Fans-Number	2	2	2	2	2	2
Size ( In. )	42	42	48	48	60	60
Nominal CFM	30,800	38,300	45,700	53,700	68,500	82,600
Nominal Motor HP	10	10	10	15	20	25
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	10,200	11,200	15,100	16,400	21,700	35,300
Overall Length	197	197	198-3/4	198-3/4	276-3/4	276-3/4
Overall Width	83	83	116	116	118-5/8	118-5/8
Overall Height	98-1/8	103-5/8	106-3/8	111-7/8	115-5/8	121-1/8



**PFSW**  
6 MODELS

## PACKAGED PLUG-IN REFRIGERATION UNITS

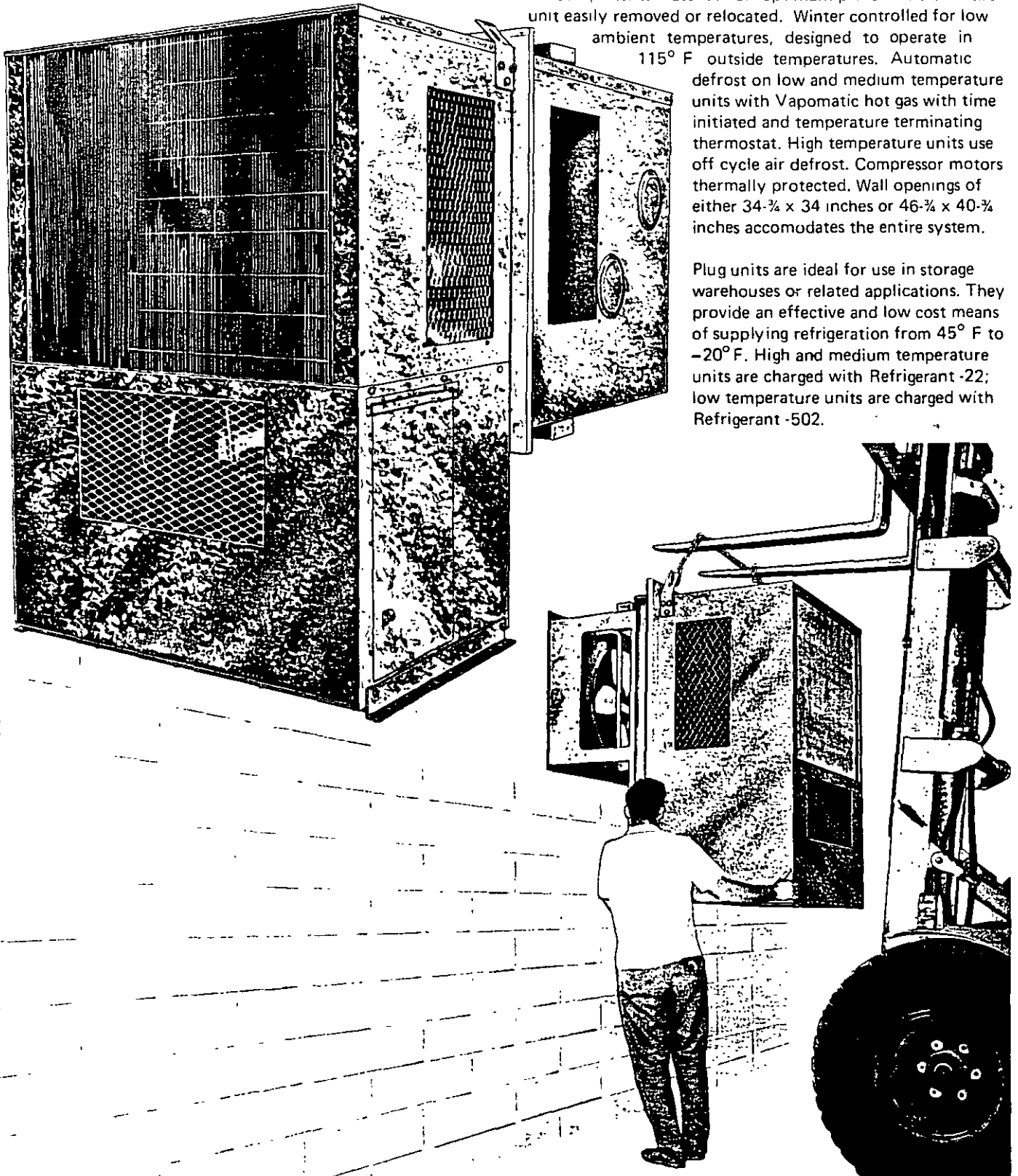
### PLUG UNITS

Completely factory assembled, factory tested units, ready to run. Simply secure the unit to wall opening, attach power line, open shut-off valves and begin refrigerating.

All components matched for optimum performance. Entire unit easily removed or relocated. Winter controlled for low ambient temperatures, designed to operate in 115° F outside temperatures. Automatic

defrost on low and medium temperature units with Vapomatic hot gas with time initiated and temperature terminating thermostat. High temperature units use off cycle air defrost. Compressor motors thermally protected. Wall openings of either 34- $\frac{3}{4}$  x 34 inches or 46- $\frac{3}{4}$  x 40- $\frac{3}{4}$  inches accomodates the entire system.

Plug units are ideal for use in storage warehouses or related applications. They provide an effective and low cost means of supplying refrigeration from 45° F to -20° F. High and medium temperature units are charged with Refrigerant -22; low temperature units are charged with Refrigerant -502.



IDEAL FOR USE IN STORAGE WAREHOUSES / OR RELATED APPLICATIONS



PACKAGED PLUG-IN REFRIGERATION UNITS

Specifications

COOLING CAPACITY MBH / HIGH TEMPERATURE ( R-22 )

MODEL NO.	ROOM TEMP.	AIR ON CONDENSER °F								ROOM TEMP.
		80	85	90	95	100	105	110	115	
P-H3A	45	33.5	32.6	31.8	31.0	30.2	29.3	28.4	27.4	<b>+45° F</b>
	40	30.9	30.2	29.5	28.6	27.8	26.9	26.1	25.0	
	35	28.3	27.7	27.1	26.3	25.4	24.6	23.6	22.8	
P-H5A	45	57.0	55.5	54.0	52.0	50.0	48.5	46.7	44.5	<b>to</b>
	40	52.5	51.1	49.5	48.0	46.4	44.8	43.2	41.2	
	35	48.5	47.0	45.7	44.2	42.7	41.3	40.0	38.0	
P-H7-1/2A	45	75.0	73.1	71.5	69.7	67.8	66.0	-	-	<b>+35° F</b>
	40	69.7	68.0	66.5	64.8	63.3	61.7	-	-	
	35	64.3	62.9	61.2	59.8	58.2	56.7	55.1	-	

MEDIUM TEMPERATURE ( R-22 )

P-M3A	32	26.4	25.8	25.2	24.6	23.9	23.2	22.4	21.7	<b>+32° F</b>
	30	25.4	24.8	24.2	23.6	23.0	22.2	21.5	20.8	
	28	24.3	23.7	23.1	22.6	21.8	21.2	20.6	19.9	
P-M5A	32	43.6	42.2	41.0	40.0	38.4	37.1	35.6	34.1	<b>to</b>
	30	42.0	40.8	39.4	38.2	37.0	35.6	34.2	32.6	
	28	40.4	39.2	38.0	36.7	35.5	34.2	32.6	31.2	
P-M7-1/2A	32	58.4	57.0	55.7	54.2	52.8	51.5	49.8	-	<b>+28° F</b>
	30	56.3	55.0	53.5	52.3	51.0	49.5	47.8	46.4	
	28	54.0	53.0	51.5	50.3	48.9	47.4	46.0	44.7	

LOW TEMPERATURE ( R-502 )

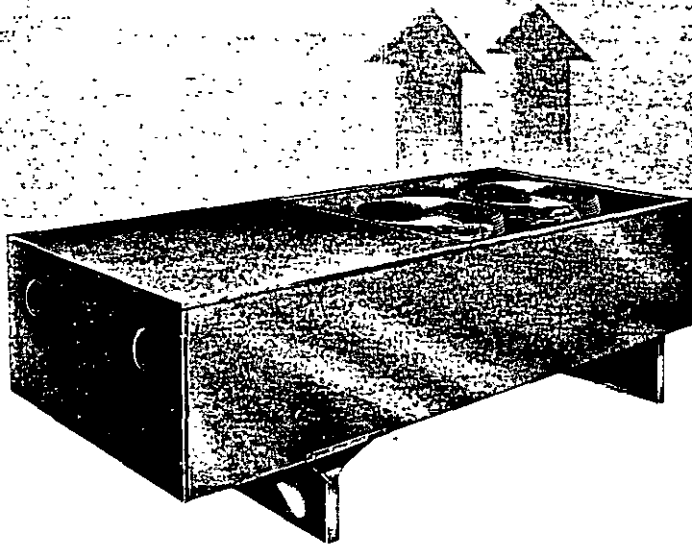
P-L3A	0	19.4	18.9	18.4	17.9	17.3	16.8	16.6	16.0	<b>0° F</b>
	-5	17.3	17.0	16.0	15.9	15.6	15.1	14.7	14.3	
	-10	15.8	15.3	14.8	14.4	13.9	13.6	13.1	12.7	
	-20	12.8	12.4	11.9	11.2	11.1	10.6	10.2	9.7	
P-L5A	0	29.0	28.1	27.1	26.3	25.3	24.5	23.6	-	<b>to</b>
	-5	26.4	25.5	24.7	24.0	23.0	22.3	21.4	20.6	
	-10	23.8	23.1	22.3	21.6	20.9	20.1	19.4	18.6	
	-20	19.6	18.8	18.1	17.6	16.9	16.3	15.6	15.0	
P-L7-1/2A	0	45.0	43.5	42.0	40.0	38.8	37.4	36.0	34.6	<b>-20° F</b>
	-5	40.6	39.0	37.6	36.2	35.0	33.4	32.2	30.8	
	-10	36.2	35.0	33.5	32.2	31.0	29.8	28.6	27.3	
	-20	29.3	28.2	27.0	26.1	24.8	23.2	22.6	21.6	
P-L10A	0	58.5	56.5	54.5	52.5	50.5	48.5	46.6	-	<b>to</b>
	-5	52.5	50.6	48.8	47.0	45.1	43.5	41.7	-	
	-10	46.8	45.0	43.5	41.8	40.2	38.6	36.9	35.4	
	-20	37.8	36.3	34.8	33.5	32.0	30.6	29.4	28.0	

UNIT SIZE

	P-H3A	P-H5A	P-H7-1/2A	P-M3A	P-M5A	P-M7-1/2A	P-L3A	P-L5A	P-L7-1/2A	P-L10A
Fan HP	1	1-1/2	2	1	2	2	1	1	2	2
Evaporator Air Volume (CFM)	3,200	4,460	4,750	3,260	5,650	5,300	3,460	3,260	5,300	5,000
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	960	1,412	1,501	961	1,403	1,482	980	1,050	1,519	1,600
Overall Length	68-1/4	73-3/4	73-3/4	68-1/4	73-3/4	73-3/4	68-1/4	68-1/4	73-3/4	73-3/4
Overall Width	37-1/2	50	50	37-1/2	50	50	37-1/2	37-1/2	50	50
Overall Height	58-1/4	63-3/4	63-3/4	58-1/4	63-3/4	63-3/4	58-1/4	58-1/4	63-3/4	63-3/4

# CONDENSING SECTIONS

## PRODUCE STORAGE UNITS (PS)



Produce Storage Units ( PS Units ) are self-contained, air cooled condensing units designed for use with York's Recold Brand "Unit" and "Product" Coolers in temperature applications above 28° F. The units are factory assembled and wired. Designed for rooftop or slab installations. Low ambient control to -20° F is provided by means of a 3-way pressure regulating valve and fan cycling thermostats. All units are supplied with an R-22 holding charge.

Serves one to six evaporator sections.

### Specifications

	UNIT SIZE			
	PS5	PS7	PS10	PS15
Fan-Number	2	2	3	4
Fan-HP	1/3	1/2	1/2	1/2
Air Volume (CFM)	7,000	8,400	12,600	16,000
Approx. Shipping Weight ( Lbs. )	1,200	1,300	1,530	1,840
Overall Length	105-5/16	105-5/16	130-1/4	134-11/16
Overall Width	47-11/16	47-11/16	46-11/16	62
Overall Height	36-1/4	36-1/4	36-1/4	38-3/8

### Specifications

#### COOLING CAPACITY, CONDENSING SECTION ONLY - MBH / COMPRESSOR AND CONDENSING FAN MOTOR SECTION - KW

MODEL	SATURATED SUCTION TEMP.	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER											
		65		75		85		95		105		115	
		MBH	KW	MBH	KW	MBH	KW	MBH	KW	MBH	KW	MBH	KW
PS5	0	42.2	6.80	38.6	5.80	34.8	5.90	31.0	5.96	27.4	5.97	25.0	6.00
	10	53.5	6.80	49.6	6.45	45.0	6.65	41.0	6.80	36.6	6.92	42.7	6.85
	20	67.1	6.80	62.4	7.15	57.4	7.47	52.8	7.72	47.6	7.93	43.3	8.00
	30	96.0	7.00	77.0	7.90	71.6	8.30	65.7	8.63	60.4	8.97	55.0	11.50
	40	99.4	8.03	93.0	8.63	87.0	9.15	80.5	9.64	74.3	10.00	68.0	10.35
	50	117.3	8.70	110.6	9.47	103.5	10.15	96.0	10.73	89.4	11.30	82.0	11.35
PS7	0	66.0	9.15	61.0	7.83	56.5	7.95	51.5	8.07	47.0	8.14	42.0	8.27
	10	83.5	9.15	77.5	8.60	72.0	8.30	66.5	9.10	61.0	9.36	56.5	9.63
	20	101.5	9.15	95.0	9.50	89.0	9.82	83.0	10.22	77.5	10.60	71.0	11.00
	30	95.2	10.07	114.5	10.52	108.0	11.00	101.5	11.48	94.5	11.87	88.0	12.40
	40	100.3	10.98	136.0	11.60	128.0	12.16	121.5	12.73	114.0	13.30	108.0	13.75
	50	169.5	12.17	160.0	12.77	152.5	13.42	143.5	14.05	136.0	14.65	128.0	15.35
PS10	0	99.5	13.65	90.0	11.75	82.0	12.15	75.5	12.57	69.5	13.00	62.5	13.35
	10	127.0	13.65	116.5	13.10	108.0	13.55	100.5	14.04	91.5	14.55	83.5	15.15
	20	158.5	13.65	147.0	14.50	137.5	15.22	128.0	15.00	117.0	16.65	107.0	17.35
	30	194.0	14.90	181.0	15.85	169.5	16.80	157.0	17.70	144.0	18.65	136.5	18.60
	40	233.0	16.20	218.5	17.40	203.5	18.55	188.5	19.70	173.5	20.80	162.0	21.60
	50	275.0	17.60	257.0	18.95	239.5	20.30	221.5	22.10	203.5	22.80	192.0	23.65
PS15	0	126.5	18.45	117.0	16.65	108.0	16.00	99.0	16.20	90.5	16.40	83.0	16.75
	10	156.0	18.45	146.5	17.45	135.5	18.10	124.5	18.65	116.0	19.20	105.0	19.70
	20	193.0	18.45	181.0	19.30	168.0	20.16	156.0	21.00	144.5	21.74	132.0	22.45
	30	237.0	20.25	221.5	21.35	207.0	22.30	192.5	23.30	178.5	24.30	163.5	25.35
	40	288.5	22.10	270.0	23.35	252.0	24.50	235.0	25.75	217.5	27.00	199.0	28.35
	50	347.5	24.05	324.0	25.40	303.0	26.50	281.5	28.40	260.0	29.90	243.0	31.35

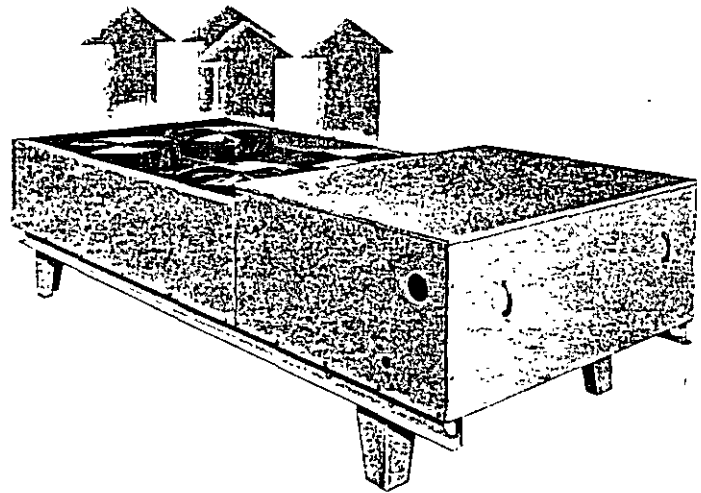
\*Maximum condensing temperature occurs at 110° air on and 50° F saturated suction temperature.

CONDENSING SECTIONS

YORK RECOLD BRAND

FROZEN STORAGE UNITS (FS)

Frozen Storage Units (FS Units) are air-cooled condensing units designed for frozen food storage. All units are of the single package type and designed for outdoor operation at temperatures down to -20° F. Each unit includes a semi-hermetic compressor, receiver, suction accumulator, air-cooled condensing coils, propeller type fans and controls housed in a weatherized enclosure. Low ambient control is provided and is accomplished by flooding the condenser by means of a three-way pressure regulating valve. Fan cycling thermostats are provided to reduce the amount of charge required to maintain the head pressure. These units are designed for use with "Unit" or "Product Coolers" to complete the refrigeration system.



