



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# *SISTEMAS DE MANTENIMIENTO (INSTALACIONES ELECTRICAS PARA HOSPITALES)*

Del 12 al 16 de Noviembre de 2007

## **APUNTES GENERALES**

CI - 178

Instructor: Ing. Raúl Moncada Fuentes  
SECRETARÍA DE SALUD  
Noviembre de 2007



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM**

---

**SISTEMAS DE MANTENIMIENTO  
(INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES)**

---

**Módulo E:** INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES **20 Hrs.**

**Duración de los Módulos:** 20 **No. de horas**

**Total de semanas o meses:** 1 SEMANA

**Periodo total de impartición de los Módulos** DEL 12 AL 16 DE NOVIEMBRE DE 2007



**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA Y A DISTANCIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM**

**SISTEMAS DE MANTENIMIENTO  
(INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES)**

**Módulo E:** INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES

**Duración del Módulo:** 20 hrs.

**Horario:** DE 09:00 A 13:00 HRS

**(Indique el Contenido Programático del Módulo)**

<u>1</u>	<u>UNIDADES ELÉCTRICAS Y LEY DE OHM</u>
<u>2</u>	<u>DIMENSIONADO DE ALAMBRES</u>
<u>3</u>	<u>MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA</u>
<u>4</u>	<u>MOTORES ELÉCTRICOS</u>
<u>5</u>	<u>ALUMBRADO</u>

**Periodo total de Impartición:** DEL 12 AL 16 DE NOVIEMBRE del 2007

**Nombre del Capacitador:**

ING. RAÚL MONCADA FUENTES

---

# SISTEMAS DE MANTENIMIENTO INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES

## Módulo I

### Unidades eléctricas y ley de Ohm

- Unidades eléctricas
- Ley de Ohm
- Diagramas. Circuitos serie y paralelo

### Dimensionado de Alambres

- Tamaño de los conductores
- Capacidad de corriente
- Dimensión de los conductores
- Dispositivos de alambrado
- Dispositivos de protección
- Fusibles

### Medición de corriente eléctrica

- El galvanómetro
- El amperímetro
- El voltímetro
- Medición de la potencia. El wáttmetro

### Motores eléctricos

- Motores asíncronos o de inducción. Principio y características
- Operación de motores de inducción

### Alumbrado

- Introducción
- Tipos de alumbrado
- Ahorro de energía en el diseño de sistemas de alumbrado

---

## UNIDADES ELÉCTRICAS Y LEY DE OHM

### Unidades eléctricas

El fundamento o unidad fundamental de la electricidad es la *carga eléctrica* o *cantidad de electricidad* ( $Q$ ) y se expresa en coulombs (C). En la práctica, este término es poco utilizado.

La *corriente* ( $I$ ) o *intensidad de corriente*, es el flujo de electricidad en un circuito eléctrico. Los electrones que conforman el flujo de corriente van desde el voltaje negativo hacia el positivo.

La unidad de corriente es el *ampere* ( $A$ ) y se define como el flujo de un coulomb por segundo. Unidades más pequeñas son el *miliampere* ( $mA$ ) y el *microampere* ( $\mu A$ ).

El *voltaje* ( $V$  o  $E$ ) es la fuerza electromotriz (fem) o diferencia de potencial que hace que fluya una corriente eléctrica. Los símbolos  $V$  y  $E$  se utilizan de manera indistinta. La unidad de voltaje es el *volt* ( $V$ ).

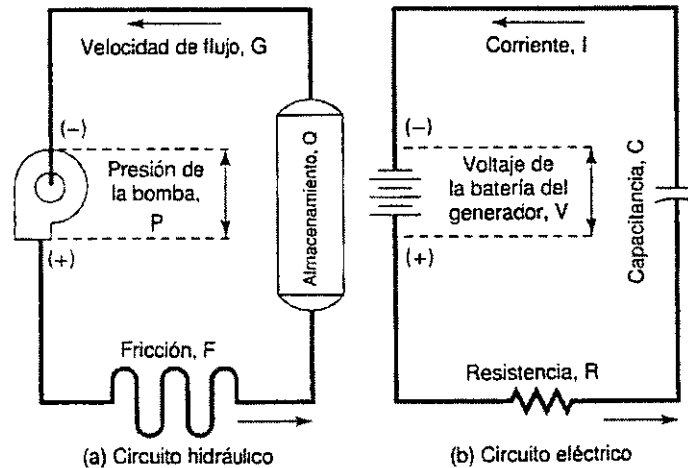
La *resistencia eléctrica* ( $R$ ) es una propiedad intrínseca de la materia, que consiste en resistirse al flujo de la corriente eléctrica. Un material con muy baja resistencia al flujo eléctrico se conoce como *conductor*, y aquél que tenga alta resistencia al flujo de corriente se conoce como *aislante* o *dieléctrico*. La unidad de resistencia es el *ohm* ( $\Omega$ ).

La *capacitancia* ( $C$ ) es la propiedad mediante la cual un circuito eléctrico almacena energía en un campo o en algún componente. La capacitancia estará presente en todo componente de un circuito eléctrico cuando haya cualquier material dieléctrico, como plástico, papel, hule, líquidos, incluso aire. Los dispositivos diseñados especialmente para almacenar carga eléctrica son denominados *capacitores* o *condensadores*.

La unidad de capacitancia es el farad ( $F$ ), pero como se trata de una cantidad demasiado grande, se utiliza más comúnmente alguna subunidad, tal como el *microfarad* ( $\mu F$ ) o el *picofarad* ( $pF$ ). Un microfarad es la millonésima parte de un farad, y un picofarad es la millonésima parte de un microfarad.

### Ley de Ohm

En 1827, George Simon Ohm descubrió una relación muy simple, pero muy importante, entre corriente, voltaje y resistencia en un circuito de corriente directa (CD). Esta relación puede entenderse mejor si comparamos un circuito eléctrico con un circuito hidráulico, tal como se ilustra en la figura II-1.



**Figura II-1. Comparación entre circuitos hidráulicos y eléctricos.**

En un circuito hidráulico, la velocidad del flujo caudal de agua es directamente proporcional a la diferencial de presión producida por la bomba e inversamente proporcional a la resistencia existente en las tuberías y en las válvulas. Análogamente, en un circuito eléctrico, la corriente eléctrica que fluye a través de éste, es directamente proporcional al voltaje entregado por la batería e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica inherente en los conductores y en otros componentes. Esta relación, conocida como *Ley de Ohm*, se puede expresar matemáticamente de la siguiente manera:

$$I = V/R$$

ó

$$V = I \times R$$

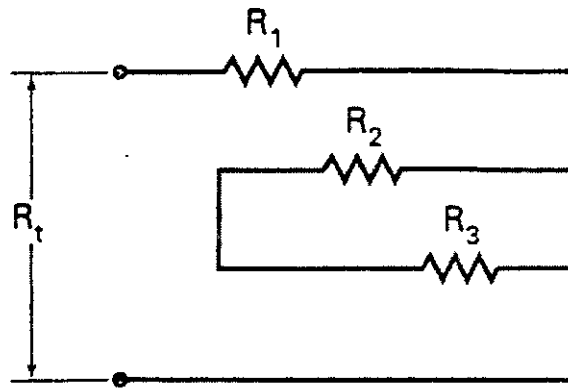
ó

$$R = V/I$$

### Diagramas. Circuitos serie y paralelo

Las resistencias o las cargas que se utilizan en los circuitos eléctricos, pueden conectarse en conexión serie, en conexión paralelo, o en una combinación de ambas. La resistencia total de un circuito depende del valor que tenga cada una de las resistencias individuales y de cómo se hayan conectado (en serie o en paralelo).