Specifications

	UNIT SIZE		
	FS4	FS8	FS12
Fan-Number	2	3	4
Fan-HP	1/2	1/2	1/2
Air Volume (CFM)	8,400	12,600	16,000
Approx. Shipping Weight (Lbs.)	1,830	2,250	2,776
Overall Length	105-1/4	130-1/4	143-5/8
Overall Width	47-11/16	47-11/16	61-7/8
Overall Height	38-3/16	38-3/16	39-7/8

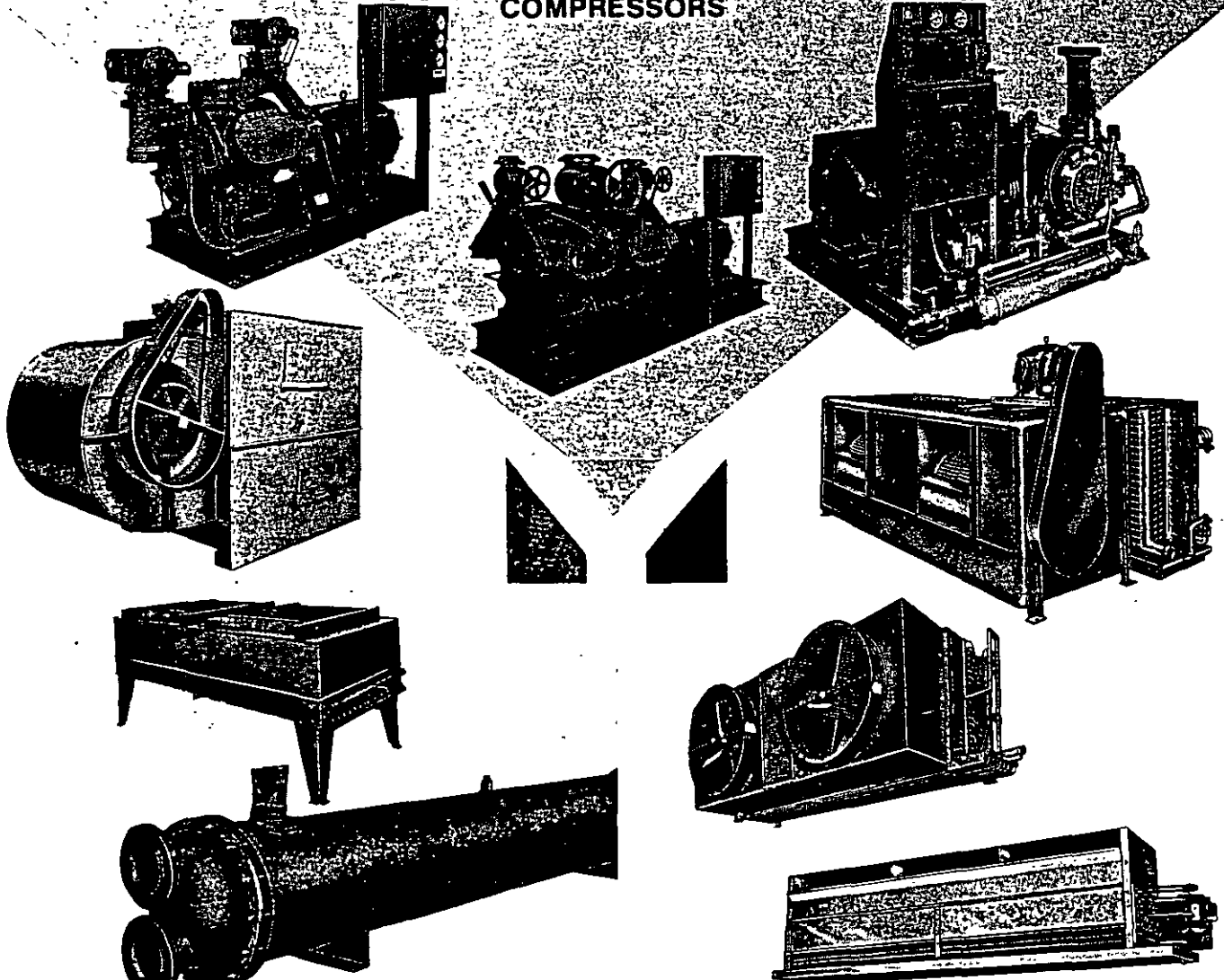
Specifications

COOLING CAPACITY - CONDENSING SECTION ONLY - MBH / COMPRESSOR AND CONDENSING FAN MOTOR SECTION - KW

MODEL	SATURATED SUCTION TEMP. °F	AIR TEMPERATURE ON CONDENSER - °F					
		85		95		105	
		MBH	KW	MBH	KW	MBH	KW
FS4	-10	61.7	9.8	59.8	10.5	58.2	11.2
	-20	50.4	8.9	49.0	9.6	47.5	10.2
	-30	39.8	8.1	38.8	8.6	37.5	9.1
FS8	-10	121.2	18.3	117.4	20.1	114.5	21.2
	-20	99.5	16.5	96.4	18.2	93.6	19.3
	-30	78.8	14.8	76.4	16.1	73.8	17.7
FS12	-10	181.0	28.3	175.0	30.1	168.4	31.9
	-20	148.8	25.6	143.5	27.0	138.5	28.1
	-30	117.3	22.5	113.5	23.9	109.3	25.1

TOTAL REFRIGERATION SYSTEMS  
from **YORK** . . . a vital part of the  
refrigeration industry . . . since 1885

**COMPRESSORS**



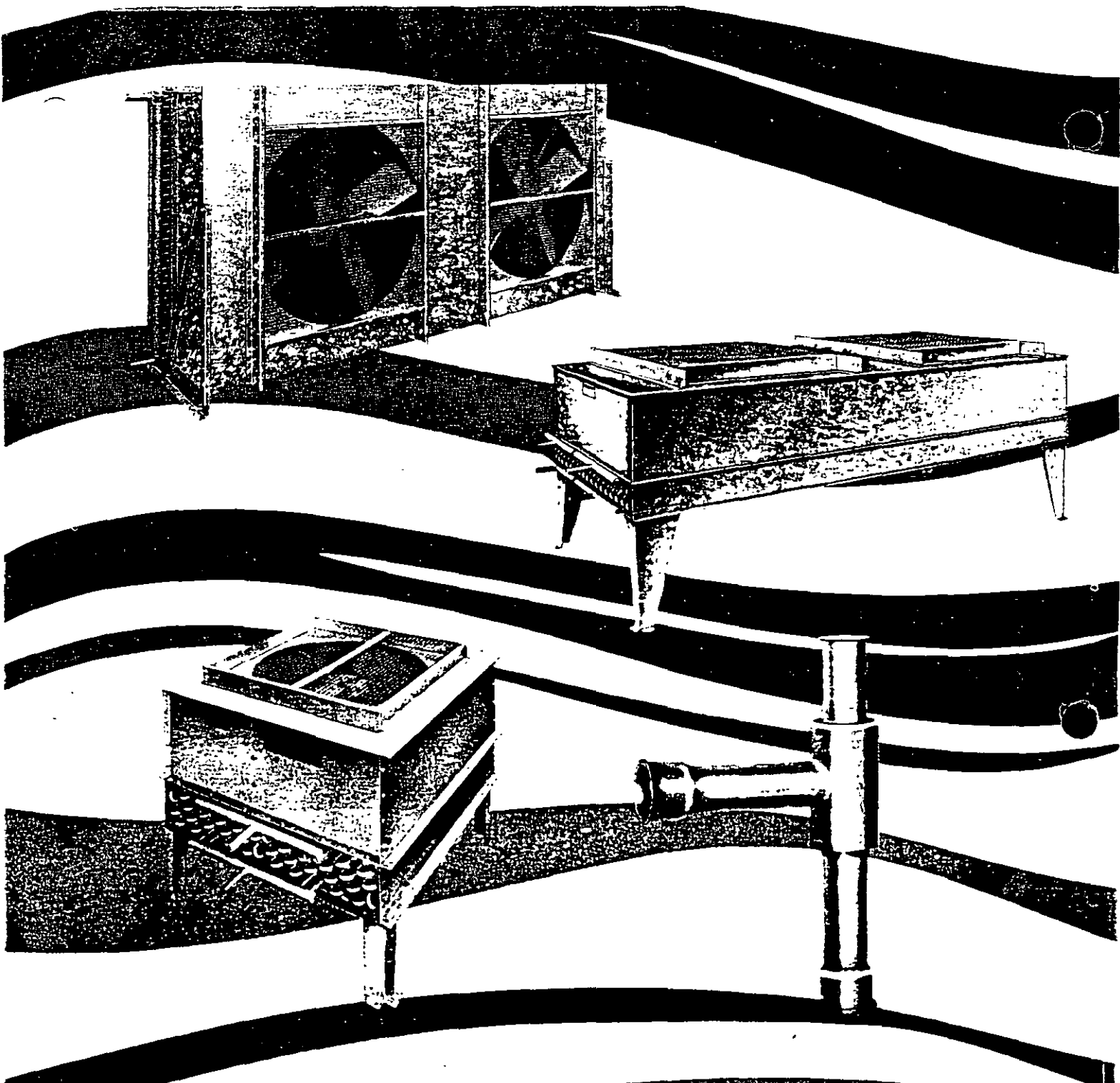
**CONDENSERS**

**EVAPORATORS**

SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE  
PRINTED IN U.S.A.  
FORM M71 - 3709 (178)  
MANUFACTURED UNDER LICENSE  
BORG WARNER CORP.

EXPORT OFFICE  
MORELOS 98-706  
MEXICO 6, D.F.  
TELEX: 0177 - 3034  
CABLE: RECOLDMEX

**YORK**   
**RECOLD** S. A. DE C. V.



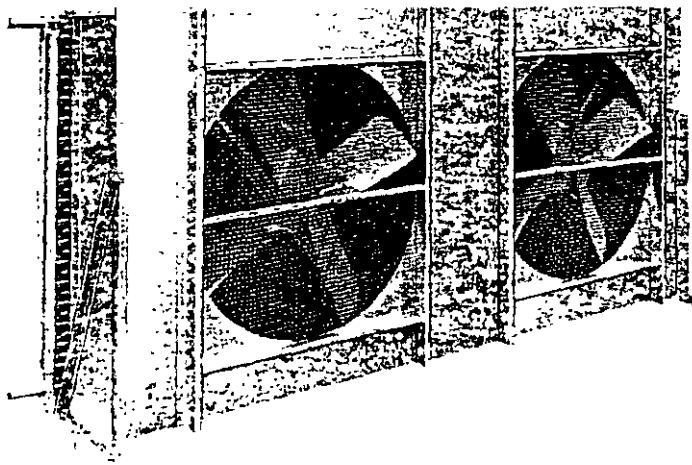
# RECCOLD

## DRICON CONDENSERS

FEATURING RECCOLDMATIC HEAD PRESSURE CONTROLS

# RECORD

# DRICON CONDENSERS



THE  
OUTSTANDING  
AIR COOLED  
CONDENSER  
FEATURING —

**RUGGED HOUSING** — Heavy steel is used to form the rugged housing of condensers—galvanized to prevent rust and corrosion.

**HIGH QUALITY SURFACE** — Aluminum fins, spaced eight per inch, are mechanically bonded to 5/8 diameter copper tubing for permanent, high efficiency heat transfer.

**BALANCED CIRCUITING** — Recold's method of balanced circuiting results in maximum heat transfer over the entire surface of the condenser. Dependable, conservative ratings characterize all Dricon Models.

**ADJUSTABLE STAND** — Heavy, angle iron stands are galvanized after fabrication for complete corrosion resistance. Fully adjustable for varying heights. May be used for ceiling mounting.

**LARGE, SLOW SPEED FANS** — Large slow speed, belt driven fans produce ample air flow with minimum noise. Heavy duty shafts and bearings contribute to long life and dependable service.

**COMPLETE MOTOR PROTECTION** — Motor mounted within housing for complete weather protection. Ample access panels for service and maintenance.

**MULTI-CIRCUITS AVAILABLE** — Multi-circuiting provides Dricon Condensers with complete flexibility for multiple compressor applications. Method of multi-circuit selection described in detail on Page 3.

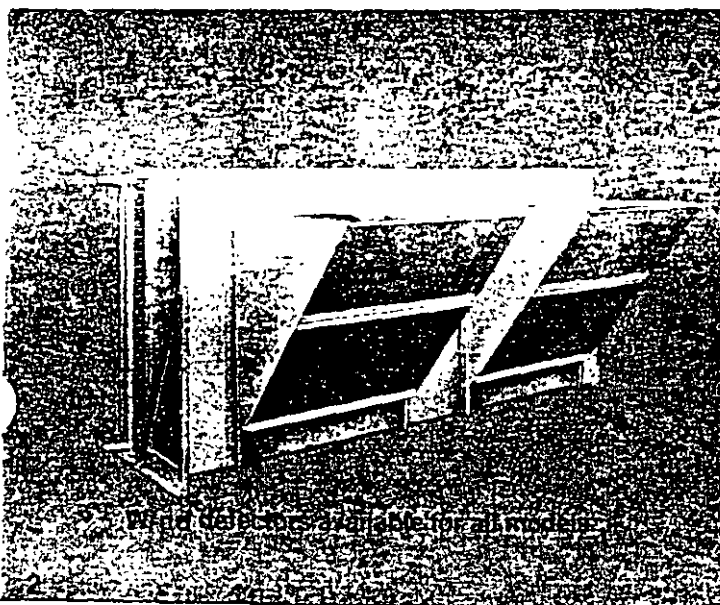
**WIND DEFLECTORS** — Wind deflectors, pictured below, available for all models

**CONDENSERS FOR CORROSIVE ATMOSPHERES**—Recold Dricon Condensers are available with copper fins and aluminum housings. You can select a Recold Dricon for any service and any pressure condition.

**WINTER CONTROL** — Recoldmatic winter controls maintain predetermined head pressures during spring, fall and winter seasons. Control is accomplished *without dampers* or the need for *cycling fan motors*. Only one adjustment necessary.

**LOGICAL TECHNICAL SELECTION METHOD** — Recold selection tables are based on *net* refrigeration values. Because the heat compression varies with each condensing temperature and suction pressure, Recold condensers can be selected directly from the tables based on net refrigeration requirements.

**CENTRIFUGAL FAN DRICON CONDENSERS** — Where air cooled condensers are used in conjunction with ducts Recold makes units — the AH-DC type — which are provided with forward curved fans to overcome duct static.



WIND DEFLECTORS AVAILABLE FOR ALL MODELS

SUCTION TEMP.	CONDENSING TEMPERATURE					
	105	110	115	120	125	130
	%	%	%	%	%	%
+40	100	97	93	89	85	81
+20	100	96	91	86	82	77
0	100	95	90	84	79	73
-20	100	94	89	82	76	69
-40	100	93	87	80	73	65

# RECOLD

# CONDENSER SELECTION

Recold Condenser selection charts compensate for the heat of compression of the condensers under various condensing and suction temperatures.

**Step 1.** Determine the net refrigeration load (Evaporator capacity).

**Step 2.** Select the condensing temperature. Refer to the previous page and note the variations in compressor capacity as related to the condensing temperature especially at the lower suction temperatures. Although some manufacturers rate condensers at 30° TD between ambient and condensing temperatures, Recold recommends 20° or less to avoid reduction in capacity during the hottest weather when the full compressor capacity is required.

**Step 3.** Refer to the families of curves shown on the following two pages and use the set of curves associated with the ambient dry bulb which is the maximum summer temperature under which the system must maintain capacity. Select the condensing temperature which can vary from 15° to 30° above the ambient but which should be kept in the lower range to avoid the need for larger compressors.

**Step 4.** Enter the chart at the condensing temperature and move into the family of curves which are marked in large blue numerals and represents the design dry bulb temperature. Intersect the curve in this group which matches the suction temperature.

**Step 5.** Move vertically downward to the bottom of the sheet to intercept the line which matches the net refrigeration requirements and read to the left to select the size of Dricon. Remember,

the total heat rejection of the condenser is much higher than the net because by this method of selection the heat of compression has been figured in by the graphical selection method being used. Note that the higher ambients the net refrigeration capacities of the units is less because of the higher head pressures and higher heat of compression which must be rejected by the condenser.

**NOTE:** For Standard Ratings 120° condensing +40° S for 20° and 30° TD and dimensions see pages 6 and 7.

**EXAMPLE 1.** Select condenser for refrigeration load of 50,000 BTU/HR at 40° Suction, 115° Condensing and 95° Dry Bulb.

**SOLUTION:** Enter Chart 1 at 115° Condensing, read across to 95° DB, 40° S, then down to unit with proper load - DC 85 with 60,000 BTU/HR.

To find actual condensing temperature, start at 50,000 BTU/HR for DC 85 read up to 95° DB, 40° S, then across to find actual condensing temperature of 111°.

**EXAMPLE 2.** Select proper condenser for evaporator load of 100,000 BTU/HR at 95° DB and 20° Suction.

**SOLUTION:** Enter DC 110 at 100,000, read up to 95° DB, 20° S, then across finding condensing temperature of 122°.

Enter DC 165 at 100,000, read up to 95° DB, 20° S, then across finding condensing temperature of 112°. Select desired condenser.

## MULTI-CIRCUIT SELECTION

### RECOLD DRICON MULTI-CIRCUIT SELECTION SHEET

A RECOLD "Dricon" Multi-circuit Selection Sheet should be used in order to select and identify the proper condenser and circuit capacity for each compressor used.

This sheet must accompany every multi-circuit order to provide the factory with proper instructions to fabricate the condenser to meet customers' requirements. A typical Selection Sheet is shown and is used as follows:

1. Determine design dry bulb.
2. Tabulate compressor information identifying each by number, showing horsepower, refrigerant, suction temperature, condensing temperature and rated capacity.
3. From Serpentine capacity at top of Chart 1, determine number of serpentine required for a circuit (compressor capacity) of one or more "Dricon" sizes.
4. When all circuits have been listed, select the desired circuit in the individual condenser based on proper loading, location desired and most economical selection of units.
5. Total the number serpentine selected for each condenser to verify that the condenser has the required serpentine as shown in tables on pages 6 and 7.
6. If any serpentine are not used, list them as spares and determine if one or more spare circuits are desired.
7. Determine connection sizes from Table 3 and list them in selection sheet.
8. Using circuits selected and Chart 1 and 2, determine actual condensing temperature.
9. Circuits are labeled alphabetically from top of condenser down. Based on piping arrangement, determine order of circuits desired and label accordingly on sheet. If two condensers of the same size are selected, circuits should be marked properly as 1-A, 2-B, etc.

COMPRESSOR NO.	HP	REFRIGERANT	SUCTION TEMP.	CONDENSING TEMP.	COMPRESSOR RATED CAPACITY	SERPENTINES/CIRCUIT (See Chart for Cap./Serpentine)												REFRIG. WT. PER CIRCUIT
						R-12			R-22			R-12			R-22			
						SELECTED	CIRCUIT	IN	SELECTED	CIRCUIT	IN	SELECTED	CIRCUIT	IN	SELECTED	CIRCUIT	IN	
1	3	12	-15	120	119.5	29.5K				5	D	7	8	5	8	43		
2	3	12	-15	120	119.5	29.5K				4	E	7	8	5	8	35		
3	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	10	5	8	5	8	5	8	11	25		
4	3	12	-25	120	119.5	1.6K				2	C	5	8	5	8	17		
5	3	12	-25	120	119.5	1.6K				2	F	5	8	5	8	17		
6	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
7	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
8	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
9	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
10	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
11	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
12	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
13	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
14	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
15	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
16	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
17	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
18	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
19	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
20	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
21	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
22	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
23	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
24	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
25	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
26	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
27	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
28	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
29	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
30	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
31	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
32	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
33	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
34	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
35	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
36	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
37	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
38	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
39	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		
40	3	12	-25	120	119.5	4.3K	3	12	5	8	5	8	5	8	11	25		

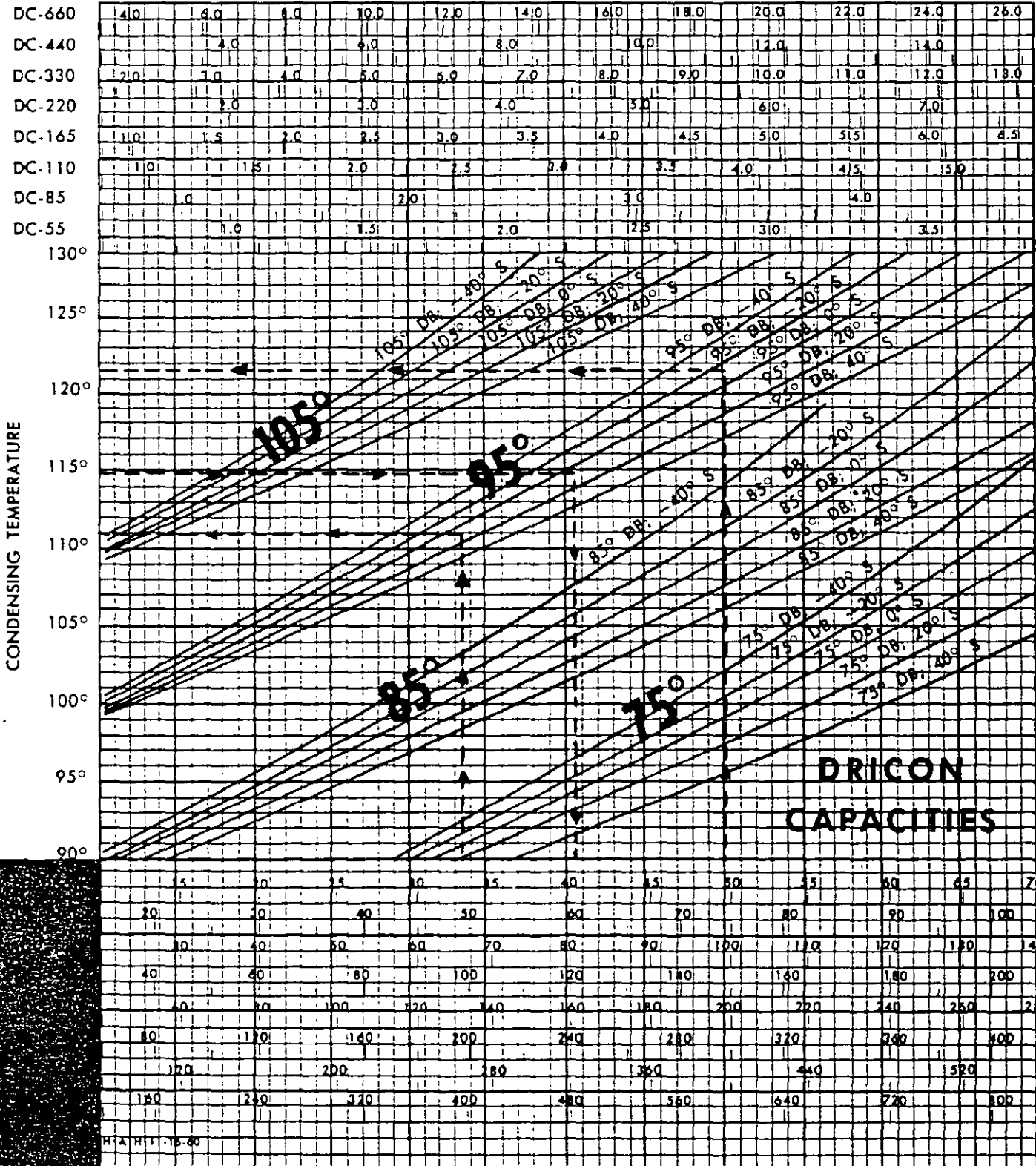
BTU/Cir. R-12	15,000	36,000	80,000	140,000
BTU/Cir. R-22	26,000	60,000	144,000	250,000
In O.D. Tube	5/8	7/8	1-1/8	1-3/8
Out O.D. Tube	5/8	5/8	7/8	1-1/8



# PERFORMANCE

CHART 1

NET REFRIGERATION LOAD PER SERPENTINE IN THOUSANDS OF BTU/HR (000 OMITTED)





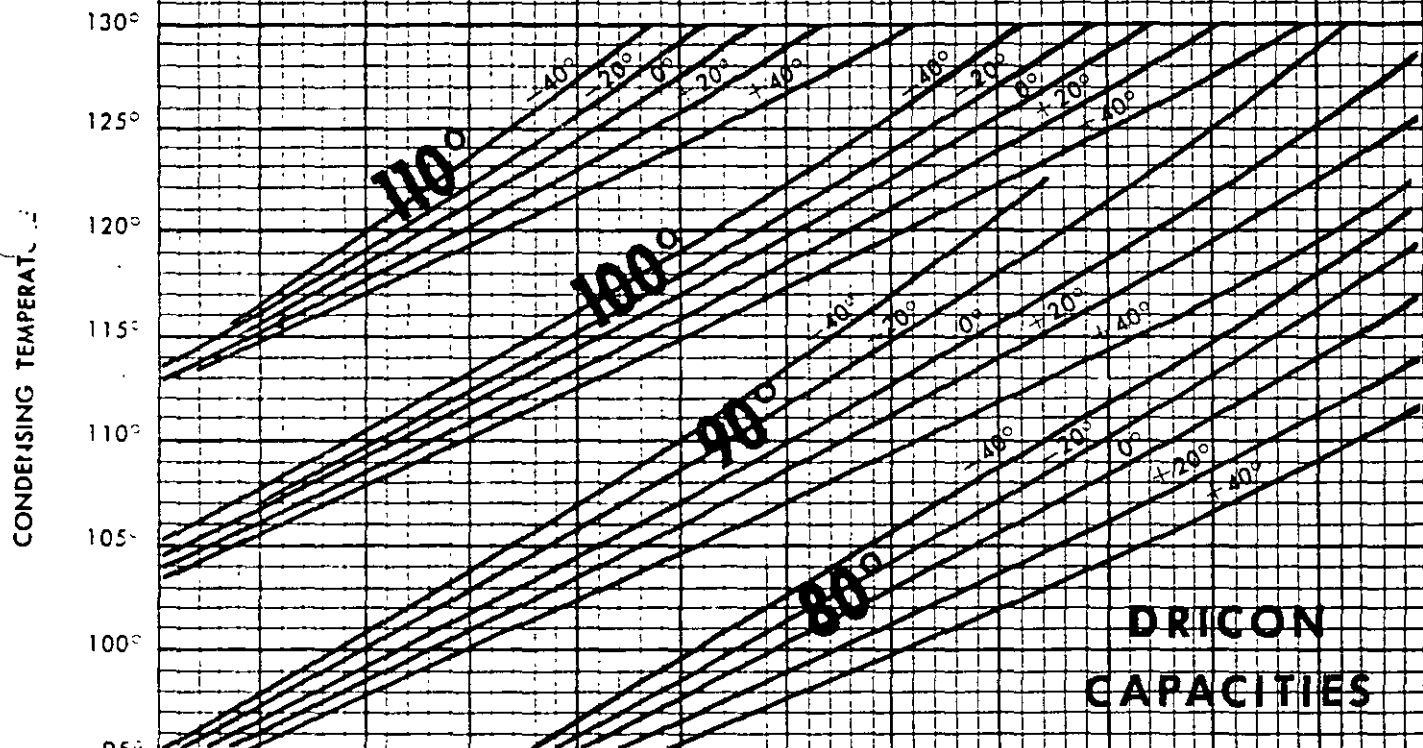


# PERFORMANCE

CHART 2

NET REFRIGERATION LOAD PER SERPENTINE IN THOUSANDS OF BTU/HR (000 OMITTED)

DC-660	4.0	4.0	4.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
DC-440		4.0		6.0		8.0		10.0		12.0		14.0
DC-330	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0
DC-220		1.0		3.0		4.0		5.0		6.0		7.0
DC-165	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
DC-110	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0			
DC-85				2.0			3.0			4.0		
DC-55		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0		3.5



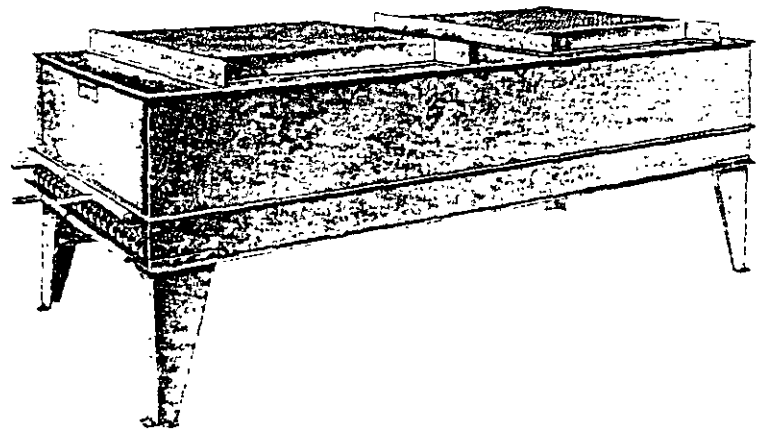
**DRICON  
CAPACITIES**

DC-55	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
DC-85	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
DC-110	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
DC-165	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
DC-220	60	100	140	180	220	260	300	340	380	420	460	500	540	580
DC-330	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600
DC-440	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720	780	840	900
DC-660	150	210	270	330	390	450	510	570	630	690	750	810	870	930

CONDENSER CAPACITY PER SERPENTINE



# DRICON UPBLAST CONDENSERS



Recold also offers the Dricon Upblast Condenser to meet those applications which may require this arrangement.

Outstanding features of this unit include heavy gauge galvanized legs, rugged housing, high quality surface, large slow-speed belt driven fans and multi-circuit flexibility.

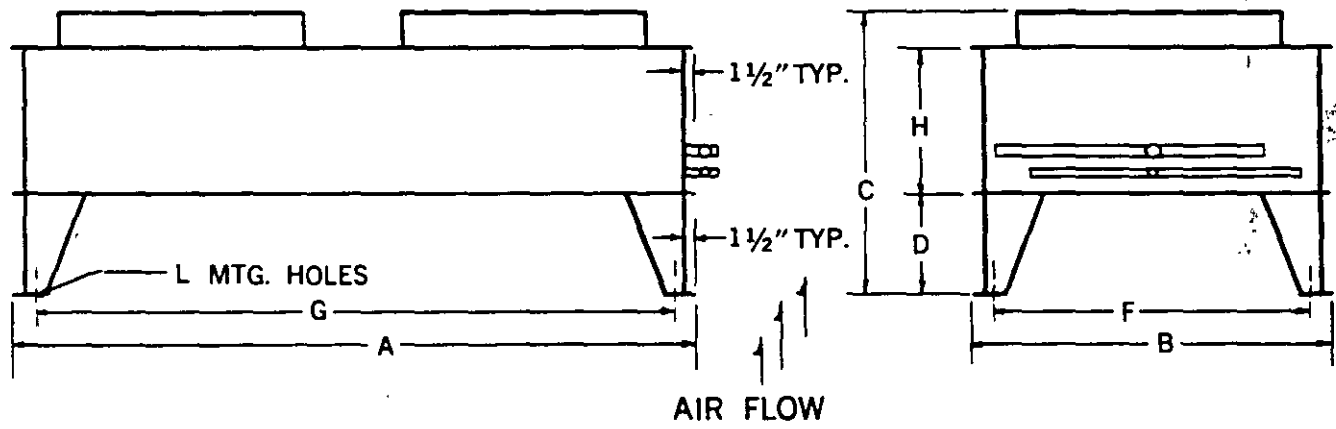
The Dricon Upblast Condenser also has these advantages:

Weather hood not required as wind direction will not affect the performance of unit. This offers flexibility in locating unit.

Since discharge is up, the noise of the unit is not directed toward any neighbor.

Unit is designed for outdoor roof applications.

## DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS



MODEL	DCU-55	DCU-85	DCU-110	DCU-163	DCU-220	DCU-330	DCU-440	DCU-640
Rating @ 30° TD° BTU/HR.	66,000	98,000	132,000	196,000	264,000	392,000	528,000	794,000
Rating @ 20° TD° BTU/HR.	45,000	67,000	90,000	134,000	180,000	268,000	360,000	536,000
Fan Size	24	30	36	42	48	(2) 42	(2) 48	(2) 48
Fan Speed	913	755	505	440	350	440	350	520
CFM	4,600	7,000	9,500	13,800	17,200	27,640	34,400	45,000
Motor HP**	1/2	3/4	1	1-1/2	1-1/2	3	3	5
A Overall Length	36	45	50	61	73	119	143	143
B Overall Width	35-1/2	42-1/2	49-1/2	60	67	60	67	67
C Overall Height	36-3/4	37-3/4	40-1/4	48-1/4	48-1/4	54-1/4	55-1/4	58-3/4
D Height of Leg	12	12	12	18	18	24	24	24
F Mounting Holes	34	41	48	58-1/2	65-1/2	58-1/2	65-1/2	65-1/2
G Mounting Holes	29-1/2	38-1/2	43-1/2	54-1/2	66-1/2	112-1/2	136-1/2	136-1/2
H Height of Housing	22	23	25	26	26	26	27	30-1/2
L Mounting Hole Dia.	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Inlet O.D. Tube (Single Circuit)	7/8	1-1/8	1-3/8	(2) 1-1/8	(2) 1-3/8	2-1/8	2-5/8	2-5/8
Outlet O.D. Tube (Single Circuit)	5/8	7/8	7/8	(2) 7/8	(2) 7/8	1-5/8	1-5/8	2-1/8
Shipping Weight	390	520	610	840	1,050	1,450	1,850	2,200
Number of Serpentine	18	22	26	32	36	32	36	/36

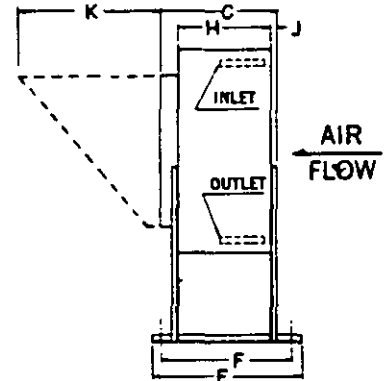
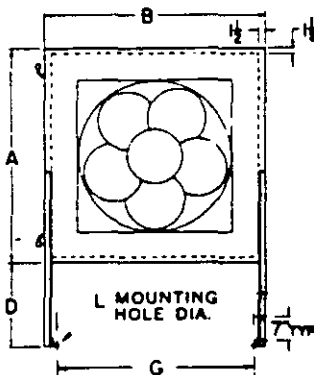
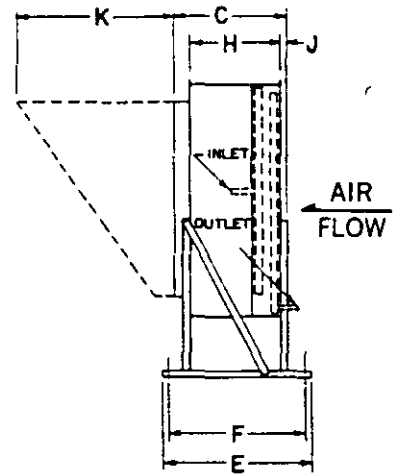
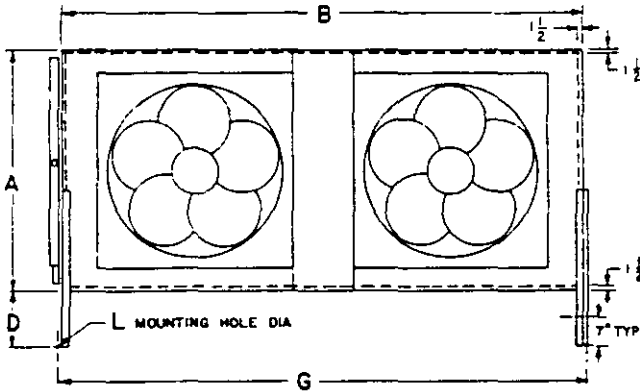
\* 120° Condensing, 40° Suction

\*\* Motor for DCU55 Unit is 230 - 115/60/1. All others are 430 - 220/60/3.

# RECOLD

## DC VERTICAL CONDENSERS

### DIMENSIONS AND SPECIFICATIONS



MODEL	DC-85	DC-85	DC-110	DC-168	DC-220	DC-330	DC-440	DC-660
Rating @ 30° TD* BTU/HR.	66,000	98,000	132,000	196,000	264,000	392,000	528,000	794,000
Rating @ 20° TD* BTU/HR.	45,000	67,000	90,000	134,000	180,000	268,000	360,000	536,000
Fan Size	24	30	36	42	48	(2) 42	(2) 48	(2) 48
Fan Speed	913	755	505	440	350	440	350	520
CFM	4,600	7,000	9,500	13,800	17,200	27,640	34,400	45,000
Motor HP*	1/2	3/4	1	1-1/2	1-1/2	3	3	5
A Overall Height	35-1/2	42-1/2	49-1/2	60	67	60	67	67
B Overall Length	36	45	50	61	73	119	143	143
C Overall Depth	26-1/4	27-1/4	29-3/4	32-1/4	32-1/4	32-1/4	33-1/4	36-3/4
Leg Length Minimum	4-1/4	4-1/4	4-1/4	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2	2-1/2
D (7" Spacing) Maximum	25-1/4	25-1/4	25-1/4	30-1/2	30-1/2	30-1/2	30-1/2	30-1/2
E Overall Base	29	30	32	34	34	34	35	36-1/2
F Mounting Holes	27-1/2	28-1/2	30-1/2	32	32	32	33	36-1/2
G Mounting Holes	31-1/2	40-1/2	45-1/2	55	67	121	145	145
H Depth of Housing	22	23	25	26	26	26	27	30-1/2
J Angle Iron Size	1-1/2	1-1/2	1-1/2	2	2	2	2	2
K Wind Deflector Extension	29-3/4	30-1/2	36-1/2	38-1/2	43-1/2	38-1/2	43-1/2	43-1/2
L Mounting Hole Dia.	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Inlet O.D. Tube (Single Circuit) †	7/8	1-1/8	1-3/8	(2) 1-1/8	(2) 1-3/8	2-1/8	2-5/8	2-5/8
Outlet O.D. Tube (Single Circuit) †	5/8	7/8	7/8	(2) 7/8	(2) 7/8	1-5/8	1-5/8	2-1/8
Shipping Weight	390	520	610	840	1,050	1,450	1,850	2,200
Number of Serpentine	18	22	26	32	36	32	36	36

\* 120° Condensing; 40° Suction

† Motor for DC85 Unit is 230-115 60 T. All others are 440-220 60 3.

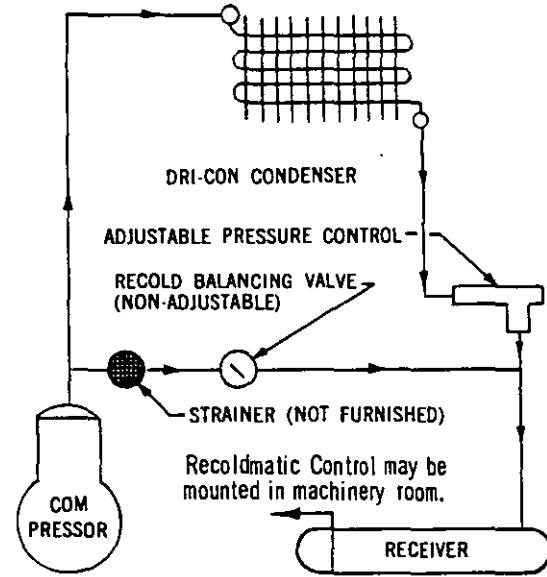
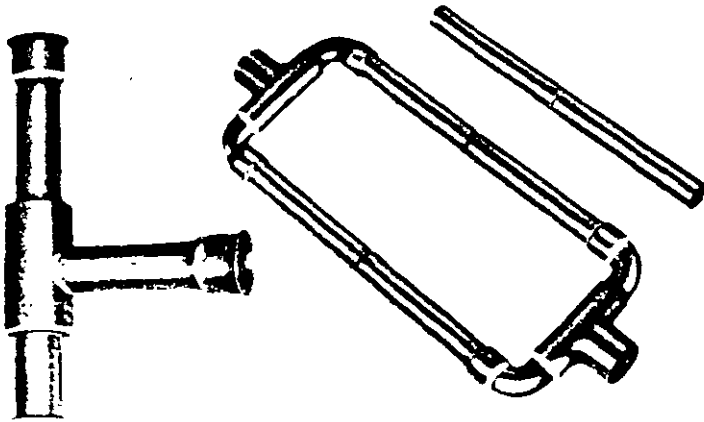
‡ Connections as shown above, are right hand looking with direction of air flow.