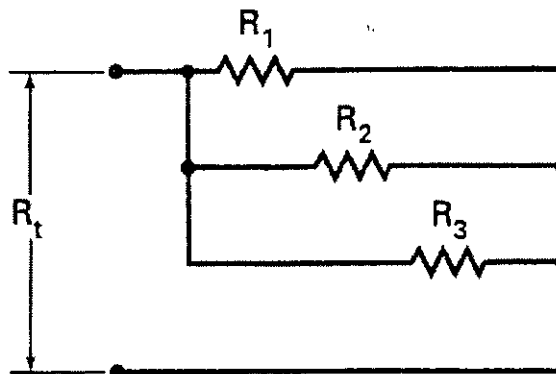
En un **circuito en serie**, las resistencias individuales se conectan una tras de otra, como se ilustra en la figura II-2.



$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

*Figura II-2. Circuito serie.*

En un **circuito en paralelo**, las resistencias individuales se conectan una al lado de la otra, como se ilustra en la figura II-3.



$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

*Figura II-3. Circuito paralelo.*

### DIMENSIONADO DE ALAMBRES

Un conductor es un componente eléctrico que lleva (*conduce*) y confina el flujo de la corriente eléctrica en su interior. Los conductores están fabricados de un material de alta conductividad (baja resistividad) para minimizar la pérdida de energía y la caída de voltaje. Normalmente, se fabrican en forma cilíndrica como conductores, aunque también se fabrican en sección cuadrada o rectangular.

Dependiendo de su construcción, los conductores se clasifican de acuerdo con las características siguientes:

- **Material.** Cobre, aluminio, etc.
- **Forma.** Conductor. Cable, bus, ducto de bus, etc.
- **Composición.** Sólido, trenzado, etc.
- **Nivel de voltaje.** 100, 250, 600, 5000 volts, etc.
- **Aislamiento.** Hule, termoplástico, asbesto, etc.
- **Recubrimiento.** Plomo, aluminio, no metálico, polímero degradador, etc.
- **Rango de temperatura.** 60, 75, 90 250°C, etc.

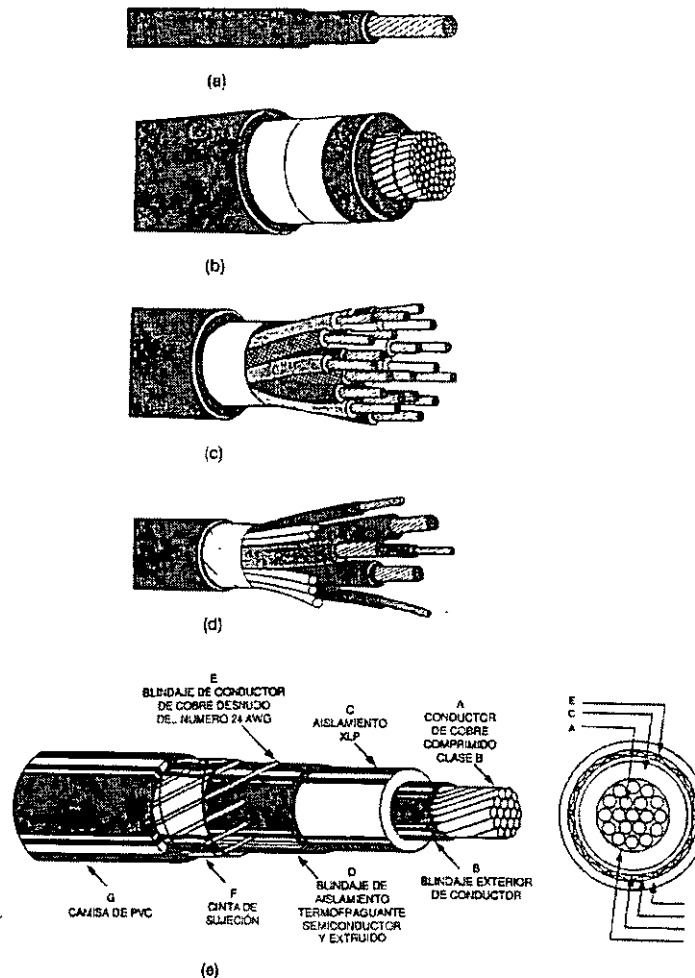
En la figura II-11 son mostrados varios tipos de conductores y cables. Algunos de los conductores más comunes de 600 volts, de tipo general, para edificios utilizados en canalizaciones eléctricas son los siguientes:

- *THHN.* Resistente al calor, termoplástico, 90°C para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente en circuitos derivados.
- *THWN.* Resistente al calor y la humedad, 75°C, utilizado principalmente en circuitos derivados.
- *USE.* Cable subterráneo de entrada de servicio, 75°C, aislamiento resistente al calor y la humedad con recubrimiento no metálico.
- *XHHW.* Polímero sintético degradado, 75°C, resistente al calor y la humedad, para ubicaciones húmedas y secas; utilizado principalmente para alimentadores grandes.

Además de los alambres instalados en canalizaciones eléctricas, ciertos alambres y cables pueden ser instalados son canalización. En edificios se utilizan los siguientes conductores de este tipo:

- *Aislamiento Mineral (MI).* Estos son alambres con recubrimientos metálicos, es decir armados, con un rango de temperatura de 90 a 250°C. Estos cables MI pueden enterrarse directamente en concreto, banquetas, muros o techos.
- *No Metálico (NM Y NMC).* Este cable armado es un ensamblaje desde la fábrica de dos conductores o más aislados con un recubrimiento externo resistente a la humedad, retardante de llama, y no metálico. Se utiliza principalmente en unidades habitacionales residenciales y en otro tipo de edificios que no excedan de tres pisos de altura. Este cable comúnmente se conoce como Romex.
- *Cable blindado (AC).* Este cable contiene dos o más conductores aislados en un recubrimiento metálico. Puede utilizarse en aplicaciones expuestas y ocultas, principalmente en pequeños tamaños. A veces se conoce como BX.
- *Cable conductor plano (FCC).* Este tipo de cable está formado de tres o más conductores de cobre planos, colocados borde a borde, separados y encerrados en una envoltura aislante. El FCC puede ser instalado bajo losetas de piso no mayores de tres pies por lado. No debe ser utilizado en residencias, escuelas, hospitales o localizaciones riesgosas. El alambre FCC normalmente se conoce como alambre plano.





**Figura II-11. Tipos de conductores.**

### Tamaño de los conductores

**CALIBRE DEL ALAMBRE.** Los conductores están numerados de acuerdo con el calibre de alambre americano (AWG) del Núm. 36 hasta el Núm. 0000 (#4/0). Los calibres son retrógrados, es decir un calibre más pequeño representa un tamaño mayor. Un conductor sólido de #4/0 (no trenzado) deberá tener un diámetro de 0.5 pulgada. El tamaño siguiente más pequeño tendrá menor diámetro, reduciéndose de acuerdo con la relación 1.123. en otras palabras, el diámetro de un conductor sólido del #3/0 deberá ser de  $0.5/1.123$ , es decir 0.405 de pulgada. El diámetro real de conductores trenzados es, naturalmente, mayor que un conductor sólido del mismo calibre AWG.

### Capacidad de corriente

La corriente que puede tolerar con seguridad un conductor dependerá de su tamaño, así como del tipo de aislamiento, del método de instalación, del número de conductores en una canalización eléctrica, y de la temperatura que lo rodea. Las capacidades de conducción de corriente permisibles, es decir las capacidades en amperes de diversos tipos y tamaños de conductores están dadas en NEC. La capacidad en amperes permisible de los conductores se ve reducida a temperaturas ambientales superiores a

88°F. La capacidad en amperes permisible en los conductores, también se reduce cuando se instalan más de tres conductores en una canalización eléctrica.