# RECOLD

# RECOLDMATIC

## Recoldmatic Control for Dri-Con Condensers

RECOLD "Recoldmatic" is a control system designed to be used with a Recold Dri-Con condenser during low ambient periods to prevent head pressures from dropping too low. There are two valves which are used. The adjustable control valve acts as a pilot for the system and may be adjusted to maintain a minimum head pressure. As the pressure drops below this minimum, the RECOLD balancing valve opens and gas will by-pass the air-cooled condenser, maintaining the minimum head pressure. For capacities larger than shown, two or more Recoldmatic controls may be used in parallel on one unit.



Recoldmatic Control — Installation Diagram

AMB AIR TEMP	RECOLDmatic CONTROL CAPACITIES (WATER LOADS)																
	MODEL W-1			MODEL W-2			MODEL W-3			MODEL W-1			MODEL W-2			MODEL W-3	
+40	146.000	258.000	348.000	138.000	238.000	330.000	117.000	184.500	279.000	167.500	167.500	259.000					
+20	146.000	181.000	348.000	138.000	167.500	330.000	117.000	149.500	259.000	108.500	117.000	239.000					
0	145.500	*	294.000	134.500	*	269.000	104.000	*	208.000	94.600	189.200	189.200					
-20	124.000	*	248.000	114.500	*	229.000	89.000	*	178.000	80.500	*	161.000					

AMB AIR TEMP	E V A P O R A T I N G T E M P E R A T U R E											
	+40°			+20°			0°			-20°		
	MODEL			MODEL			MODEL			MODEL		
+40	206.500	369.000	504.000	197.000	339.000	480.000	172.000	268.000	421.000	161.500	238.000	394.000
+20	206.500	259.000	504.000	197.000	237.000	474.000	172.000	188.000	376.000	161.500	167.000	334.000
0	206.500	208.000	416.000	190.000	*	380.000	151.000	*	302.000	134.500	*	269.000
-20	177.500	*	355.000	162.000	*	324.000	129.000	*	258.000	114.500	*	229.000

\* IN THIS RANGE W-2 CAPACITY NO GREATER THAN W-1 FOR COMPRESSOR LOADS GREATER THAN W-1 USE W-3

### RECOLDMATIC CONTROL CONNECTION SIZES

	ADJUSTABLE PRESSURE CONTROL	RECOLD BALANCING VALVE
W1	1-1/8 OD SWEAT, IN AND OUT	5/8 OD SWEAT, IN AND OUT
W2	1-3/8 OD SWEAT, IN AND OUT	5/8 OD SWEAT, IN AND OUT
W3	1-3/8 OD SWEAT, IN AND OUT	7/8 OD SWEAT, IN AND OUT

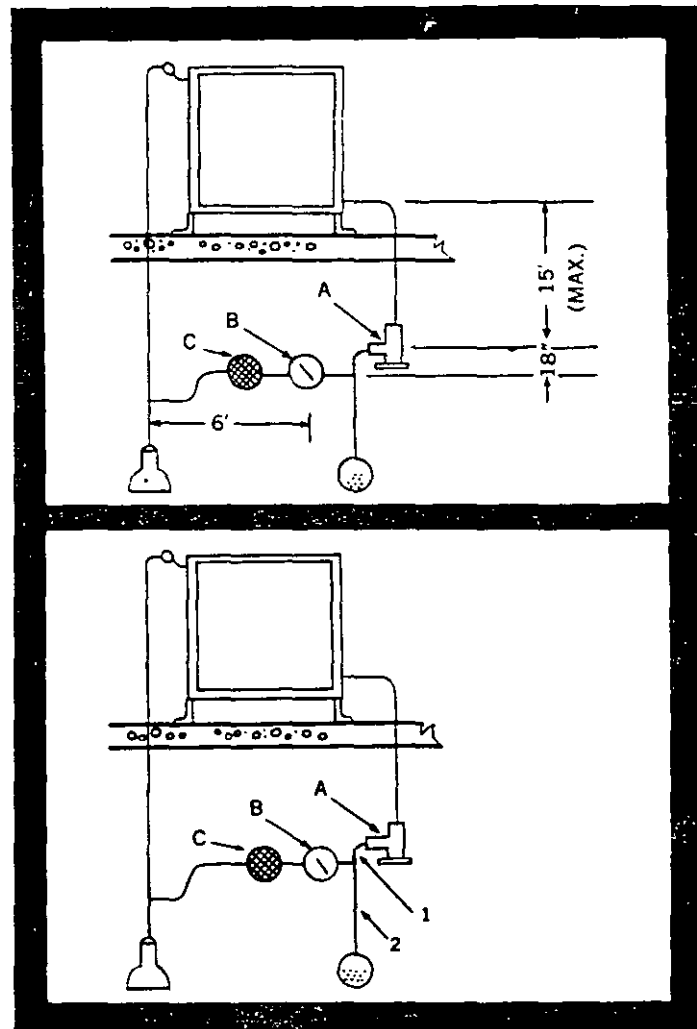
## INSTALLATION AND ADJUSTMENT OF RECOLDMATIC WINTER CONTROL

RECOLDMATIC will maintain a satisfactory receiver pressure during cold weather when adjusted according to these instructions.

### INSTALLATION

The control consists of an adjustable control valve (A) and a non-adjustable by-pass valve (B), both of which can usually be mounted in the compressor room.

1. Install a by-pass between the discharge line and the condenser drain line with approximately 6 ft. of tubing between the discharge line and the by-pass valve (B). The by-pass line should join the condenser drain line not more than 18" below valve (A). Strainer (C) should be installed ahead of valve (B). Strainer by others.
2. Valve (A) must not be more than 15 ft. below the condenser. For convenience of adjustment, install valve (A) in the compressor room when possible.



### ADJUSTMENT

1. Adjustment must be made while ambient air is below 80°F.
2. Adjust valve (A) counter clockwise several turns until spring tension is relieved (wide open).
3. Warm the condenser, by restricting the air, until the discharge pressure is the equivalent of 100°F, (117 PSI with R-12) or (198 PSI with R-22).
4. Close valve (A) by turning clockwise slowly until some discharge gas bypasses through valve (B) causing the condenser drain to become warmer at Point (2) than at Point (1). Note: This may increase the discharge pressure slightly.
5. Open valve (A) by turning counter clockwise  $\frac{1}{4}$  turn at a time until valve (B) closes and the condenser drain line temperatures at Point (1) and (2) become the same. Discharge pressure now should be equivalent to 100°F. (117 PSI, R-12) (198 PSI R-22).
6. To check: Remove the air restriction. The discharge pressure will now drop. When the pressure drops to 100 PSI (R-12) or 170 PSI (R-22), valve (B) should open and Point (2) should become warmer than Point (1).

# RECOLD RECOLDMATIC

## DETERMINING ADDITIONAL REFRIGERANT AND RECEIVER CAPACITY NECESSARY FOR AIR-COOLED CONDENSER SYSTEMS USING A BYPASS TYPE OF WINTER CONTROL

The chart on the opposite page is specifically intended for use with RECOLD DRICON condensers; however, it can be used as a guide in estimating the refrigerant and receiver capacity required for any remote type air-cooled condenser system using a bypass type of winter control.

### PROCEDURE

1. Enter the chart from the lowest winter ambient expected, in the column under the desired winter condensing temperature.
2. Proceed to the curve representing the "TD" at which the condenser was selected for summer operation.
3. From this intersection proceed:
  - a. Upward to determine the additional pounds of refrigerant needed in the system for winter operation.
  - b. Downward to determine the additional receiver capacity needed to hold this refrigerant during summer operation.

### EXAMPLE:

Summer design 95° dry bulb, 115° condensing (20° TD) condenser, DC-165.

Winter condensing, 90°F

Winter ambient, -10°F

*SOLUTION: Additional refrigerant: 96 lbs. (R-12) or 87 lbs. (R-22)*

*Additional receiver capacity: 1.2 cu. ft.*

**APPROXIMATE OPERATING CHARGE, 105° CONDENSING  
 SUMMER DESIGN CONDITIONS  
 R-12 or R-22 (lbs.)**

MODEL	DC55	DC85	DC110	DC165	DC220	DC330	DC440	DC660
OPER. CHARGE	5.5	8.3	11.0	16.0	22.0	32.0	44.0	66.0

# RECOLD

# RECOLDMATIC

### ADDITIONAL LBS REFRIGERANT REQUIRED FOR WINTER CONTROL

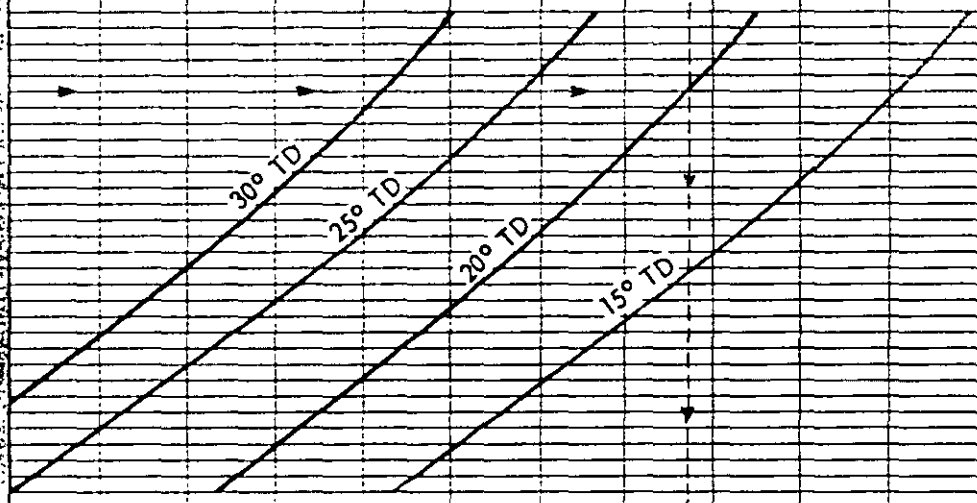
DC-660	R-22	280			300			380			
	R-12			300			380			400	
DC-440	R-22				200						250
	R-12			200				280			
DC-330	R-22	120	130	140	150	150	170		180		
	R-12	130	140	150	160	170	180	190		200	
DC-220	R-22	80	90		100		110		120		140
	R-12	90		100		110		120		130	
DC-165	R-22	60	65	70	75	80	85		90		
	R-12	65	70	75	80	85	90	95		100	
DC-110	R-22	40		45		50		55			60
	R-12	45		50		55		60		65	
DC-85	R-22	30			35			40			45
	R-12		35		40			45			50
DC-55	R-22		20			25					30
	R-12	20			25			30			

### DESIRED WINTER CONDENSING

90    95    100

### WINTER AMBIENT

-20°	-15°	-10°
-10°	-5°	0°
0°	5°	10°
10°	15°	20°
20°	25°	30°
30°	35°	40°
40°	45°	50°



### ADDITIONAL RECEIVER CAPACITY (ST.) REQUIRED FOR WINTER CONTROL

DC-55			.30			.55			.40	
DC-85		.40	.45	.50		.55		.60		
DC-110		.55	.60	.65	.70	.75		.80		.85
DC-165		.80	.90	1.00		1.10		1.20		
DC-220		1.10	1.20	1.30	1.40	1.50		1.60		1.70
DC-330		1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40
DC-440			2.50			3.00				3.50
DC-660			3.80	4.00		4.80			5.00	



# AHDC AIR COOLED CONDENSERS

The AHDC Condensers are designed with forward curved fan sections. These units are quieter than units using the impeller type fans and can be selected and installed with duct systems. They are designed for outdoor service.

Conditions — 95° DB, 115° Condensing, 40° Evaporating, 20° TD and 750 FPM Face Velocity.

TABLE 1

CFM		5250	7500	10500	15000	21000	30000	43500	
ROWS	4	TONS H.P.*	4.0 1½	5.7 2	8.0 3	11.4 5	16.0 5	22.8 7½	32.9 10
	6	TONS H.P.*	5.2 1½	7.4 3	10.4 3	14.8 5	20.8 7½	29.6 10	42.7 15
	8	TONS H.P.*	6.0 2	8.6 3	12.0 3	17.2 5	24.0 7½	34.4 10	49.7 15
	10	TONS H.P.*	6.6 2	9.5 5	13.2 5	19.0 5	26.4 7½	38.0 10	54.8 15

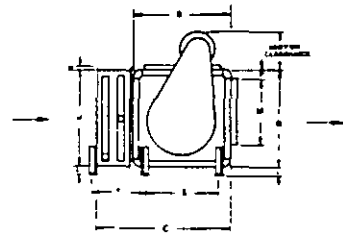
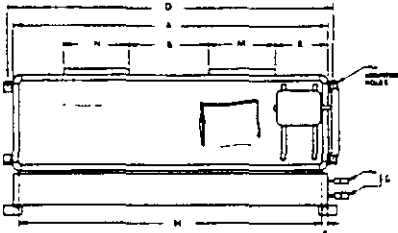
\* Blower Motor Size Required.  
 \*\* For other "td" multiply tons in table 1 by  $\frac{td}{20}$

TABLE 2 Capacity Multiplier (Table 1) for other face velocities.

MULTIPLIER	.77	.87	.96	1.0	1.04	1.18	1.30
------------	-----	-----	-----	-----	------	------	------

TABLE 3 Capacity Multiplier (Table 1) for other conditions.

EVAP. TEMP.		40°	20°	0°	120°	140°
COND. TEMP.	100°	.79	.85	.92	.98	1.03
	110°	.76	.83	.88	.95	1.01
	115°	.74	.82	.87	.94	1.00
	120°	.72	.80	.86	.92	.98
	130°	.70	.77	.83	.89	.96



Model	42	26½	34½	38	41½	43½	24½	14%	19%	22%	1	40	25½	1	2½	18%	—	1	13%	—	1/2
AH-70	42	26½	34½	38	41½	43½	24½	14%	19%	22%	1	40	25½	1	2½	18%	—	1	13%	—	1/2
AH-100	68	23	31	34½	38	69½	21	12%	16½	19%	1	66	22	1	2½	15%	15%	1	11%	13%	1/2
AH-140	82½	28½	37%	41½	44%	85½	23	13	16½	20	2½	79	25½	1½	3	18%	18%	2½	11½	22	7/8
AH-200	103½	32%	41%	45%	48%	106%	26½	13%	16%	20%	3	100	29	1½	2½	22½	22½	2½	14%	28½	7/8
AH-280	115½	39%	48%	51%	55%	118%	33	13%	16%	20%	3	112	36	1½	2½	25%	25%	2½	16	32	7/8
AH-400	137½	47%	56½	60	63½	140½	41%	13%	16%	20%	3	134	43	1½	2½	30%	30%	2½	19%	36	7/8
AH-580	147½	57%	70%	73%	77%	150½	51	17	20%	24	3	144	58	1½	2½	38%	38%	2½	17%	35	7/8

BULLETIN C-501

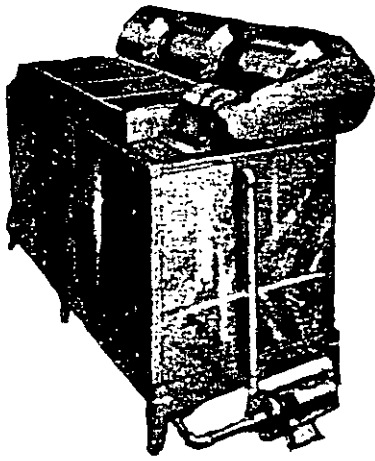
HORSEPOWER	1	1½	2	3	5	7½	10	15	20	25
NEMA FRAME SIZE	182	184	184	213	215	154U	256U	284U	286U	324U
MAXIMUM CLEARANCE	12½	12½	12½	14	14	16	16	17½	17½	19%



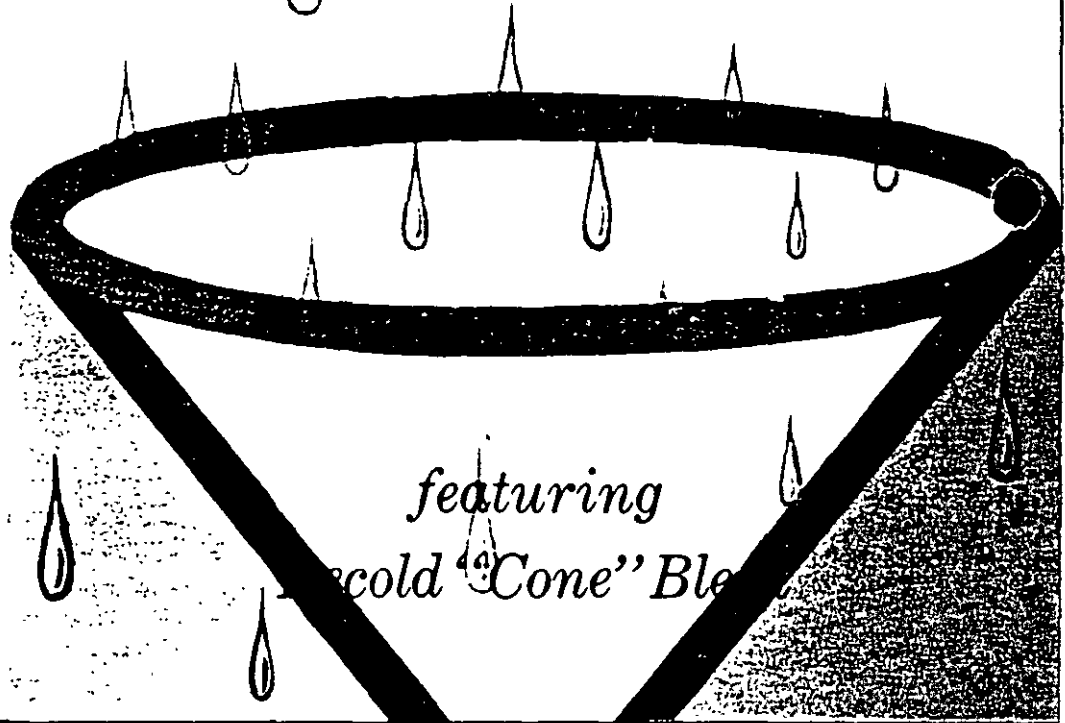
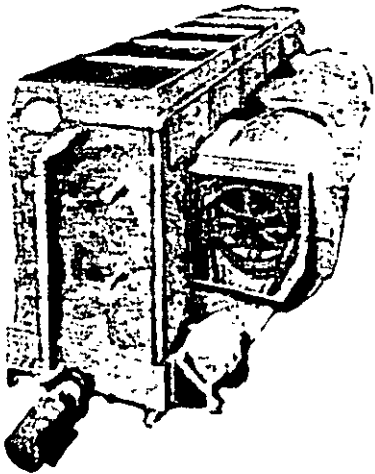
RECOLD®

CORPORATION  
 7250 East Slauson Avenue, Los Angeles 22, California





# DRI-FAN EVAPORATIVE CONDENSERS



*featuring*

*Recold "Cone" Bleed-off*

# RECOLD

**RECOLD**

# DRI-FAN Evaporative Condensers

Dri-Fan rugged construction for heavy-duty work

Shown below are a few of the outstanding features of the type of construction which makes "Dri-Fan" the outstanding evaporative condenser, and indicates why it is being specified over and over again.

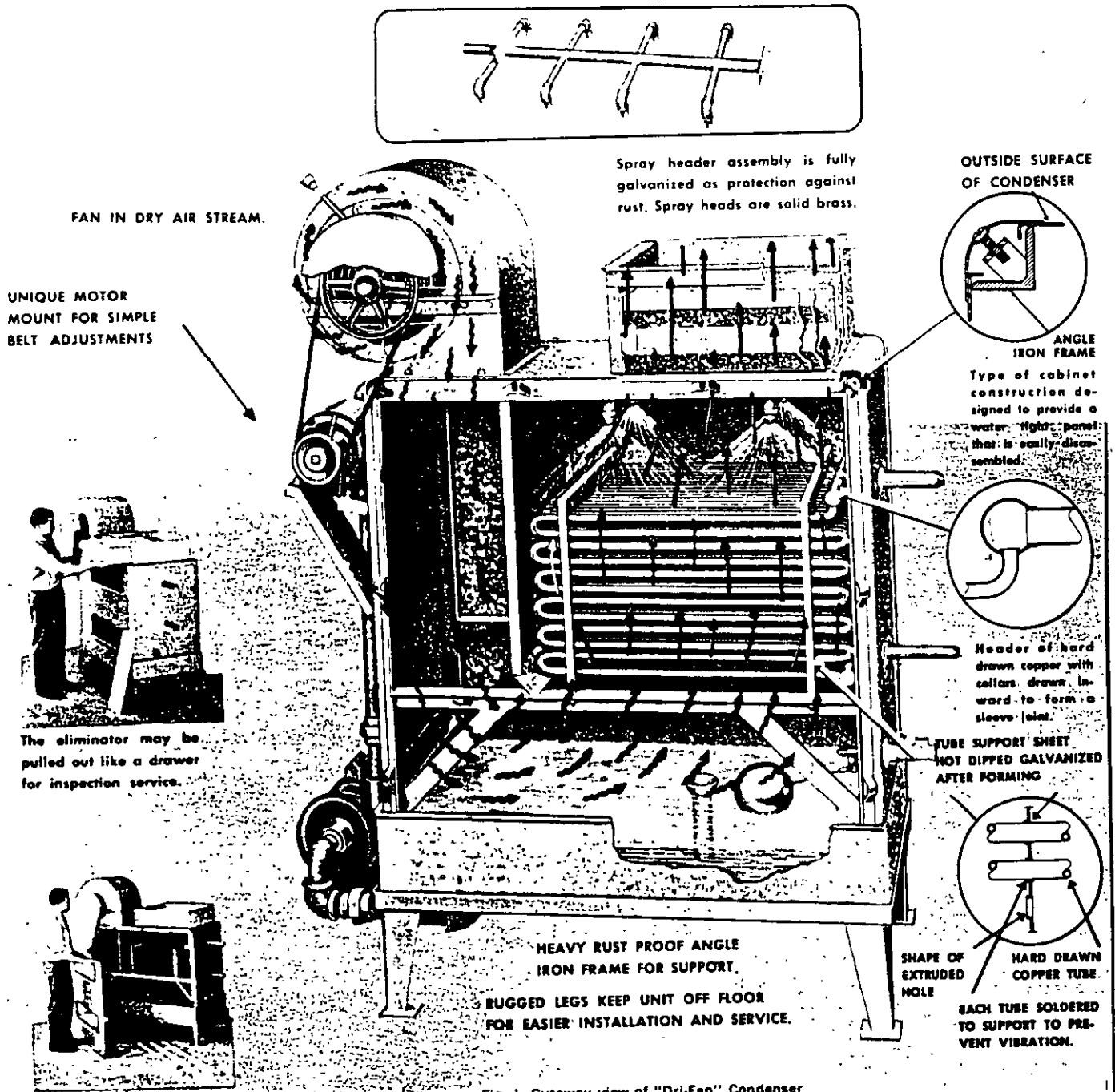


Fig. 1. Cutaway view of "Dri-Fan" Condenser

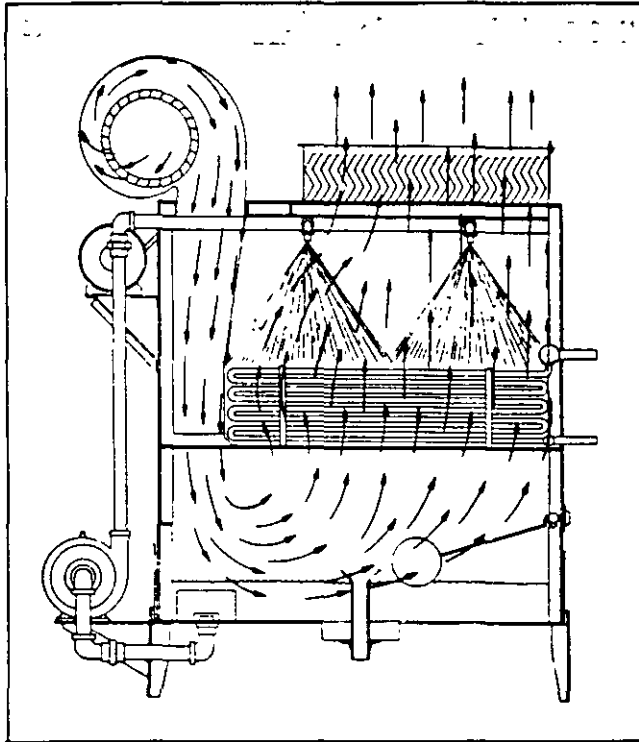


Fig. 2. Recold "Dri-Fan" Evaporative Condenser (Patented)

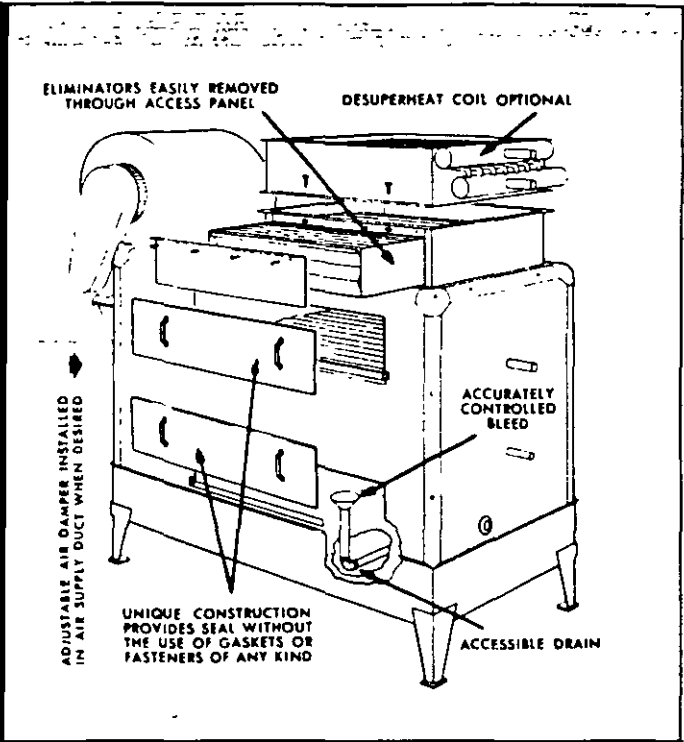


Fig. 3. Built for easy servicing

## DRI-FAN FOR LONG LIFE

RECOLD has pioneered the blow through forced draft principal on evaporative condensers, in which the fan is located in the supply air stream. This assures long life as the fan, shaft, and bearings remain dry and are not subjected to the highly saturated air leaving the condenser as in conventional units.

The dry air is forced through a duct and then distributed evenly over the tube bundle and spray section passing through an efficient drift eliminator. This design eliminates corrosion, deterioration and scaling of the fan and thereby increases the life of the condenser far beyond those of conventional draw through type.

Other outstanding features such as rugged construction, automatic bleed, and leak proof access doors make RECOLD "Dry-Fan" the quality evaporative condenser. RECOLD Condensers are made with copper coils (DFC) for R-12, R-22; and with steel coils (DFCA, DF-A) for R-12, R-22 and Ammonia.

### SERVICEABILITY

RECOLD'S "Dri-Fan" Condenser was designed to make every serviceable part accessible. Large access doors placed strategically so that overflow, drain, float valve and spray nozzles are easily reached. Eliminator section can be easily removed without disturbing any external ductwork.



# DRI-FAN Exclusive Features

Patented Features Found Only in RECOLD

Patent Nos. 2822110, 2680599, 2680667

## BLEED FUNNEL

One of the real problems in evaporative condensers is the corrosion and scale deposit caused by the minerals in water. As a portion of water evaporates during the cooling process, mineral deposits are left behind and soon a mineral concentration takes place. In order to eliminate this concentration RECOLD "Dri-Fan" Condenser continually bleeds off a small amount of water. This is done by a patented bleed funnel engineered to catch just the correct amount of sprayed water and drain it while the condenser is in operation. This eliminates small bleed tubes or expensive valves which clog up and cause trouble.

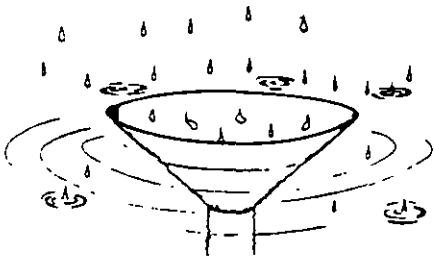


Fig. 4. Patented bleed funnel bleeding precise amount of water.

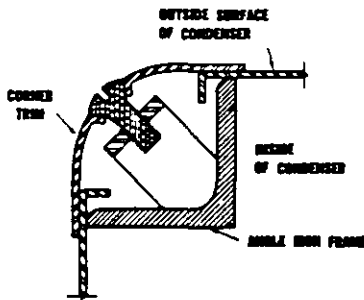


Fig. 5. Patented Corner Construction

## EXCLUSIVE CORNER CONSTRUCTION

RECOLD's exclusive, patented corner construction is used on "Dri-Fan" Evaporative Condensers and provides unequaled accessibility—being quickly disassembled and easily reassembled using only a screwdriver.

Besides accessibility, the exclusive corner construction assures a watertight and airtight seal, as well as providing a bonus appearance feature with its smoothly rounded edges.

## ACCESS DOOR SEAL

RECOLD patented access doors provide large access areas to serviceable parts such as float valves and spray nozzles. Yet provide a complete air and water tight seal without use of gaskets or fasteners which have to be constantly replaced.

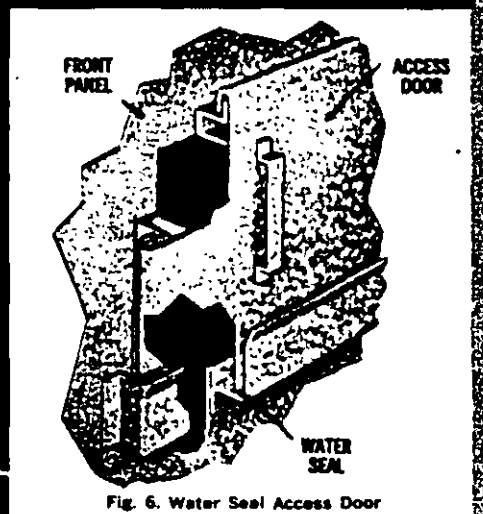
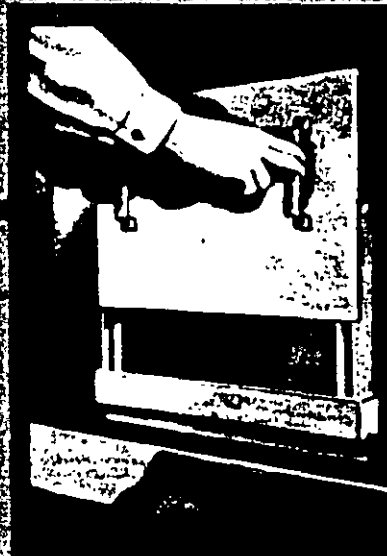


Fig. 6. Water Seal Access Door

The unique construction of these doors is shown in Fig. 6. The door engages a specially formed channel on top and sides and slides into a trough of water at the bottom edge. This forms a water seal strong enough to prevent any leakage when unit is operating.



# RECOLD SELECTION METHODS

## NOMINAL RATINGS

The nominal ratings on this page, shows the total heat rejection of the condensers for the Freon refrigerants at 105° condensing, 40° suction, and 78° wet bulb.

The nominal ratings for Ammonia are for 96.3° condensing, 20° refrigerant and 78° wet bulb. The nominal ratings are shown with and without desuperheat coils.

For other conditions, the tables on the following pages are arranged for easy condenser selection.

## SELECTION TABLES FREON REFRIGERANTS

Because the heat rejection load of a condenser exceeds the actual (evaporator requirements) load by the heat of compression, it is necessary to apply factors to compensate for same to determine the total heat which a condenser must reject. For refrigerants F-12 and F-22 this is accomplished by using the following table.

Select the evaporating temperature which will be

used in the system along the top line in the table. Read down to the factor associated with the refrigerant being used (F-12 or F-22) and the particular line which indicates whether or not a desuper-heat coil is being used. Select the factor and multiply the refrigeration load by it. This will give the net refrigeration load which is the figure to use in the tables for condenser selection.

EVAPORATING TEMPERATURE °F.	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
<b>LOAD MULTIPLIER</b>	1.27	1.22	1.17	1.13	1.09	1.06	1.03	1.00	.98
With Desuperheat - Air Cond	—	—	—	—	—	—	.957	.930	.910
With Desuperheat - Commercial	—	—	—	1.02	.980	.954	—	—	—
With Desuperheat - Low Temp	1.12	1.08	1.03	—	—	—	—	—	—
<b>LOAD MULTIPLIER</b>	1.22	1.17	1.12	1.08	1.05	1.02	.99	.96	.94
With Desuperheat - Air Cond.	—	—	—	—	—	—	.910	.884	.865
With Desuperheat - Commercial	—	—	—	.950	.924	.896	—	—	—
With Desuperheat - Low Temp.	1.05	1.01	.963	—	—	—	—	—	—

Table 6

If the condenser to be used is to have a copper tube bundle, use table 9. If the condenser is to have a steel tube bundle use table 10 and proceed as follows. Select the group of figures which is associated with the condensing temperature. On the left side of the figure group, select the design wet bulb temperature. Then move laterally to the right until you find the

total heat rejection load which you have selected and read up to the top of the table to select the size of the condenser which will do the job. For particular details of the condenser such as fan horsepower required at various static pressures, the CFM of the condenser, the pump G.P.M. and the pump horsepower refer to page 8.

## SELECTION OF AMMONIA CONDENSERS

Follow the same general procedure as described for Freon condensers, but use the following table to select the multiplier which will compensate for the heat of compression. Select the condensing temperature and read down to the multiplier which will give you the correct multiplier. If coils are available that ammonia condensers be used with desuperheat coils

and with a Receiver in the system located in the system between the desuperheat coil and the condenser. Obtain the heat pipe to locate the oil separator and the receiver. The multiplier is the multiplier which will give you the correct multiplier. If coils are available that ammonia condensers be used with desuperheat coils

### LOAD MULTIPLIERS - AMMONIA CONDENSERS

EVAPORATING TEMP. °F.	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
SUCTION PRESSURE LBS.	1.6*	3.0	9.0	15.7	23.8	33.5	45.0	58.6
LOAD MULTIPLIER	1.20	1.15	1.11	1.07	1.03	1.00	.980	.950
With Desuperheat - Air Cond.	-	-	-	-	-	-	.883	.855
With Desuperheat - Commercial	-	-	-	.920	.885	.860	-	-
With Desuperheat - Low Temp	.996	.955	.921	-	-	-	-	-

## EVAPORATIVE CONDENSER RATINGS at Reduced Fan Horsepower

The ratings of condensers shown in the tables are based on the fan horsepower values shown in table 8d. If the fan horsepower is reduced, the change in capacity is shown. If the small rise in the condens-

ing temperature is acceptable, then the condenser can be selected at the full rating with the reduced fan horsepower. Overall economics generally suggest the use of the fan horsepower suggested as standard by RECOLD as this motor provides maximum performance at the selected condensing temperature.

### EVAPORATIVE CONDENSER RATING AT REDUCED FAN HORSEPOWER

CATALOG H. P.					% CATALOG		Rise of Condensing Temperature at Full Rating with Reduced H. P. Fans	
20	15	10	7.5	5	CFM	BTUH	FREON	AMMONIA
REDUCED H. P.								
15		7.5			91	95	1.3*	.9*
	10		5	3	87	93	1.8*	1.3*
10	7.5	5			83	90	2.6*	1.9*
7.5	5		3	2	72	85	4.2*	3.0*

Table 7b



# Nominal Ratings of Condensers

WITH AND WITHOUT DESUPERHEAT COIL

## COPPER COILS

REFRIGERANT R-12 AND REFRIGERANT R-22 AT 200° CONDENSING AND REFRIGERANT R-12 AT 150°															
MODEL NO.		DFC 205	DFC 215	DFC 225	DFC 235	DFC 245	DFC 255	DFC 265	DFC 275	DFC 285	DFC 295	DFC 305	DFC 315	DFC 335	DFC 355
WITHOUT DESUPERHEAT	R 12	5.2	7.6	11.1	14.7	18.4	22.2	29.3	37.1	44.3	58.4	72.9	93.5	124	156
	R 22	5.4	7.9	11.5	15.3	19.1	23.1	30.5	38.6	46.1	60.7	75.8	97.2	129	166
WITH DESUPERHEAT	R 12	5.5	8.3	12.0	15.8	19.7	23.9	31.6	39.8	47.6	62.9	78.3	101	134	167
	R 22	5.7	8.6	12.5	16.4	20.5	24.9	32.9	41.4	49.5	65.4	81.4	105	139	174

Table 8a

## STEEL COILS

REFRIGERANT R-12 AND REFRIGERANT R-22 AT 200° CONDENSING AND REFRIGERANT R-12 AT 150°																	
MODEL NO.		DFC 215A	DFC 225A	DFC 235A	DFC 245A	DFC 255A	DFC 265A	DFC 275A	DFC 285A	DFC 295A	DFC 305A	DFC 315A	DFC 335A	DF 355A	DF *375A	DF 395A	DF 415A
WITHOUT DESUPERHEAT	R 12	6.6	9.7	13.2	16.7	19.7	26.3	33.0	39.4	52.1	65.0	77.9	105	—	—	—	—
	R 22	6.9	10.1	13.7	17.4	20.5	27.4	34.3	41.0	54.2	67.6	81.0	109	133	166	197	247
WITH DESUPERHEAT	R 12	7.2	10.5	14.2	18.0	21.2	28.3	35.5	42.5	56.1	70.0	83.8	112	—	—	—	—
	R 22	7.5	10.9	14.8	18.7	22.0	29.4	36.9	44.2	58.3	72.8	87.2	117	143	179	212	265

Table 8b

\*Note: DF375A, 395A and 415A not available for F12 except on special order.