Tamaño AWG & MCM	En canalización eléctrica				Al aire			
	Cobre		Aluminio		Cobre		Aluminio	
	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C	75°C	90°C
14	20	25			30	35		
12	25	30	20	25	35	40	30	35
10	35	40	30	35	50	55	40	40
8	50	55	40	45	70	80	55	60
6	65	75	50	60	95	105	75	80
4	85	95	65	75	125	140	100	110
3	100	110	75	85	145	165	115	130
2	115	130	90	100	170	190	135	150
1	130	150	100	115	195	220	155	175
1/0	150	170	120	135	230	260	180	205
2/0	175	195	135	150	265	300	210	235
3/0	200	225	155	175	310	350	240	275
4/0	230	260	180	205	360	405	280	315
250	255	290	205	230	405	455	315	355
500	380	430	310	350	620	700	485	545

Ambiente	Factor de corrección de capacidad en amperes							
88–95°F (31–35°C)	.94	.94	.94	.96	.94	.96	.94	.96
97–104°F (36–40°C)	.88	.91	.88	.91	.88	.91	.88	.91

**Tabla II-1. Dimensiones de varios conductores recubiertos de hule y termoplásticos.**

### Dimensión de los conductores

El código NEC da datos sobre conductores desnudos y recubiertos para dimensionar las canalizaciones eléctricas. En la tabla II-1 se muestra un listado condensado de las dimensiones de conductores recubiertos de hule y termoplásticos.

### Dispositivos de alambrado

Una diversidad de dispositivos de alambrado –desde interruptores, contactos y dispositivos de protección de sobrecorriente, hasta contactores y atenuadores- son utilizados en sistemas eléctricos. Todos los dispositivos independientemente del sistema de alambrado, deber instalarse en cajas aprobadas por el código.

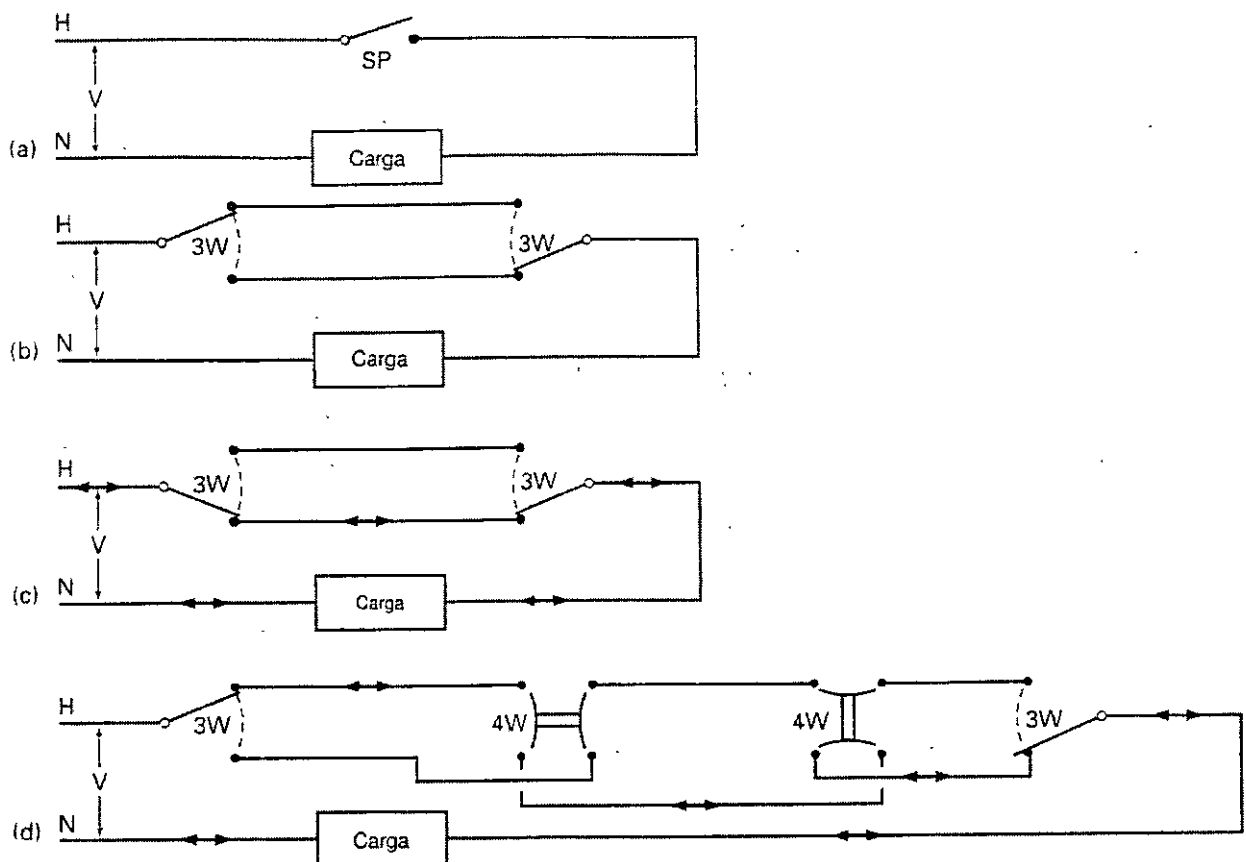
#### Interruptores

Un interruptor es un dispositivo que sirve para cerrar, abrir o modificar las conexiones de un circuito eléctrico. Los interruptores se clasifican de acuerdo con los criterios siguientes:

1. *Clasificación NEC.* Servicio general, de aislamiento, de servicio o de motor, etc.
2. *Método de efectuar el contacto.* Deslizante, de golpe, líquido (mercurio), etc.
3. *Voltaje nominal.* 250, 600, 5000 volts, etc.
4. *Número de conexiones.* De una sola desconexión, de doble desconexión, etc.
5. *Número de polos.* 1,2,3,4 polos, etc.
6. *Número de posiciones cerradas.* De un solo tiro, de doble tiro, etc.
7. *Método de operación.* Manual, magnético operado por motor, etc.
8. *Velocidad de operación.* Cierre lento/apertura lenta, cierre rápido/apertura rápida, etc.

9. *Carcasa.* Abierta, cerrada, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc.
10. *Función de control.* Simple, de tres vías, etc.
11. *Método de protección.* Sin fusible, con fusible, cortacircuito, combinación, etc.
12. *Actuación de los contactos.* Contacto sostenido, contacto momentáneo, etc.
13. *Servicio.* Servicio ligero, servicio pesado, servicio de interrupción de carga, etc.
14. *Otras funciones.* Atenuador, control de voltaje, fotoeléctrico, reloj, sostenido eléctrica o mecánicamente, controlado con auxiliar, es decir a presión, temperatura, flujo, infrarrojo, movimiento, sensible a la proximidad, etc.

Los interruptores de luz son normalmente interruptores de un sólo polo y un sólo tiro. Cuando las luces deber ser activadas desde más de una ubicación, se utilizan interruptores de tres o de cuatro vías. Los principios de operación de los interruptores de tres y de cuatro vías se ilustran en la figura II-12. Como regla, el primero y el último interruptor deberán ser interruptores de tres vías y los interruptores intermedios deberán ser de cuatro vías.



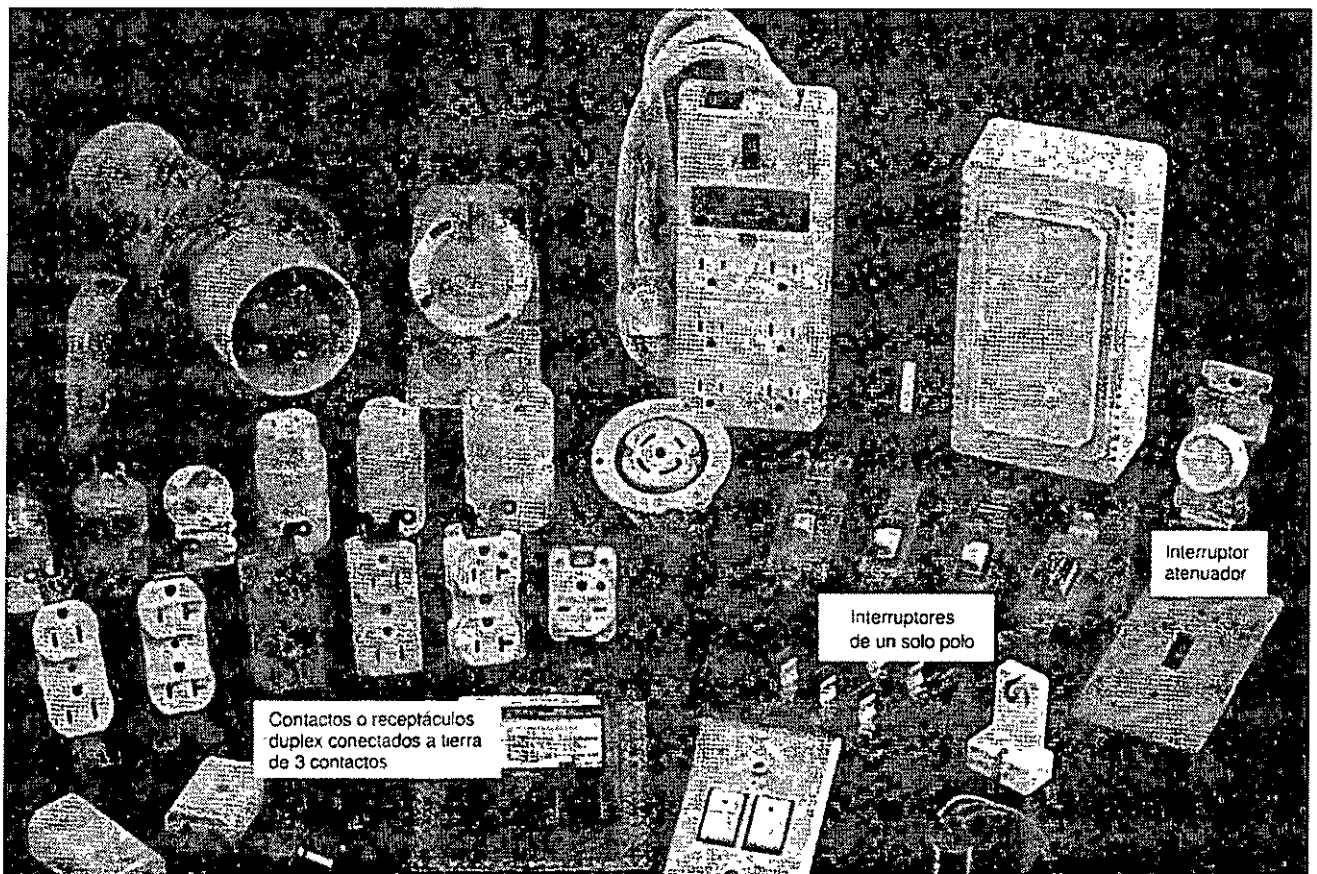
**Figura II-12. Diagramas esquemáticos de alambado de diferentes tipos de interruptores.**

### *Interrupción a control remoto de bajo voltaje*

Cuando se desea la interrupción de luces y cargas de aparatos domésticos en múltiples localizaciones, un sistema de control remoto de interrupción de bajo voltaje proporcionará flexibilidad y economía. Con este sistema, todos los alambres de control se operan a 24 volts o menos y, por lo tanto, no es necesario instalarlos en conduits. Las cargas, ya sean de 120, 240 o 277 volts, serán operadas por uno o más relevadores electromagnéticos del tipo de contacto momentáneo.

### *Receptáculos o contactos*

Un receptáculo o contacto es un dispositivo de alambrado instalado en una caja de salida o chalupa para la conexión de aparatos eléctricos a través de un enchufe. Algunos tipos son mostrados en la figura II-13.



**Figura II-13. Receptáculos e interruptores típicos.**

Los contactos de uso común para los tipos enchufables de aparatos como máquinas de escribir, luces portátiles, televisiones, etc., también se conocen como *contactos de conveniencia* y normalmente se instalan a 125 volts y 15 A. Pueden ser de dos hilos con contactos paralelos no polarizados, o de tres hilos con contactos polarizados. Dado que todos los sistemas eléctricos de 120 volts en un edificio están conectados a tierra; un receptáculo no polarizado de contactores paralelos de dos hilos no podrá distinguir la polaridad de los alambres, y por lo tanto uno de los lados está puesto a tierra.

Lógicamente, existirá una probabilidad de 50-50 que el equipo se enchufe del lado incorrecto sujetando a la persona al voltaje de línea si el lado no conectado a tierra del alambre que toca la cubierta del equipo. Afortunadamente, el sistema de 125 volts no es mortal al ser accidentalmente tocado por una persona, aunque definitivamente el choque eléctrico se sentirá. Por esta razón, NEC ya no acepta la utilización de receptáculos o contactos no polarizados y sin conectar a tierra en instalaciones nuevas. Todos los receptáculos o contactos de dos hilos son conectar a tierra serán reemplazados con el tiempo.

### Dispositivos de protección

Los circuitos eléctricos que incluyen alimentadores, equipo de distribución circuitos derivados y el equipo de la carga, deben protegerse para evitar que se exceda su capacidad nominal, lo que pudiera ocurrir como resultado de muchas distintas circunstancias. Algunos ejemplos son:

- *Sobrecorriente*. Debido a una sobrecarga mecánica o a fallas eléctricas internas o externas.
- *Sobrevoltaje*. Debido a un corto circuito entre el alambrado primario y secundario o en razón de una descarga eléctrica.
- *Inversión de polaridad en un sistema trifásico*. Debido a un cambio en el servicio de energía.

El método más común utilizado para evitar los daños causados por sobrecarga es la instalación de dispositivos de protección en ubicaciones estratégicas, por ejemplo; en tableros de interruptores, tableros de distribución, al principio de un alimentador, en un circuito derivado, o en el equipo mismo. Estos dispositivos se dividen en tres tipos generales: relevadores, cortacircuitos y fusibles. Los relevadores normalmente son utilizados por las empresas de servicio público para proteger su sistema primario de distribución, o sus grandes equipos primarios en red. Por lo general en el caso de sistemas y equipos de edificios, se utilizan cortacircuitos y fusibles.

### Cortacircuitos

**CLASIFICACIÓN DE LOS CORTACIRCUITOS (CB).** Se define un cortacircuito en los estándares NEMA como un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito mediante algún medio no automático, y para abrir sin daños automáticamente el circuito sobre una sobrecorriente predeterminada, cuando esté aplicado adecuadamente dentro de su valor nominal. Existen tres tipos de cortacircuitos.

1. *Cortacircuitos de caja moldeada (MCCB)*. Las partes conductoras de corriente, mecanismos y dispositivos de disparo están totalmente contenidos dentro de una caja moldeada de material aislante. Los MCCB están disponibles en tamaños y armazones pequeños y medianos desde 30 a 800 amperes, y con valores de disparo de 15 a 800 amperes.
2. *Corta circuitos de potencia (LVPCB)*. Estos CB también se conocen como cortacircuitos en aire. Se utilizan principalmente en la construcción de bancos e interruptores. Los LVPC tienen contactos reemplazables, y están diseñados para que se les pueda dar mantenimiento en el campo. Los LVPCB están disponibles en

tamaños de armazón mediana y grande desde 600 a 4,000 A. Los LVPCB tienen voltajes nominales a partir de 600 volts, en tanto que los MVPCB están diseñados a partir de 72.5 kV nominales, y los HVPCB para más de 72.5 kV.