## AMMONIA



REFRIGERANT R-12 AND REFRIGERANT R-22 AT 200° CONDENSING AND REFRIGERANT R-12 AT 150°																	
MODEL NO.		DFC 215A	DFC 225A	DFC 235A	DFC 245A	DFC 255A	DFC 265A	DFC 275A	DFC 285A	DFC 295A	DFC 305A	DFC 315A	DFC 335A	DF 355A	DF 375A	DF 395A	DF 415A
WITHOUT DESUPERHEAT		4.5	6.7	9.1	11.6	13.6	18.2	22.8	27.3	35.6	44.8	53.7	71.7	97.8	123	146	181
WITH DESUPERHEAT		5.3	7.8	10.7	13.4	15.7	21.1	26.4	31.6	47.7	51.9	62.3	83.7	114	142	169	210

Table 8c

For higher capacity duplex condensers see page 17

REFRIGERANT R-12 AND REFRIGERANT R-22 AT 200° CONDENSING AND REFRIGERANT R-12 AT 150°																			
Model No.		DFC 205	DFC DFCA 215*	DFC DFCA 225	DFC DFCA 235	DFC DFCA 245	DFC DFCA 255	DFC DFCA 265	DFC DFCA 275	DFC DFCA 285	DFC DFCA 295	DFC DFCA 305	DFC DFCA 315	DFC DFCA 335	DF 355A	DF 375A	DF 395A	DF 415A	
Air Volume—Cu. Ft. Per Min.		1000	1500	2250	3000	3600	4500	6000	7500	9000	12000	14100	16500	22000	28200	30800	38300	45700	56000
Number and Size of Fans		1-10	1-10	1-12	1-12	1-15	1-15	2-12	2-15	2-15	2-18	3-15	3-18	3-21	3-25	2-28	2-30	3-28	3-30
0 Motor H.P.		¼"	½"	½"	¾"	¾"	1"	1½"	2"	3"	5"	5"	7½"	7½"	10"	10"	15"	15"	20"
¼ Motor H.P.		¼"	½"	¾"	1"	1"	1½"	2"	3"	5"	7½"	7½"	10"	10"	15"	15"	15"	15"	20"
½ Motor H.P.		¼"	½"	¾"	1"	1"	1½"	2"	3"	5"	7½"	7½"	10"	10"	15"	15"	15"	15"	20"
¾ Motor H.P.		¼"	½"	¾"	1"	1"	1½"	2"	3"	5"	7½"	7½"	10"	10"	15"	15"	15"	15"	20"
Water Pump—G.P.M.		8	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100	120	160	200	252	252	380	380
Pump Horsepower		½	½	½	½	½	½	½	½	½	¾	1	1½	1½	2	2	3	3	3

Table 8d

\*Condenser with desuperheat coil and free discharge should use H.P. shown for ¼" external static. For condenser ratings with reduced fan horsepowers see Page 7.



# REFRIGERANT 12 AND REFRIGERANT 22-DFC SERIES-COPPER COILS

## LOAD MULTIPLIERS

EVAPORATING TEMPERATURE °F		30	20	10	0	10	20	30	40	50
R-12	LOAD MULTIPLIER	1.27	1.22	1.17	1.13	1.09	1.06	1.03	1.00	.98
	With Desuperheat - Air Cond	—	—	—	—	—	—	.957	.930	.910
	With Desuperheat - Commercial	—	—	—	1.02	.980	.954	—	—	—
	With Desuperheat - Low Temp.	1.12	1.08	1.03	—	—	—	—	—	—
R-22	LOAD MULTIPLIER	1.22	1.17	1.12	1.08	1.05	1.02	.99	.96	.94
	With Desuperheat - Air Cond	—	—	—	—	—	—	.910	.884	.865
	With Desuperheat - Commercial	—	—	—	.950	.924	.896	—	—	—
	With Desuperheat - Low Temp.	1.05	1.01	.963	—	—	—	—	—	—

Wet Bulb °F.	DFC 205	DFC 215	DFC 225	DFC 235	DFC 245	DFC 255	DFC 265	DFC 275	DFC 285	DFC 295	DFC 305	DFC 315	DFC 335	DFC 355
--------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

62	65.3	97.5	142	190	235	281	374	472	588	748	930	1200	1600	2000
64	62.0	92.6	135	180	223	267	357	448	537	710	883	1140	1510	1890
66	58.7	87.6	128	170	211	252	347	425	509	673	835	1070	1430	1790
68	55.3	82.4	120	160	198	238	317	400	479	633	787	1010	1350	1690
70	51.8	77.3	113	150	186	223	296	374	448	593	736	943	1260	1580
72	48.2	71.9	105	140	173	207	277	348	417	552	686	880	1170	1470
74	44.5	66.3	96.5	129	160	191	255	321	384	509	632	809	1080	1360
76	40.6	60.5	88.2	118	145	174	233	293	351	465	578	740	990	1240
78	33.7	54.6	79.5	106	131	158	209	264	317	420	522	667	890	1120
80	32.6	48.6	70.7	94.1	117	140	186	236	282	373	464	593	800	990

64	73.4	110	160	213	263	317	421	531	634	840	1050	1350	1790	2240
66	70.0	105	152	203	250	302	401	505	603	799	994	1280	1710	2130
68	66.5	98.9	144	193	238	286	380	480	574	759	944	1210	1620	2030
70	62.9	93.5	137	182	225	271	360	453	542	719	892	1150	1530	1920
72	59.1	88.0	129	172	212	254	338	427	510	675	840	1080	1450	1800
74	55.3	82.3	120	160	198	239	316	400	477	631	785	1010	1350	1690
76	51.4	76.6	111	149	184	222	294	371	444	588	731	935	1250	1580
78	47.5	70.7	103	138	169	205	272	342	410	542	674	863	1160	1460
80	43.5	64.7	94.3	126	157	187	249	314	376	497	618	790	1060	1320
82	39.4	58.7	85.5	114	137	170	226	284	340	450	559	718	960	1200

66	83.4	125	182	241	299	361	478	603	721	955	1230	1530	2030	2550
68	80.0	119	174	231	286	346	458	578	691	915	1170	1460	1950	2440
70	76.5	115	166	220	273	330	438	553	660	875	1080	1400	1860	2330
72	72.9	109	158	211	260	315	416	526	636	833	1040	1320	1780	2220
74	69.1	103	150	200	248	300	395	499	598	791	982	1260	1690	2110
76	65.2	97.2	142	189	233	282	373	471	564	746	927	1190	1590	1980
78	61.4	91.5	133	178	219	266	351	444	531	702	872	1130	1500	1870
80	57.4	85.5	124	165	205	249	328	415	497	657	816	1050	1400	1750
82	53.4	80.0	116	154	190	231	305	385	461	611	758	971	1300	1620
84	49.3	73.5	107	142	176	214	282	356	426	565	670	897	1200	1500

66	94.6	141	206	273	339	410	552	685	819	1090	1350	1730	2300	2890
68	91.5	136	198	263	328	395	534	662	791	1050	1290	1670	2230	2790
70	88.3	131	191	254	316	381	516	638	764	1010	1250	1610	2150	2690
72	85.0	126	185	246	304	368	498	614	735	973	1200	1560	2070	2590
74	81.6	121	177	235	292	352	478	590	706	933	1160	1490	1980	2480
76	78.0	116	169	225	280	337	447	565	675	893	1100	1420	1900	2380
78	74.4	110	162	215	266	322	426	538	644	852	1050	1360	1810	2270
80	70.7	105	153	204	253	305	404	511	611	809	996	1290	1720	2150
82	66.8	98.8	146	193	239	289	382	483	578	765	942	1210	1630	2040
84	62.9	93.0	137	180	224	272	360	455	544	720	886	1150	1530	1920

		CONDENSING TEMPERATURE													
66	109	162	237	314	392	470	623	786	939	1250	1550	2000	2640	3320	
68	106	157	229	304	380	456	603	762	911	1200	1500	1920	2570	3210	
70	103	151	222	294	367	442	585	737	883	1170	1460	1860	2490	3110	
72	98.8	147	215	285	356	428	566	713	854	1130	1410	1800	2400	3010	
74	95.4	141	207	275	344	413	546	689	824	1090	1360	1740	2330	2910	
76	91.9	137	200	264	332	398	525	664	794	1050	1310	1680	2240	2800	
78	88.4	131	192	254	318	382	505	638	764	1010	1260	1610	2150	2690	
80	84.7	126	184	245	304	367	484	612	732	966	1200	1540	2060	2580	
82	81.0	120	176	234	290	350	464	584	700	923	1160	1480	1970	2470	
84	77.2	115	168	222	277	334	442	557	667	880	1100	1410	1870	2350	

## REFRIGERANT 12 AND REFRIGERANT 22 — DFCA AND DF-A — STEEL COILS

The DFCA and DF-A series Dri-Fan Evaporative Condensers, with steel tube bundles, may be used with Refrigerants 12 and 22.

R-12 and R-22 ratings for these condensers are shown in Table 10 below. Load multipliers are the same as those in Table 6 and proceed as described on Page 6.

### SELECTION TABLE

Net Refrigeration Load in 1000's BTU (000 Omitted) — For Tons Divide by 12

Wet Bulb °F.	DFC 215A	DFC 225A	DFC 235A	DFC 245A	DFC 255A	DFC 265A	DFC 275A	DFC 285A	DFC 295A	DFC 305A	DFC 315A	DFC 335A	DF 355A	DF 375A	DF 395A	DF 415A
COOLING TEMPERATURE																
62	84.3	124	170	215	250	337	422	506	667	833	999	1340	1630	2040	2410	3040
64	80.0	116	161	205	238	319	401	480	633	791	948	1270	1540	1940	2290	2890
66	75.7	112	152	193	225	302	382	455	599	748	895	1200	1470	1840	2170	2740
68	71.2	104	143	182	212	284	357	428	564	706	842	1140	1380	1730	2040	2570
70	66.8	97.3	132	171	198	267	335	401	528	659	789	1060	1290	1620	1910	2400
72	62.1	90.7	126	159	185	249	311	373	491	614	736	985	1200	1510	1790	2250
74	57.2	83.6	116	147	170	229	288	343	454	566	677	909	1120	1390	1640	2060
76	52.3	76.3	106	134	156	209	262	314	414	517	619	830	1020	1270	1500	1930
78	47.1	68.9	94.6	120	141	189	236	283	373	468	558	748	913	1150	1360	1710
80	42.0	61.3	84.1	107	125	168	211	252	333	415	497	666	811	1020	1200	1480
64	94.5	139	191	242	283	378	473	567	747	934	1130	1500	1830	2290	2710	3410
66	90.0	132	181	230	269	360	451	539	712	890	1070	1430	1740	2170	2570	3240
68	85.5	126	172	219	256	341	428	513	677	846	1020	1370	1650	2060	2450	3070
70	80.8	119	163	206	241	324	405	484	641	800	956	1290	1570	1950	2310	2910
72	76.1	110	153	194	227	304	381	456	601	753	899	1210	1470	1840	2170	2740
74	71.0	104	143	182	212	284	356	426	563	703	841	1140	1380	1720	2030	2580
76	66.2	96.3	134	169	197	264	330	396	524	655	783	1050	1280	1600	1900	2380
78	61.1	89.7	122	157	183	244	306	367	482	603	726	968	1180	1480	1740	2200
80	55.9	81.8	113	143	167	224	281	336	443	554	612	884	1080	1360	1600	2020
82	50.6	74.1	102	130	151	203	253	304	401	501	600	806	977	1230	1460	1830
66	107	158	216	274	322	429	548	645	851	1070	1280	1710	2080	2610	3080	3880
68	103	151	207	263	308	415	516	618	816	1020	1230	1640	2000	2490	2950	3710
70	98.8	145	197	251	295	394	493	590	779	972	1170	1570	1910	2380	2820	3550
72	93.7	138	189	239	281	374	470	563	742	927	1120	1490	1820	2270	2690	3380
74	88.9	130	178	228	268	356	446	523	706	879	1060	1410	1720	2160	2560	3210
76	84.0	123	169	214	251	339	421	504	665	830	993	1340	1630	2040	2410	3030
78	79.0	116	159	202	237	316	396	475	626	781	934	1260	1530	1920	2270	2850
80	73.9	108	148	189	223	294	371	444	586	731	875	1180	1430	1630	2150	2670
82	68.8	101	138	175	206	274	345	413	545	679	812	1090	1340	1670	1970	2480
84	63.5	92.7	127	162	191	253	317	381	503	627	751	1010	1240	1540	1820	2290
66	121	179	245	312	366	487	611	732	966	1210	1450	1940	2360	2950	3490	4400
68	117	172	235	302	352	470	590	708	933	1170	1400	1870	2270	2840	3360	4240
70	113	167	228	290	340	454	570	682	900	1130	1360	1810	2190	2740	3250	4100
72	109	161	219	280	328	437	548	657	867	1080	1300	1740	2120	2640	3130	3940
74	105	154	209	269	314	420	526	631	832	1030	1250	1680	2030	2530	3000	3790
76	100	148	201	257	300	402	504	603	796	986	1190	1600	1940	2420	2860	3620
78	95.1	140	192	245	286	382	481	576	759	940	1140	1520	1850	2330	2730	3450
80	90.2	134	182	232	272	363	456	546	721	893	1080	1450	1750	2190	2600	3280
82	85.4	126	172	219	258	344	432	516	681	844	1020	1370	1670	2070	2460	3100
84	80.3	119	162	206	242	323	406	487	642	794	956	1290	1570	1950	2310	2920
66	140	205	280	358	420	560	702	840	1110	1390	1670	2230	2710	3390	4010	5040
68	136	198	272	347	406	544	680	814	1070	1350	1610	2160	2620	3270	3870	4870
70	130	192	262	335	394	525	658	789	1040	1300	1560	2090	2530	3170	3740	4710
72	127	186	256	324	382	509	637	764	1000	1260	1510	2030	2460	3070	3620	4560
74	123	180	247	313	369	491	615	737	968	1210	1460	1950	2370	2960	3500	4400
76	118	173	237	302	355	472	592	710	933	1170	1400	1870	2280	2850	3370	4230
78	114	167	227	291	341	455	570	682	897	1130	1350	1810	2190	2740	3250	4090
80	109	160	218	277	327	435	547	655	861	1080	1290	1730	2110	2630	3130	3910
82	104	153	208	266	313	416	522	626	823	1030	1240	1650	2020	2510	3000	3740
84	98.8	145	198	253	297	396	498	597	785	982	1180	1580	1920	2400	2830	3560

Table 10.

## AMMONIA LOAD MULTIPLIERS

EVAPORATING TEMP. °F	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
SUCTION PRESSURE LBS	1.6	3.8	9.0	15.7	23.8	33.5	45.0	58.6
LOAD MULTIPLIER	1.20	1.15	1.11	1.07	1.03	1.00	.980	.950
With Desuperheat - Air Cond.	—	—	—	—	—	—	.883	.855
With Desuperheat - Commercial	—	—	—	.920	885	.860	—	—
With Desuperheat - Low Temp	.996	.955	.921	—	—	—	—	—

\*Inches Vacuum

### SELECTION TABLE Net Refrigeration Load in TONS

Wet Bulb °F.	CONDENSING TEMPERATURE															
	DFC 215A	DFC 225A	DFC 235A	DFC 245A	DFC 255A	DFC 265A	DFC 275A	DFC 285A	DFC 295A	DFC 305A	DFC 315A	DFC 335A	DF 355A	DF 375A	DF 395A	DF 415A
60	6.00	8.80	12.0	15.2	17.9	23.9	30.0	35.8	47.2	59.0	70.4	94.8	129	161	191	237
62	5.58	8.19	11.2	14.1	16.7	22.3	27.9	33.3	43.9	54.8	65.5	88.0	120	149	178	220
64	5.16	7.57	10.4	13.1	15.3	20.6	25.8	32.6	40.6	50.8	60.7	81.6	110	138	164	204
66	4.75	6.96	9.49	12.0	14.1	19.0	23.7	28.3	37.3	46.7	55.7	74.9	102	127	151	187
68	4.31	6.32	8.61	10.9	12.8	17.2	21.5	25.7	33.9	42.3	50.5	67.9	92.1	115	137	170
70	3.87	5.67	7.73	9.77	11.5	15.4	19.3	23.0	30.4	38.0	45.4	61.0	82.7	104	123	152
72	3.39	4.98	6.78	8.57	10.1	13.6	17.0	20.3	26.7	33.4	39.9	53.5	72.5	90.5	108	134
74	2.92	4.28	5.83	7.37	8.66	11.6	14.6	17.4	23.0	28.6	34.2	46.0	62.4	77.9	92.4	115
76	2.45	3.59	4.89	6.19	7.25	9.73	12.3	14.6	19.2	24.0	28.8	38.5	52.3	65.3	77.5	96.3
78	1.96	2.88	3.92	4.95	5.82	7.79	9.77	11.7	15.4	19.3	23.0	31.0	42.0	52.3	62.1	77.2
62	6.65	9.93	13.5	17.0	19.9	26.6	33.4	38.1	52.8	64.7	78.8	110	151	187	223	275
64	6.27	9.37	12.7	16.0	18.7	25.0	31.5	35.9	49.9	61.1	74.3	104	142	176	209	260
66	5.89	8.79	11.9	15.0	17.6	23.5	29.5	33.7	46.8	57.3	69.8	97.2	134	165	197	245
68	5.47	8.17	11.0	13.9	16.4	21.8	27.4	31.3	43.5	53.3	64.8	90.2	124	154	183	227
70	5.05	7.54	10.2	12.9	15.1	20.2	25.3	28.9	40.1	49.2	59.9	83.3	115	142	169	211
72	4.61	6.89	9.27	11.7	13.8	18.4	23.1	26.4	36.6	46.1	54.6	76.0	105	130	154	191
74	4.16	6.21	8.36	10.6	12.5	16.7	20.8	23.8	33.0	40.5	49.3	68.7	94.0	117	139	173
76	3.70	5.53	7.43	9.38	11.0	14.8	18.5	21.2	29.4	36.0	43.8	61.0	83.5	104	124	157
78	3.21	4.78	6.44	8.13	8.88	12.8	16.1	18.3	25.5	31.2	38.0	52.8	72.3	89.9	107	134
80	2.70	4.02	5.42	6.84	8.07	10.5	13.6	15.4	21.5	26.2	31.9	44.5	60.9	75.7	90.0	114
64	7.43	11.0	15.0	19.1	22.3	29.7	37.3	44.7	59.0	73.5	88.0	118	161	201	238	296
66	7.06	10.5	14.2	18.1	21.2	28.2	35.5	42.4	56.0	69.8	83.6	112	152	190	227	281
68	6.66	9.84	13.5	17.1	20.0	26.7	33.5	40.0	52.8	65.8	78.9	106	143	180	213	264
70	6.25	9.23	12.6	16.0	18.6	25.0	31.4	37.6	49.6	61.9	74.1	98.7	135	169	201	249
72	5.83	8.62	11.8	15.0	17.4	23.3	29.3	35.1	46.3	57.7	69.1	92.1	126	158	186	233
74	5.42	7.99	10.9	13.9	16.2	21.7	27.2	32.5	43.0	53.5	64.2	85.5	117	146	173	216
76	4.97	7.35	10.1	12.8	14.9	19.9	25.0	30.0	39.5	49.2	59.0	78.6	108	135	160	198
78	4.54	6.69	9.13	11.6	13.6	18.2	22.8	27.3	36.0	44.8	53.7	71.7	97.8	123	146	181
80	4.07	6.02	8.20	10.4	12.3	16.3	20.5	22.5	32.4	40.3	48.2	64.4	87.9	110	130	162
82	3.60	5.31	7.25	9.21	10.8	14.5	18.1	21.7	28.6	35.7	42.7	56.9	77.7	96.8	115	143
66	8.23	12.3	16.7	21.2	24.7	32.8	41.4	49.5	65.4	81.6	96.8	132	180	224	266	329
68	7.84	11.6	15.8	20.1	23.5	31.2	39.3	47.1	62.2	77.6	92.1	126	171	213	252	313
70	7.44	11.0	15.0	19.1	22.3	29.6	37.3	44.7	59.1	73.6	87.5	119	162	202	240	297
72	7.03	10.4	14.1	18.0	21.1	27.9	35.2	42.3	55.8	69.6	82.7	113	153	191	226	281
74	6.63	9.79	13.4	17.0	19.7	26.4	33.3	39.9	52.5	65.6	77.8	106	145	180	214	264
76	6.19	9.14	12.5	15.9	18.5	24.7	31.1	37.2	49.1	61.2	72.6	98.9	135	168	200	247
78	5.74	8.49	11.6	14.7	17.2	22.8	28.8	34.5	45.6	56.7	67.4	91.7	125	156	185	229
80	5.28	7.81	10.6	13.6	15.9	21.0	26.4	31.7	41.9	52.3	62.1	84.5	115	143	171	211
82	4.82	7.13	9.68	12.4	14.5	19.2	24.1	29.0	38.2	47.8	56.7	77.0	105	131	156	193
84	4.36	6.45	8.76	11.2	13.0	17.3	21.8	26.2	34.6	43.2	51.3	69.7	94.5	118	140	174
66	9.48	13.9	19.0	24.1	28.3	37.8	47.4	56.8	74.8	93.3	113	151	205	255	301	376
68	9.09	13.4	18.1	23.1	27.1	36.2	45.4	54.5	71.8	89.5	108	145	196	244	289	360
70	8.69	12.7	17.3	22.2	25.9	34.6	43.5	52.1	68.6	85.5	103	138	187	234	275	345
72	8.29	12.1	16.5	21.0	24.7	32.9	41.2	49.5	65.3	81.4	97.6	131	179	223	262	328
74	7.95	11.5	15.7	19.9	23.4	31.3	39.3	47.1	62.0	77.4	92.8	125	170	211	249	314
76	7.43	10.9	14.8	18.9	22.2	29.6	37.2	44.5	58.7	73.0	87.7	118	161	200	236	294
78	6.98	10.2	13.9	17.8	20.8	27.8	34.9	41.8	55.0	68.7	82.3	112	151	187	222	277
80	6.52	9.53	13.0	16.7	19.5	26.0	32.7	39.1	51.5	64.3	76.9	104	141	175	207	259
82	6.08	8.87	12.1	15.4	18.1	24.2	30.4	36.5	48.0	59.8	71.7	96.5	131	163	193	241
84	5.61	8.20	11.2	14.3	16.7	22.4	28.1	33.6	44.3	55.3	66.3	89.1	121	151	179	223