3. *Contracircuitos de caja aislada (ICCB)*. Éstos tienen las características de construcción tanto del MCCB como del LVPCB, y se utilizan principalmente en tableros de interruptores montados de manera fija, aunque también están disponibles en configuraciones desmontables. Los tamaños de armazones van desde 600 hasta 4000 A.

**CONSTRUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CORTACIRCUITOS.** Los cortacircuitos también se clasifican mediante otras características de construcción y operación, de acuerdo con:

1. Medio de eliminación del arco (extinción). Aire o aceite.
2. Principio de operación. Térmico, magnético, termomagnético, estado sólido (electrónico), etc.
3. Voltaje nominal. 125, 250, 600 volts, 5, 12, 15, 35 kilovolts, etc.
4. Tamaño de armazón. 30, 50, 100, 225, 400, 600, 800, 1200, 2000, 4000, A., etc.
5. Clasificación de disparo. 15,020, 30, 50, 90, 100 y más a los valores nominales del tamaño de armazón.
6. Capacidad de interrupción. 5000, 10,000, 15,000, 20,000, 30,000 A. y más.
7. Métodos de operación. Manual, operación remota, etc.
8. Otras características. Sobrevoltaje, subvoltaje, contactos auxiliares, corriente inversa, fase inversa, etc.

**PRINCIPIOS DE OPERACIÓN DEL CB.** Existen dos tipos de componentes para cortacircuitos (disparar) dentro de un CB.

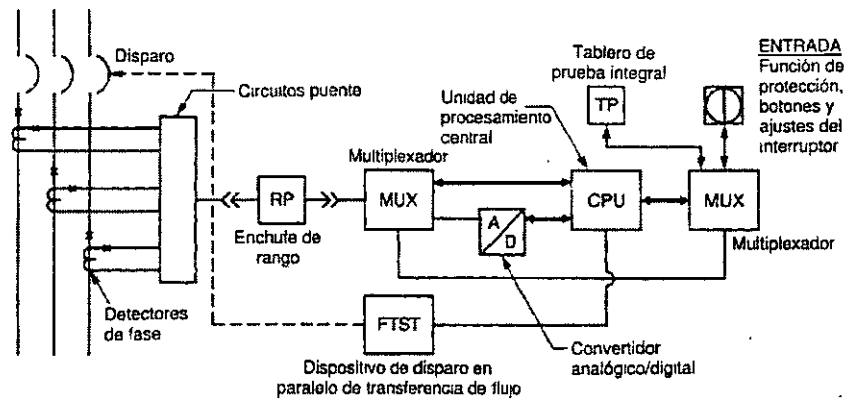
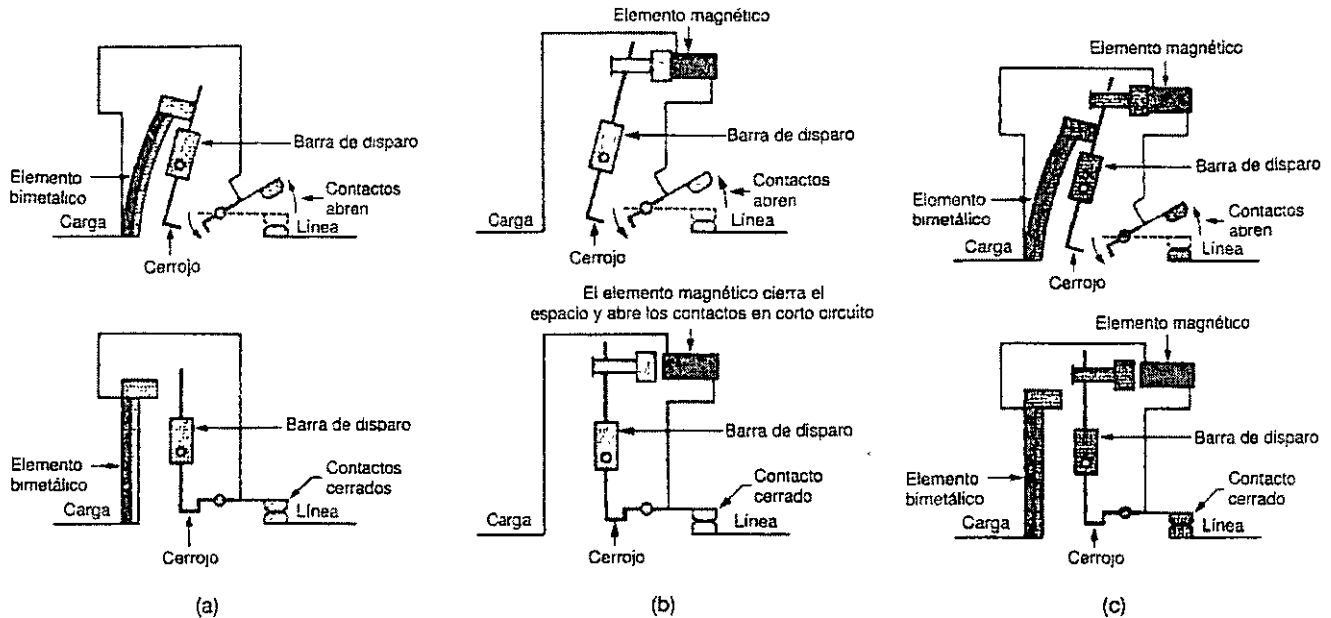
1. *Tipo bimetal/electromagnético*. Está formado por un elemento bimetálico, que responde a la elevación de temperatura dentro del CB y de un electromagneto, que responde a la fuerza magnética causada por un flujo de corriente anormalmente alto. El bimetal proporciona la protección térmica y el electromagneto proporciona la protección contra corto circuito. Los principios de operación de estos elementos son mostrados en la figura II-14 (a), (b) y (c).
2. *De estado sólido (electrónico)*. Está formado por dispositivos análogos o digitales, para detectar las características o circunstancias eléctricas del circuito y procesar los datos a través de una unidad de procesamiento central (CPU) con acciones preprogramadas. El tipo analógico detecta la corriente pico de una corriente, en tanto que el tipo digital detecta la corriente rms., que es una representación más realista de una corriente de CA. el principio de operación del tipo del CB de estado sólido de tipo digital, aparece en la figura II-14 (d).

**VENTAJAS DE LOS CORTACIRCUITOS.** Las ventajas de los cortacircuitos sobre otros tipos de dispositivos de protección por ejemplo los fusibles, son:

- Fácilmente reestablecibles, cuando se haya disparado un sistema.
- Más compactos.
- Adaptables para controles de motor y para interconexión eléctrica con otros equipos.

- Puede servir como un interruptor de desconexión (aunque no debería ser utilizado como interruptor de operación).

En la figura II-14 (e) y (f) se muestra diversos tipos de cortacircuitos -un cortacircuito para alimentador derivado de un sólo polo de caja moldeada (MCCB) y un interruptor de alta capacidad de interrupción (LVPCB) con detección y controles de estado sólido.



**Figura II-14. Principio de operación de los cortacircuitos.**

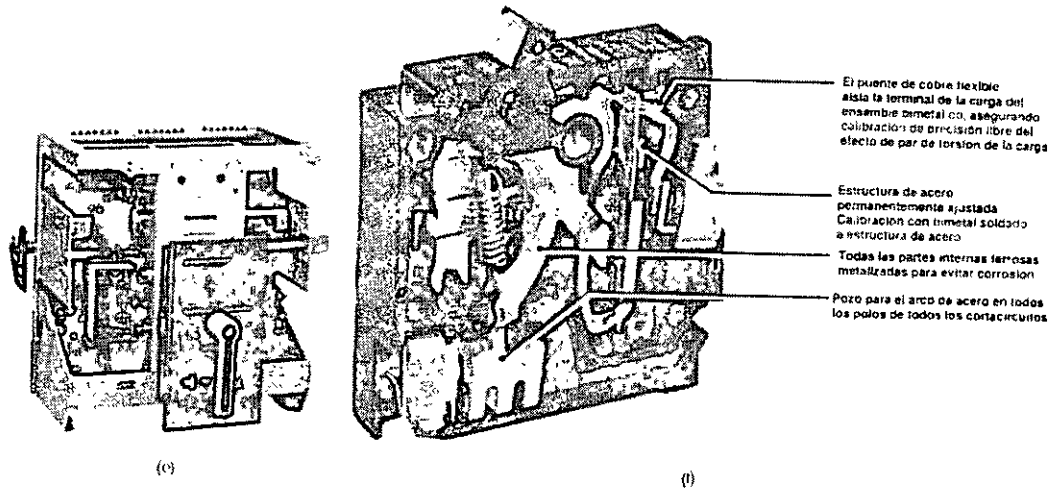


Figura II-14 (continuación). Construcción típica de los cortacircuitos.

## Fusibles

Un fusible es un dispositivo protector eléctrico que al detectar una corriente anormal se funde y abre el circuito en el cual está instalado. Es un dispositivo autodestructivo.

CLASIFICACIÓN DE FUSIBLES. Existen muchos tipos de fusibles, clasificados en las categorías siguientes (véase la figura II-15)

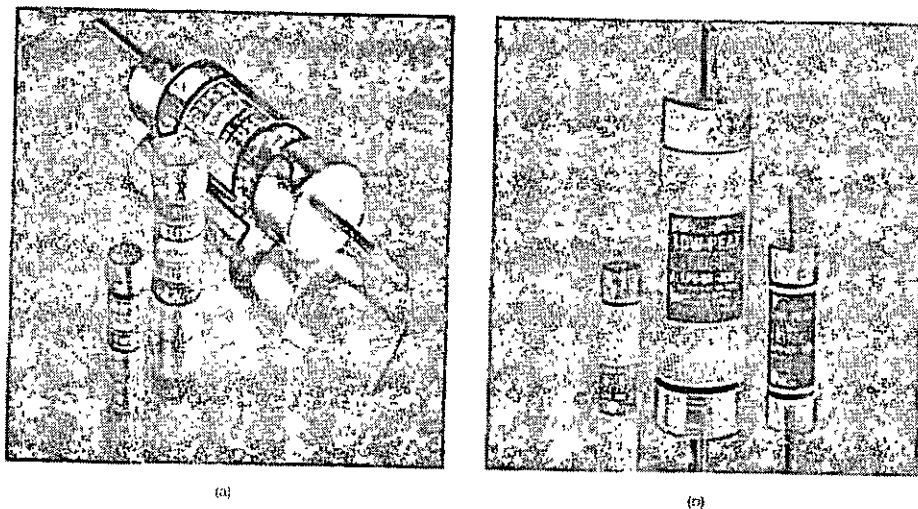


Figura II-15. Varios fusibles tipo cartucho. (a) Tipo de uso general, de uno o dos elementos.  
(b) Tipo de elementos duales limitador de corrientes elevadas

1. Voltaje nominal. 12, 24, 125, 250, 600, 5000 y voltajes más altos.
2. Corriente nominal. Desde una fracción hasta 6000 amperes.
3. Construcción. No renovable, renovable, elementos individuales o duales, etc.
4. Principio de operación. Eliminación rápida, con retardo de tiempo, limitadora de corriente, etc.
5. Capacidad de interrupción en corto circuito. 5000 amperes a 20,000 A.
6. Material fusible. Plomo, estaño, cobre, plata, etc.



**PRINCIPIO OPERATIVO DE LOS FUSIBLES.** Es muy sencillo el principio de operación de un fusible de un solo elemento. El eslabón fusible está fabricado de una aleación eutéctica de plomo, estaño y antimonio, que tiene un punto de fusión a una sola temperatura, sin ablandamiento antes de llegar a su punto de fusión. El elemento fusible está hecho con precisión, teniendo cuellos de botella (secciones angostas) que se funden al sobrecalentarse debido a un flujo más alto de corriente. Véase la figura II-16 (a)

Los fusibles de elementos duales son mostrados en la figura II-16 (b) y son fusibles con retardo de tiempo. Cada uno de ellos está formado de dos elementos fusibles. Bajo condiciones normales de operación, el elemento de retardo en tiempo se soltará cuando el material fusible que sujeta al conector "S" se funde. Dado que el conector "S" está sujeto a un sumidero de calor, este punto de fusión intencionalmente se retarda, para evitar el molesto disparo de la carga conectada, como en el caso de una carga de motor. Una carga de motor tiene una alta corriente transitoria durante el arranque. Si no existiera retardo en el tiempo para compensar esta corriente transitoria alta, entonces la carga del motor sería cortada antes de que arranque. En la figura II-16 (b) se demuestra la acción de un fusible de elemento dual bajo diversas condiciones. El segundo elemento fusible, igual que el fusible de una sola pieza, se fundirá cuando detecte una corriente de corto circuito muy alta.

**VENTAJA DE LOS FUSIBLES.** Dos ventajas de importancia tienen los fusibles en el sentido de que en un sistema de distribución correctamente diseñado son de acción rápida y se pueden autocordinar. Si se utiliza la misma clase de fusible en todos los niveles de protección, los fusibles más bajos (naturalmente, de menores amperes nominales) se abrirán primero, impidiendo la interrupción de fusibles de niveles superiores. En la figura II-17 (a) se ilustra el tiempo normal de disparo de un cortacircuito de caja moldeada, en exceso de un ciclo. La figura II-17 (b) es el tiempo de apertura de un fusible, normalmente menor a medio ciclo. en la figura II-17 (c) se ilustra la coordinación natural de fusibles en un sistema de distribución en el cual el fusible del alimentador tiene un tiempo de apertura más breve que los fusibles principales.



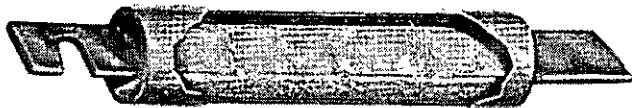
1. Vista en corte de un fusible típico de un solo elemento.



2. En una sobrecarga sostenida, una sección del eslabón se funde y se establece un arco.



3. Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado una sobrecarga del circuito.

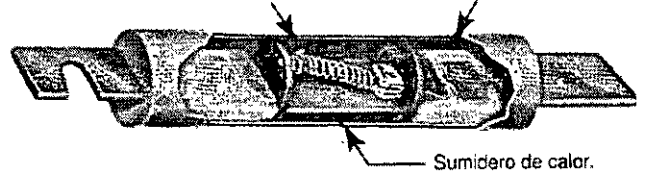


4. Cuando el fusible es sometido a una corriente de corto circuito, varias secciones del eslabón fusible se funden prácticamente instantáneamente.



5. Fusible de un solo elemento, abierto después de haber desconectado un corto circuito.  
 (a)

Sección de sobrecarga formada por un conector "S" cargado por resorte y sujeto por una aleación fusible. Secciones de corto circuito conectadas a través del sumidero de calor.