Table 11.



# CIRCUIT SELECTIONS

FOR MULTI-CIRCUIT CONDENSERS  
FOR R-12 OR R-22  
DFC UNITS

In order to properly circuit a multi-circuit condenser, information regarding condenser and desuperheat coil and method of selection is listed below.

Rows in Condenser Coil	17	17	17	20	20	24	19	24	24	26	26	26	31	36
Rows in Desuperheat Coil	10	10	10	12	12	14	12	16	16	18	18	18	20	24

Table 12a

Condenser circuits may be split in half rows providing there is no more than 2½ rows in any particular circuit, that there is an even number of half rows, and that half rows are in adjacent circuits. Sizes 305 through 355 cannot be split in half rows and there generally is no need to do so.

## METHOD OF FIGURING

- Determine capacity of each compressor at its proper suction temperature and correct to its proper condenser capacity by using load multipliers as shown in Table 6, Page 6.
- Add to get total load and select proper condenser with or without desuperheat coil
- Divide total capacity of condenser by number of rows. If desuperheat coil is used, divide capacity of desuperheat coil by number of rows in desuperheat coil.
- Select proper number of rows and half rows of condenser coil, and rows of desuperheat coil, if used, to meet capacity of each compressor.
- Where four or more circuits are used in one condenser, it seldom happens that all compressors are running at the same time. This permits overloading of some circuits up to 10% on freezer applications, and 15% on commercial refrigeration capacity.
- Check total number of rows selected against those available to make sure condenser selected has been sized properly.

### EXAMPLE: THIRTEEN CIRCUITS AS SHOWN WITH 105° CONDENSING, 66° WB.

Circuit No.	BTU Rating	Suction Temp.	Correction Factor	Required Condenser Rating	Description of Rows		Capacity of Circuit
					Cond.	Desuperheat Coil	
A	11,500	-35	1.30	15,000	1	NO DESUPERHEAT COIL	15,000
B	40,000	20	1.06	42,400	3		45,000
C	40,000	10	1.09	43,600	3		45,000
D	40,000	20	1.06	42,400	3		45,000
E	11,930	10	1.09	13,000	1		15,000
F	20,300	-20	1.22	24,800	2		30,000
G	20,300	-20	1.22	24,800	2		30,000
H	10,850	-20	1.22	13,250	1		15,000
I	30,120	20	1.06	31,900	2		30,000
J	6,270	-35	1.30	8,050	1		15,000
K	22,700	30	1.02	23,200	1½		22,500
L	30,120	20	1.06	31,900	2½		37,500
M	11,500	-35	1.30	15,000	1		15,000

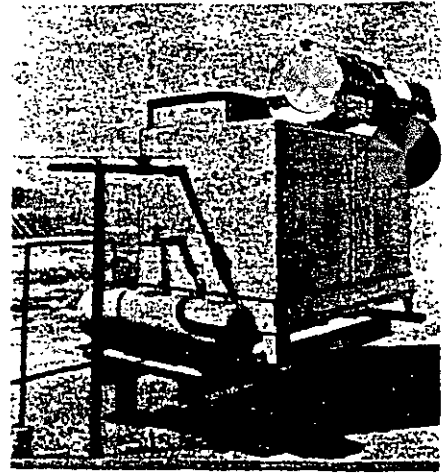
Table 12b

Select DFC 255 with Desuperheat Coil

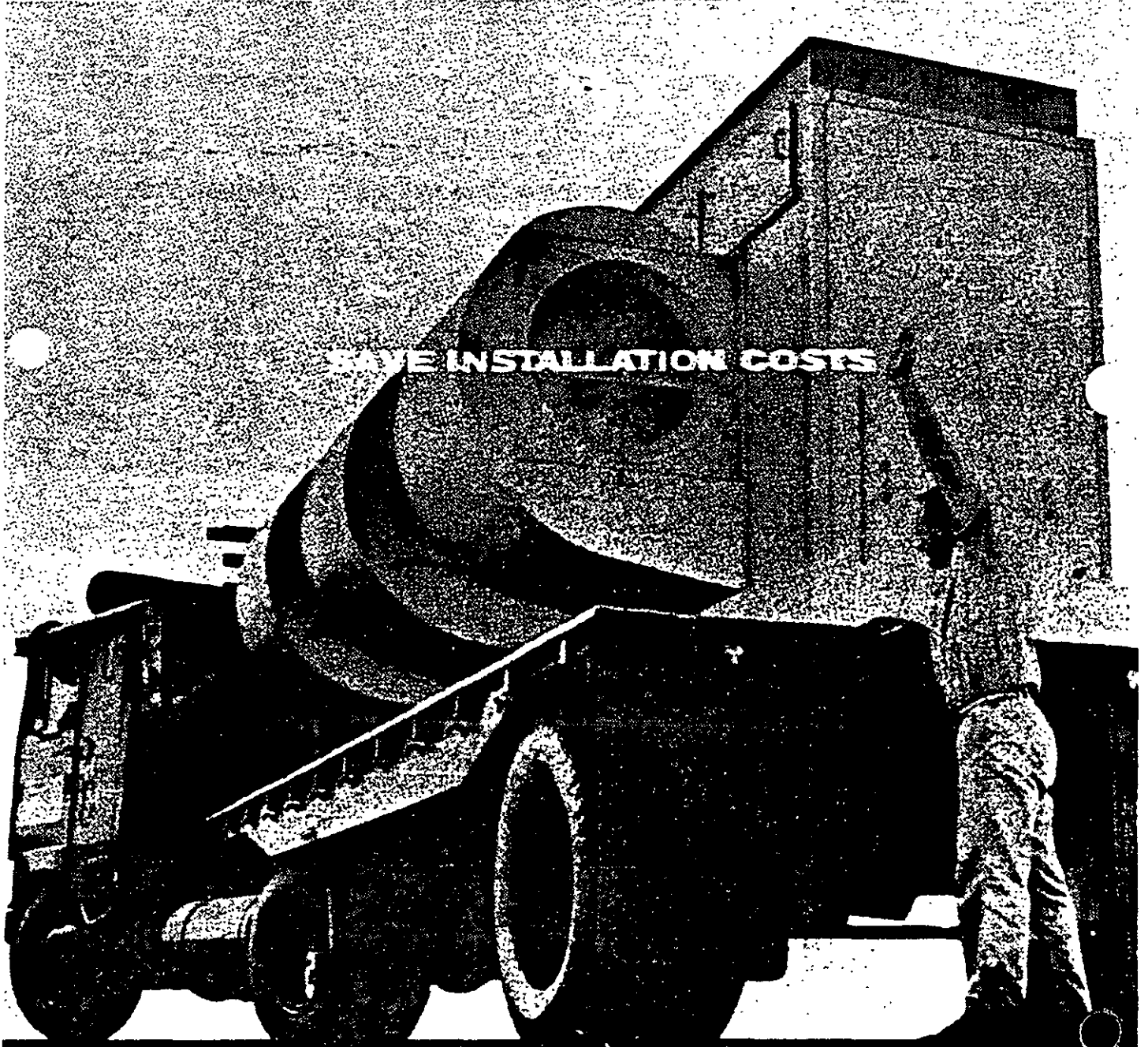
DFC 255 Capacity of 361,000 ÷ 24 rows = 15,000 BTU/row  
Since total condenser rows are equal to 24, this selection is all right. Using half rows with or without desuperheat coil it is almost always possible to keep selection within limits of condenser without shorting capacity of any circuits. There is seldom need to go

no larger size coils because some circuits have short capacity. Circuits will be lettered from left to right when facing circuit end panel with the number A circuit being on extreme left. For ammonia multiple circuiting consult factory. For connection sizes consult factory.

# TYPICAL INSTALLATION



SAVE INSTALLATION COSTS



RECOLD CONDENSERS SHIPPED COMPLETELY ASSEMBLED



# DFC and DFCA DIMENSIONS and SPECIFICATIONS

Fig. 11. DFC & DFCA 205 thru 255

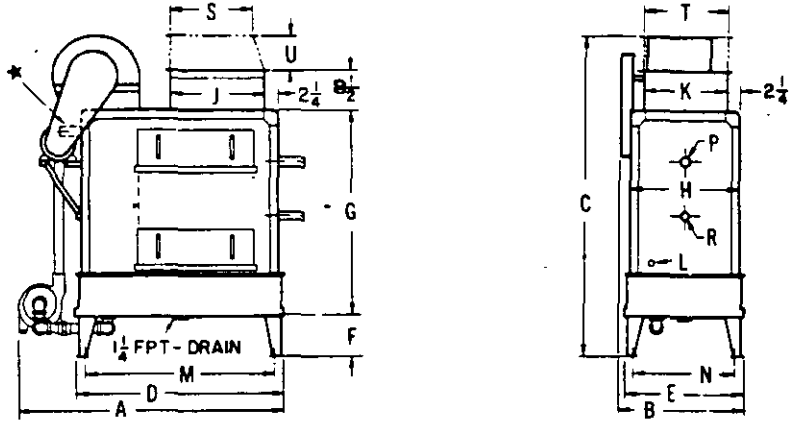


Fig. 12. DFC & DFCA 285 thru 295

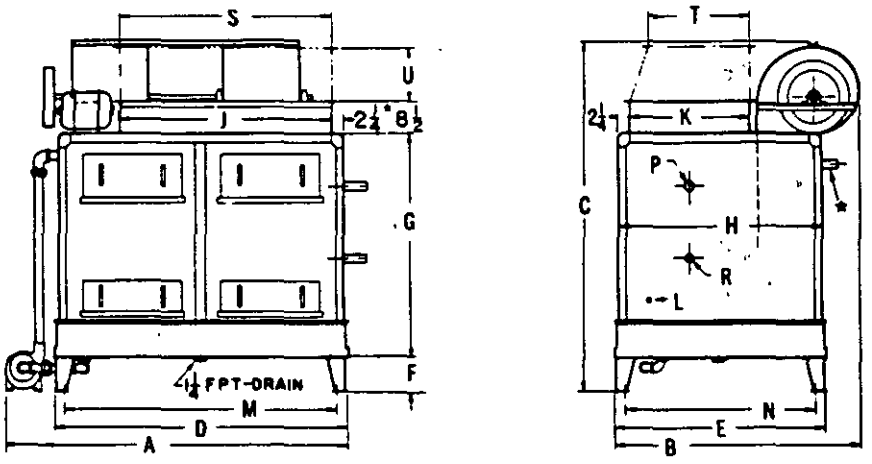
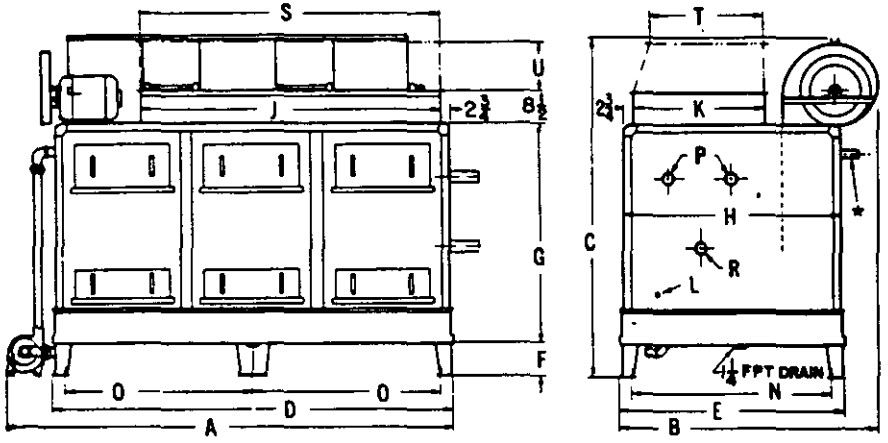


Fig. 13. DFC & DFCA 305 thru 355



TWO HOT GAS INLET CONNECTIONS ON MODELS 335 & 355 ONLY. SINGLE CONNECTIONS ON ALL OTHER MODELS.

**DFC AND DFCA DIMENSIONAL DATA**

MODEL NO. DFC DFCA	205	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	335	355
A Overall Length	53½	53½	68½	66	71	71½	83½	83½	97	114	140	146½	162	177
B Overall Width	26¾	26¾	26¾	30½	30½	35½	49½	59¼	59¼	69¼	65¼	69¼	78	94½
C Overall Height	65½	65½	68½	73½	83¼	83¼	80	83¼	83¼	89½	83¼	94¼	106¼	116¼
D Length Over Pan	40¾	40¾	55½	53	58¾	58¾	69	69	82	99	124½	130¼	146	159
E Width Over Pan	23¼	23¼	23¼	27	27	32	40	49½	49½	56	56	56	67½	78½
F Height of Leg	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	8¼	10¼
G Height of Housing	41¼	41¼	41¼	46½	52¾	52¾	52¾	52¾	52¾	54½	52¾	59¾	67¼	87¼
H Width of Housing	22¾	22¾	22¾	26½	26½	31½	39½	49	49	55¼	55¼	55¼	66¾	72¾
J Length of Stack	16½	16½	25	27	34	34	50¼	50¼	62¼	75	92	106	120	132
K Width of Stack	18½	18½	18½	22¼	22¼	27¼	23½	29	29	33¼	35	34	38¼	44¼
L Water Float Valve MPT	½	½	½	½	½	½	½	½	½	¾	¾	¾	¾	¾
M Bolt Centers	38	38	52¾	50¼	56	56	66¼	66¼	79¼	96¼	-	-	-	-
N Bolt Centers	20½	20½	20½	24¼	24¼	29¼	37¼	46¾	46¾	53¼	53¼	53¼	65¾	70¾
O Bolt Centers	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	64	71¼	78¼
S Length of Stack Extension	14½	14½	22¼	24¼	30¼	30¼	50¼	50¼	62¼	75	92	106	120	132
T Width of Stack Extension	18½	18½	18½	22¼	22¼	27¼	20¾	25¼	25¼	28½	31¼	29¼	32¼	36¼
U Height of Stack Extension	7½	7½	10½	10½	14	14	10½	14	14	18	14	18	22½	30½
P Hot Gas OD Tube R-12 - R-22	1¼	1¼	1¼	1¼	2¼	2¼	2¼	2¼	2¼	2¼	3¼	3¼	2¼	3¼
R Liquid Drain OD Tube R-12 - R-22	¾	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	2¼	2¼	2¼	2¼	2¼	2¼	3¼
Refrig. Charge - Approx. Lbs. R-12	7	9	13	16	19	23	29	37	44	57	70	90	120	150
Refrig. Charge - Approx. Lbs. R-22	6	8	12	15	17	21	26	34	40	52	60	82	110	137
Sub Cooler Connections	¾	¾	¾	¾	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	2¼	2¼
P Hot Gas MPT - R-12-R22, NH3	-	1¼	1¼	1½	2	2	2	2½	2½	2½	3	3	2½	-
R Liquid Drain MPT	-	1	1	1¼	1¼	1½	1½	1½	2	1	2½	2½	2½	-
Refrig. Charge - Approx. Lbs. NH3	-	8	11	14	18	20	26	33	39	50	63	73	97	-
SHIPPING WEIGHT DFC	550	580	680	780	980	1050	1600	1850	2100	2900	3600	4300	5300	7200
SHIPPING WEIGHT DFCA	800	900	1000	1200	1550	1650	2300	2800	3100	4000	5500	6300	8800	-
OPERATING WEIGHT DFC	675	705	875	1010	1235	1350	2050	2440	2635	3680	4850	5600	7000	9300
OPERATING WEIGHT DFCA	925	1025	1195	1450	1800	1945	2750	3409	3630	4780	6975	7600	10500	-

Table 15a

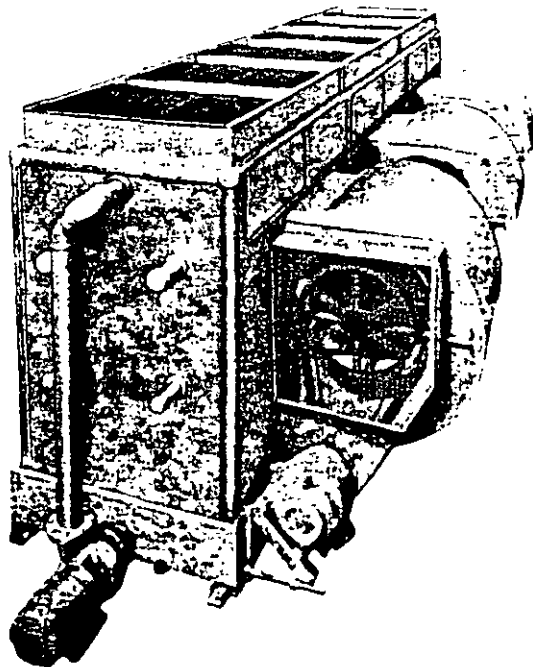
**Note:** Copper adapters can be furnished on order by steel condenser for use with liquid connections. Sizes are according to following table. Copper adapters are standard on all units with liquid connections.