1. El fusible de dos elementos tiene elementos distintos y separados para sobrecarga y para corto circuito.



2. Bajo sobrecarga sostenida, el resorte de disparo fractura a aleación fusible calibrada, liberando el conector.



3. Fusible de dos elementos, abierto después de desconectar una sobrecarga de circuito.

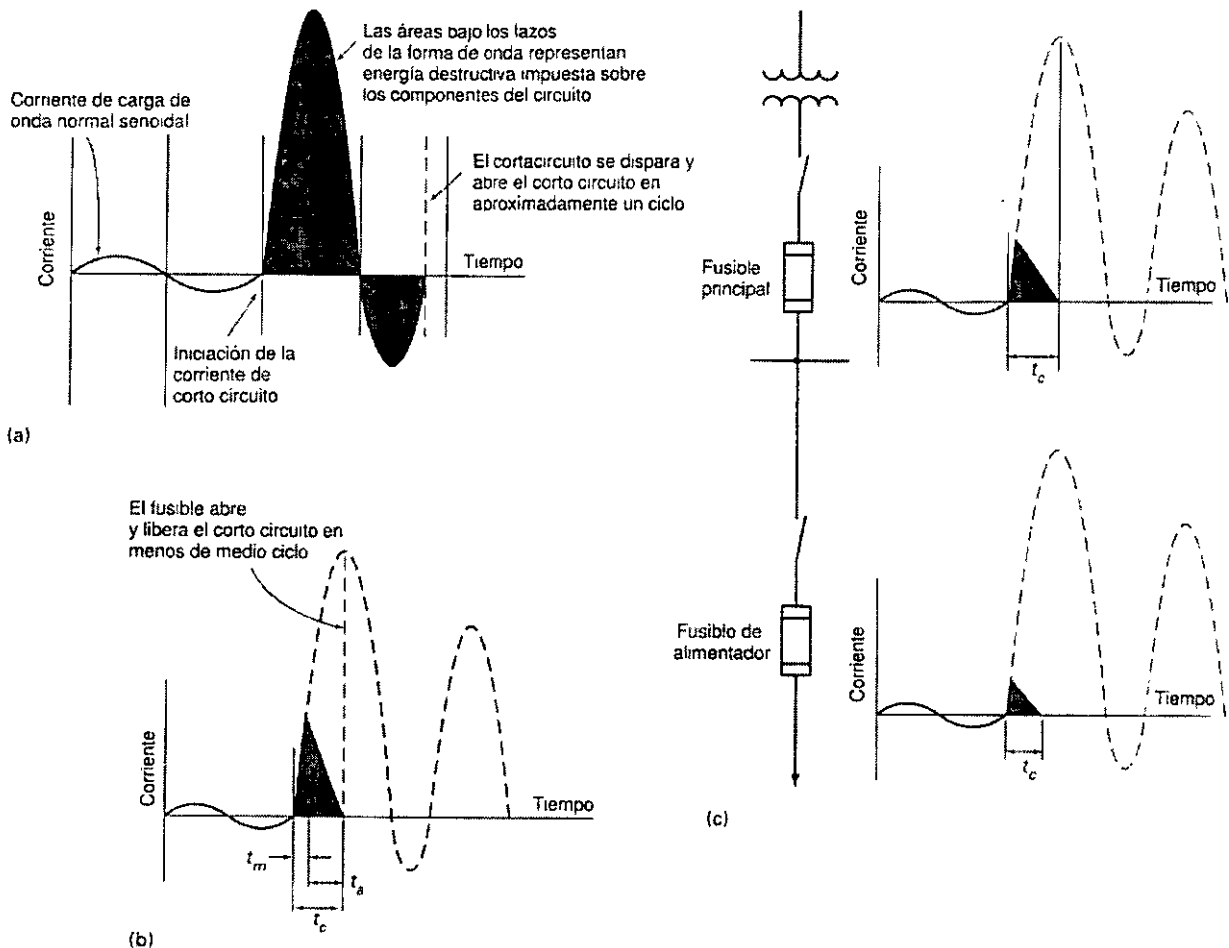


4. Una corriente de corto circuito ocasiona que se fundan las porciones de los elementos de corto circuito con área de sección recta pequeña, haciendo que los arcos quemen los espacios resultantes suprimidos por material absorbente de arcos y por la creciente resistencia del arco.



5. Fusible de elemento dual, abierto después de desconectar un corto circuito.  
 (b)

**Figura II-16. Secuencias de operación de diversos tipos de fusibles.**



**Figura II-17. Tiempos de disparo de fusibles y cortacircuitos.**

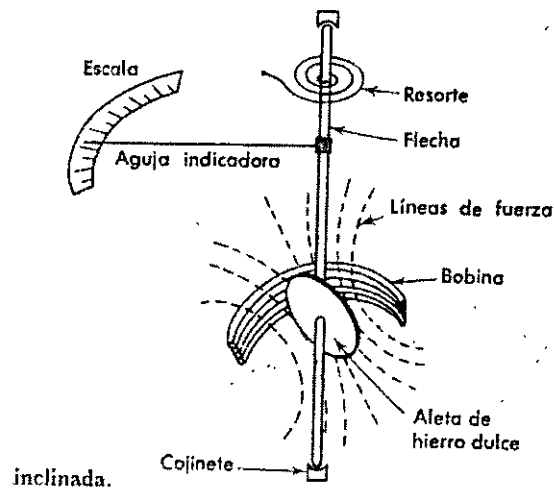
## MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA

Es de suma importancia tener instrumentos mediante los cuales se pueda medir directamente la magnitud de los factores mencionados en el capítulo anterior, como la intensidad de la corriente, el voltaje, y la resistencia, que están presentes en diversas partes de los circuitos eléctricos. Estos instrumentos se llaman **medidores** y funcionan midiendo los distintos efectos que produce la corriente eléctrica.

El principio del medidor consiste en un **movimiento** que convierta el flujo de corriente que pasa por él en un desplazamiento de una aguja indicadora que marca ese movimiento en una **escala**. El conjunto de estos elementos se introduce y se conserva en una **caja** para su protección. Como el desplazamiento es proporcional a la corriente que lo causa, el movimiento de la aguja sobre la escala indica esta cantidad de corriente. Dependiendo del circuito al que se conecta el medidor, la escala puede ser calibrada en amperes, volts, watts, ohms, etc.

La mayoría de los instrumentos de medición eléctrica utilizan el efecto magnético de la corriente eléctrica. Un conductor que lleva una corriente eléctrica está rodeado de un campo magnético. Si este conductor se enrolla en forma de bobina, el campo magnético se concentra. La fuerza de éste dependerá del número de vueltas de la bobina y de la cantidad de corriente que la atraviesa. Si se cuenta con estos datos, se puede construir un instrumento para medir la corriente.

El principio de construcción de este tipo de instrumentos es el siguiente: dentro de una bobina de alambre, se coloca una aleta de hierro dulce unida a una flecha que gira con suavidad, como se muestra en la figura II-4. Cuando fluye la corriente a través de la bobina, se establecen líneas de fuerza magnética que son paralelas a su eje. Estas líneas de fuerza magnetizan la aleta de hierro y sus líneas de fuerza tienden a alinearse con las de la bobina. Por tanto, la aleta tiende a alinearse con el eje de la bobina. Al hacerlo, hace girar la flecha en la que está montada.



**Figura II-4. Principio del medidor.**

Cuanto más fuerte es la corriente que pasa por la bobina, mayor será la fuerza del campo magnético y, por tanto, más fuerte será el efecto de alineación sobre la aleta de hierro y mayor será también la tendencia de la flecha a girar. Entonces, podemos afirmar que es posible medir la fuerza de la corriente que pasa por la bobina en términos de la magnitud de la rotación de la flecha. Esta rotación se indica por una aguja sujeta a la flecha y que se mueve sobre una escala debidamente calibrada.

Un instrumento construido con estas características será denominado, apropiadamente, de movimiento de hierro móvil. Si fuera el caso de que en el instrumento fuera construido de manera que la parte que gire sea la bobina, en lugar de la aleta de hierro, éste sería denominado de movimiento de bobina móvil. Véase la figura II-5.