	215	225	235	245	255	265	275	285	295	305	315	335
	1¾	1¾	1¾	2¼	2¼	2¼	2½	2½	2½	3¼	3¼	2-2¾
	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	1¼	2¼	2¼	2¼	2¼	2¼

Table 15b

# RECOLD

## DF-A DIMENSIONS and SPECIFICATIONS



### SPECIFICATIONS

Frame is 3 x 3 5/8" angle-iron, hot-dipped galvanized after fabrication.

Pan is 10-gauge steel, hot-dipped galvanized after fabrication.

Coil is 3/4" bending quality pipe, hot-dipped galvanized after fabrication.

Blower and scrolls are hot-dipped galvanized after fabrication.

Panels are 16-gauge galvanized steel.

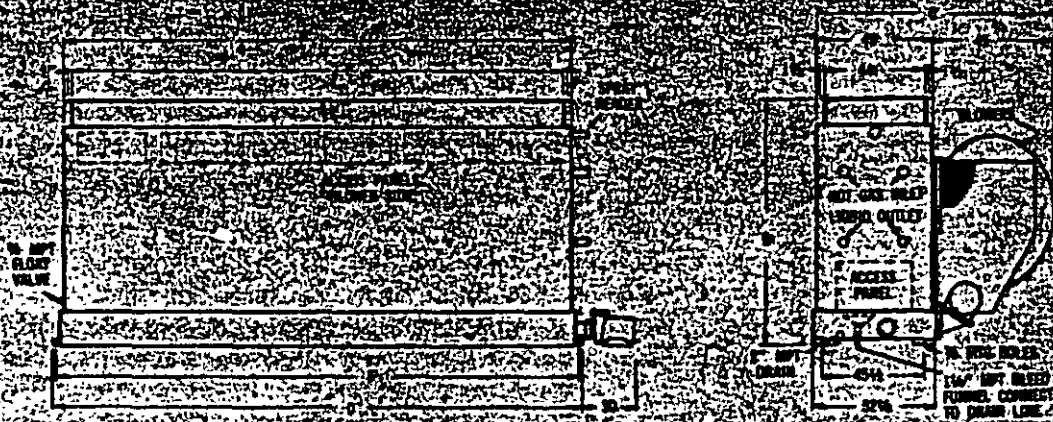
Galvanized steel spray header with brass, non-clogging spray nozzles.

Shaft is 1-11/16" precision-ground cold rolled steel.

Belt guard is galvanized wire-mesh screen.

UNIT MAY BE DISASSEMBLED IF NECESSARY

FOR INSTALLATION PURPOSES



### DIMENSIONS

MODEL	DF-355A	DF-375A	DF-395A	DF-415A
Nominal Ratings (Tons)* Ammonia	98	122	145	180
Nominal Ratings (Tons)** R-22 (without desuperheat)	132	165	196	246
Nominal Ratings (Tons)* Ammonia	114	142	169	210
Nominal Ratings (Tons)** R-22 (with desuperheat)	143	179	212	265
A Length Housing	162	162	240	240
B Height Overall	93 1/4	93 1/4	93 1/4	93 1/4
C Width Overall	94	94	94	94
D Overall Length Pan	172 1/4	172 1/4	250 1/4	250 1/4
E Length Eliminator	156	156	234	234
F Bolt Hole Length	169 1/4	169 1/4	247 1/4	247 1/4
Hot Gas Inlet MPT	2-2	(2)2 1/2	2-2 1/2	2-2 1/2
Liquid Outlet MPT	(2)1 1/2	2-2	(2)2	(2)2
Approx. Shipping Weight	10,000	12,500	16,500	18,000
Approx. Operating Weight	11,500	14,500	19,000	20,500

Table 16

\*Ammonia nominal rating based on 185° (96.3°) condensing, 20° suction temperature and 78° Wet bulb.

\*\*R-22 nominal rating based on 105° condensing, 40° suction temperature and 78° Wet Bulb.



Note: Copper adapters can be furnished on order on steel condensers for use with Freon gas. These adapters are brazed after galvanizing.

### COPPER CONNECTION SIZES

DF	355A	375A	395A	415A
Hot Gas Inlet	2-2 $\frac{1}{8}$	2-2 $\frac{5}{8}$	2-2 $\frac{5}{8}$	2-2 $\frac{5}{8}$
Liquid Outlet	2 1 $\frac{5}{8}$	2-2 $\frac{1}{8}$	2-2 $\frac{1}{8}$	2-2 $\frac{1}{8}$

Table 17a

Recoil condensers are built in sizes that can be shipped and rigged as a unit. The units may be disassembled if necessary for installation purposes. For example, on DF condensers, the entire fan section can be unbolted.

High capacity condensers are easily arranged by placing two condensers of the DF-375A to DF-415A back to back. Ratings for these double units are:

### RATINGS TWIN CONDENSERS

MODEL NO.	DF-2375A	DF-2395A	DF-2415A
Ammonia without desuperheat	244	490	361
With desuperheat	284	399	420
F22 without desuperheat	322	378	494
With desuperheat	356	423	530

Table 17b

Capacity based on 185A (R-12) condensing at 20° suction temperature and 78° Wet Bulb.  
 Capacity based on 185A condensing at 40° suction temperature and 78° Wet Bulb.

## DESUPERHEAT COILS AND OIL SEPARATORS

Desuperheat Coils can be furnished with all RECOLD evaporative condensers to increase their capacity. Desuperheat coils for Freon refrigerants are made with copper tubes and aluminum fins for use with both steel and copper tube condensers. For use with ammonia all desuperheat coils are

steel fins and tubes and the entire unit is hot-dipped galvanized after fabrication.

The ideal location for an oil trap on an ammonia system is between the desuperheat coil and the condenser tube bundle as shown on page 20.

### DESUPERHEAT COIL

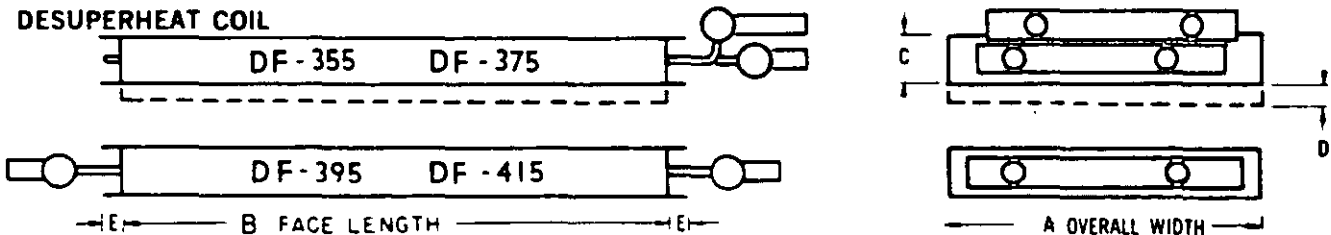


Fig 15 Desuperheat Coils

### DIMENSIONS

MODEL NO.	205	215	225	235	245	255	265	275	285 #	295	305 #	315 #	325 #	335 #	345 #	355 #	365 #	415A
A	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	21 $\frac{1}{2}$	25 $\frac{1}{4}$	25 $\frac{1}{4}$	30 $\frac{1}{4}$	26	32	32	36 $\frac{1}{4}$	38	37	41 $\frac{1}{2}$	47 $\frac{1}{2}$	-	-	-	-
B	16 $\frac{1}{2}$	16 $\frac{1}{2}$	25	27	34	34	50 $\frac{1}{4}$	50 $\frac{1}{4}$	62 $\frac{1}{4}$	75	92	106	120	132	-	-	-	-
C	7	7	7	8	8	7 $\frac{1}{2}$	8	9	10	15	15	15	15	15	-	-	-	-
D	-	-	-	-	-	-	6	6	6	8	8	3 $\frac{1}{2}$	10	10	-	-	-	-
E	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2}$	-	-	-	-

Table 17c

Outlet connection always on same side as coil connection

#For R-12, R-22 inlet connection on opposite side of outlet connection. All others inlet connection on same side as outlet connection

\*This spacer required on some models, but only on Arr #7 through #8, so that motor will clear headers



# ARRANGEMENTS for CONDENSERS

Arrangement No. 1 is standard and condensers of this type are kept in stock and are usually available for immediate delivery. Recold salesmen receive weekly reports of standard units in stock and can give correct delivery information.

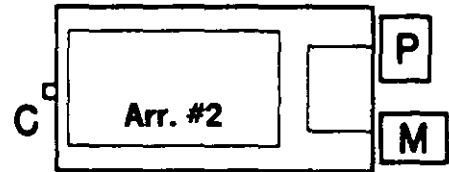
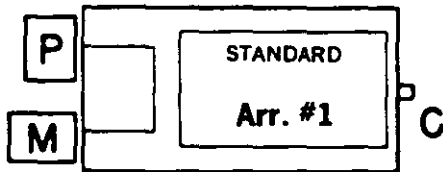
Arrangements of 2, 7, and 8 are built to order at slightly higher cost and require reasonable production time.

Specify arrangement required when order is submitted.

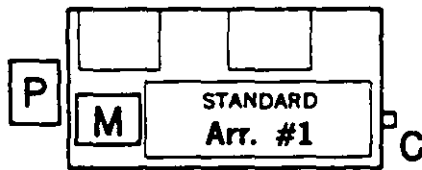
**NOTES:**— Access doors are front of unit on DFC. Blowers are rear on DF-A. Right or left hand locations determined by facing front of unit. Makeup water inlet always same side as coil connection on DFC, opposite coil connection on DF-A. All desuperheat and subcooling outlet coil connections on same side as coil connections.

For DF-A units only: End access panel will be opposite side of coil connections. Unit drain and bleed connections are on the same end as pump connections. Spray access panels are optional and are located on the same side as blowers. Must be included when desuperheat coils are specified.

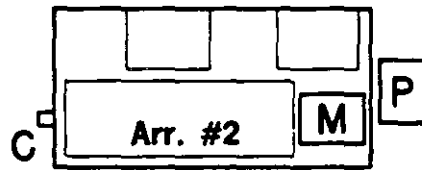
## DFC (DFCA) 205, DFC (DFCA) 255 —Two arrangements available



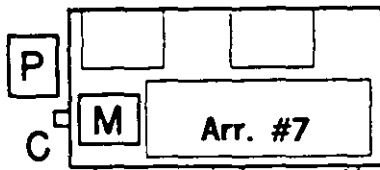
## DFC and DFCA Sizes 265 thru 415 —Four arrangements available



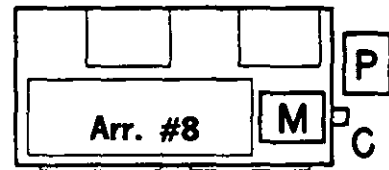
Motor left hand  
Pump left hand  
Coil connection right hand



Motor right hand  
Pump right hand  
Coil connection left hand

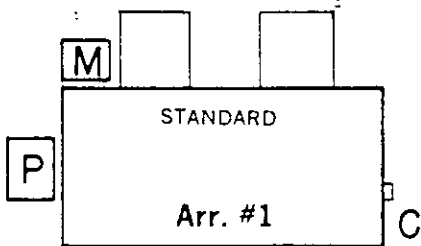


Motor left hand  
Pump left hand  
Coil connection left hand

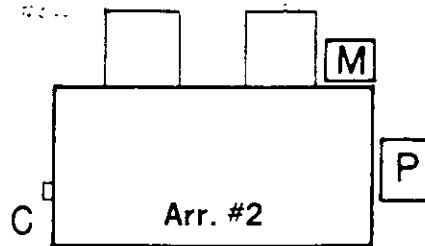


Motor right hand  
Pump right hand  
Coil connection right hand

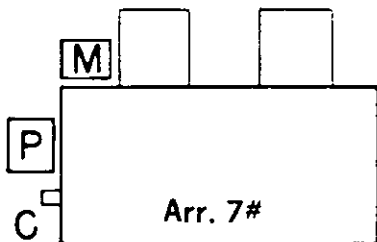
DF 355A thru DF 415A—Four arrangements available



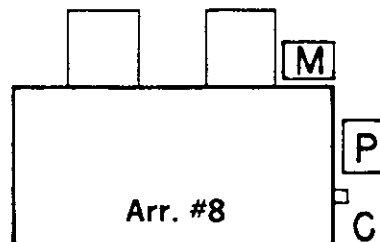
Motor left hand  
Pump left hand  
Coil connection right hand



Motor right hand  
Pump right hand  
Coil connection left hand



Motor left hand  
Pump left hand  
Coil connection left hand



Motor right hand  
Pump right hand  
Coil connection right hand

**LIQUID RECEIVERS**

Liquid Receivers built according to code requirements are furnished on order by RECOLD. The receiver size together with data and dimensions are given in the following table:

RECEIVER NO.	A1	A2	A3	A4	A5
DFC-305					DFC-305
DFC-315					DFC-315
DFC-335					DFC-335
DFC-355					DFC-355
"A" DIA .....	8	10	12	14	16
"B" LENGTH .....	24	30	42	54	72
"C" HEIGHT .....	10	12	14	16	18
"D" BOLT CENTERS .....	5	7	8	10	11
"E" BOLT CENTERS .....	10	15	26	37	54
"F" OUTLET—FPT .....	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
"G" INLET—FPT .....	1	1 1/4	2	2 1/2	3
INTERNAL VOLUME—CU. FT. ....	0.7	1.37	2.74	4.22	7.49
R-12—Working Chg., Lbs. *	44	86	170	265	470
AMMONIA—Working Chg., Lbs. *	20	40	80	125	220
R-22—Working Chg., Lbs. *	40	78	155	240	425
Approx. Shipping Weight .....	50	70	115	200	400

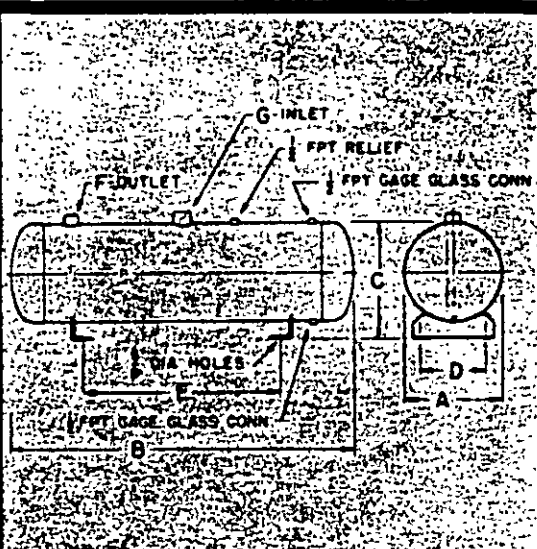


Fig. 16 Liquid Receivers

Table 19 \*Working Chg. is 80% of receiver capacity.



# OIL TRAP

## AMMONIA OIL REMOVING SYSTEM

### Using the Exclusive OIL TRAP AND DESUPERHEAT COIL

High efficiency in removing oil from refrigerant. Increases performance in entire system. Prevents evaporators from becoming oil logged — increasing their capacity.

The RECOLD Oil Removing System has proven its high efficiency in many installations. Installed in systems after good commercial oil separators failed to do a complete job and in such a manner as to follow the action of the standard oil separator, the RECOLD Oil Trap removed more oil than the original oil separator. Also, while these systems with standard oil separators required weekly shut-downs to warm up and remove oil from the evaporators, the same job with RECOLD Oil Removing System has operated continuously with top performance from the evaporators.

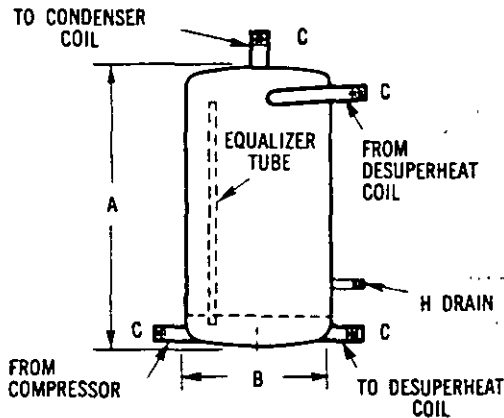


Fig. 17. Recold Oil Trap

### SPECIFICATIONS

Use with Condensers	215-225	235-265	275-295	305-335	355-415
A Height	20	28	34	44	54
B Diameter	6	10	12	16	18
C Conn. Sizes MPT	1	1½	2	2½	3
H Oil Drain MPT	½	½	½	½	½
Weight	35	75	95	220	325

Built to ASME Standards. Working pressure 300 lbs.

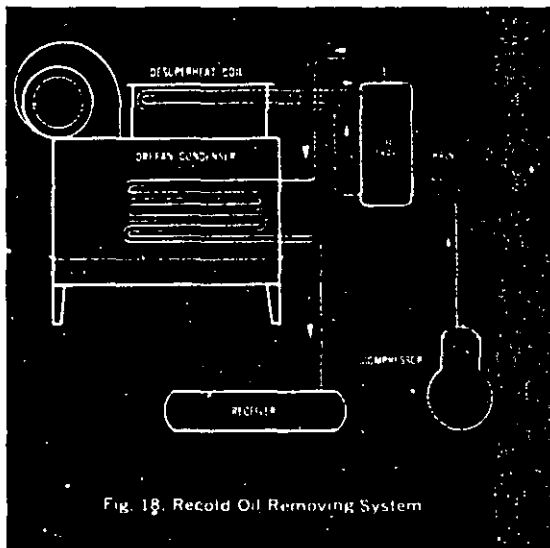


Fig. 18. Recold Oil Removing System

## AMMONIA OIL REMOVING SYSTEM

High efficiency in removing oil from refrigerant. Increases performance in entire system. Prevent evaporators from becoming oil logged. Operates continuously. Does not need weekly shut-down of systems.

Hot gas from the compressor passes through the desuperheat coil where oil vapor is condensed and is separated by the centrifugal action of the RECOLD OIL TRAP. From the OIL TRAP the refrigerant gas enters the main condensing coil of the RECOLD condenser.

Under certain conditions, some ammonia could be condensed in the desuperheat coil or the OIL TRAP. However, superheated gas is passing through the heating chamber (bottom of OIL TRAP) to maintain the temperature of OIL TRAP above condensing temperature, and prevents accumulation of liquid ammonia in the OIL TRAP. The oil can be either drained or bled back into the crankcase.

**NOTE: Oil Trap Must Not Be Used Without Desuperheat Coil.**

# RECOLD

## CORPORATION

7250 East Slauson Avenue, Los Angeles 22, California