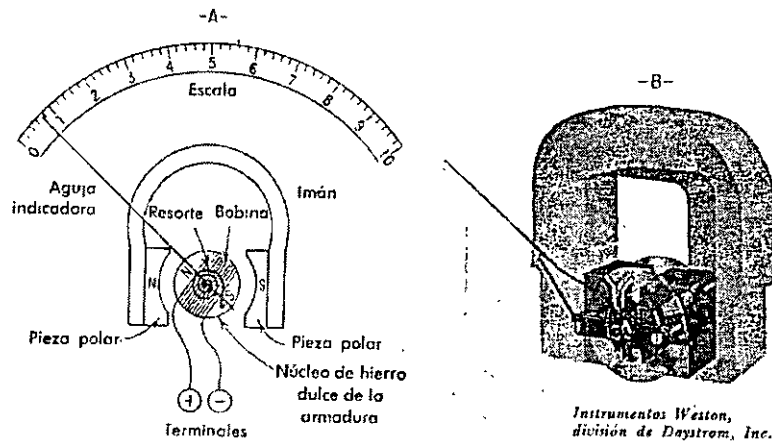


Figura II-5. Movimiento de bobina móvil.

## El galvanómetro

El galvanómetro es un instrumento que se emplea para indicar la presencia, fuerza y dirección de corrientes muy pequeñas en un circuito. Entonces, como se busca demostrar la presencia de corrientes muy pequeñas, el tipo más apropiado de instrumento sería el de bobina móvil, debido a su alta sensibilidad.

Puesto que la aguja del galvanómetro se desviará hacia un lado o hacia el otro, según se conecte el instrumento en una u otra polaridad, la bobina y la aguja indicadora deben ser montadas de manera que cuando no pasa corriente por el instrumento, la aguja permanece en reposo (cero) en el centro de la escala (véase la figura II-6). Entonces, una desviación de la aguja indicadora hacia la derecha indica el paso de una corriente que va desde la terminal del lado derecho, a la del lado izquierdo. Una desviación de la aguja hacia la izquierda, indica un flujo de corriente en la dirección opuesta. Esta clase de instrumento se conoce como galvanómetro de **cero central**.

Los números indicados en la escala generalmente son arbitrarios y sólo representan la fuerza **relativa** de la corriente. Entonces, si la aguja indicadora se desvía dos divisiones, la corriente es dos veces mayor que la que indica la desviación de una división.

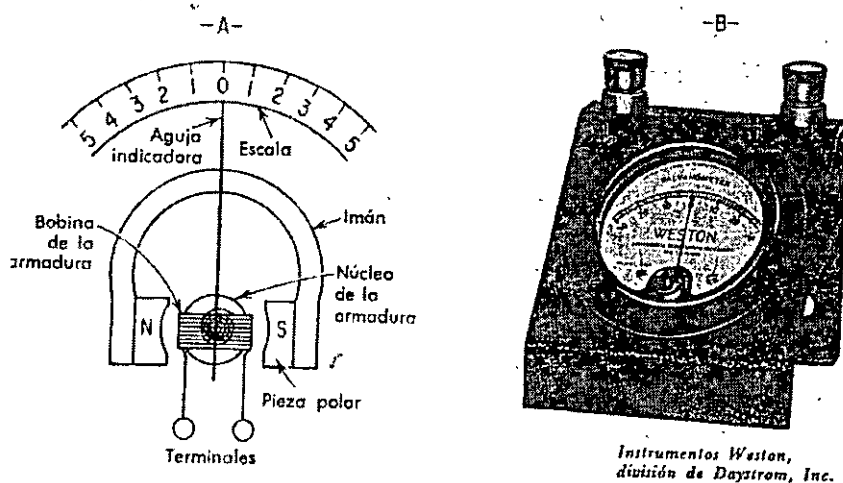


Figura II-6. Galvanómetro de cero central.

El símbolo que representa al galvanómetro, cuando se usa en un diagrama eléctrico, es:



## El amperímetro

El amperímetro se emplea para medir el flujo de corriente a través de un conductor, de la misma manera que se utiliza un fluxómetro para medir el volumen de agua que pasa por un tubo. En ambos casos, se interrumpe el circuito y se inserta el medidor en el punto de interrupción, de manera que toda el agua (en el circuito hidráulico) o toda la corriente (en el circuito eléctrico) fluyan a través del medidor respectivo (véase la figura II-7). En ambos casos, el medidor se inserta en **serie** con el circuito de prueba.

La escala se calibra para ofrecer lecturas en amperes, miliamperes o microamperes, dependiendo de la magnitud de la corriente. En general, no son empleadas escalas de cero central. En su lugar, se usa una escala con la posición cero en el extremo izquierdo y los valores aumentan a medida que la aguja se desvía más hacia la derecha.

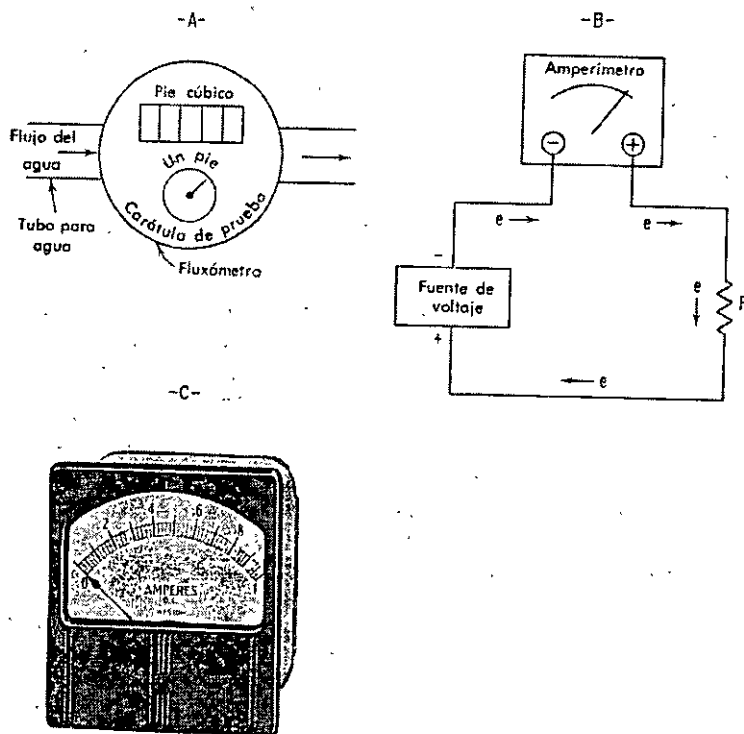


Figura II-7. Amperímetro.

El símbolo para el amperímetro, cuando se usa en los diagramas eléctricos, es:



## El voltímetro

El voltímetro se emplea para medir la diferencia de potencial (presión eléctrica o caída de voltaje) entre dos puntos de un circuito, de a misma manera que se utiliza un manómetro para medir la presión del agua en un tubo (véase la figura II-8).

En la figura II-8 (b) se utiliza el voltímetro para medir la caída de voltaje en la resistencia R. En ambos casos, el instrumento de medición se conecta en paralelo con el circuito que se prueba.

Ciertamente, en el circuito eléctrico, el medidor determina, en realidad, la **corriente** que pasa por él. Pero puesto que ésta depende de la caída del voltaje a través de la resistencia o de la carga, se puede calibrar la escala en volts, en vez de hacerlo en amperes.

La resistencia interna del voltímetro debe ser muy grande, de manera que circule muy poca corriente por él. De otra manera, tomaría demasiada corriente del circuito y, en ese caso, ofrecería una lectura falsa de la caída de voltaje a través de la carga. Como la resistencia de la bobina móvil es baja, se conecta resistencias altas, llamadas **multiplicadoras**, en serie con ella. Entonces, el voltímetro consiste en el movimiento y la resistencia multiplicadora en serie.

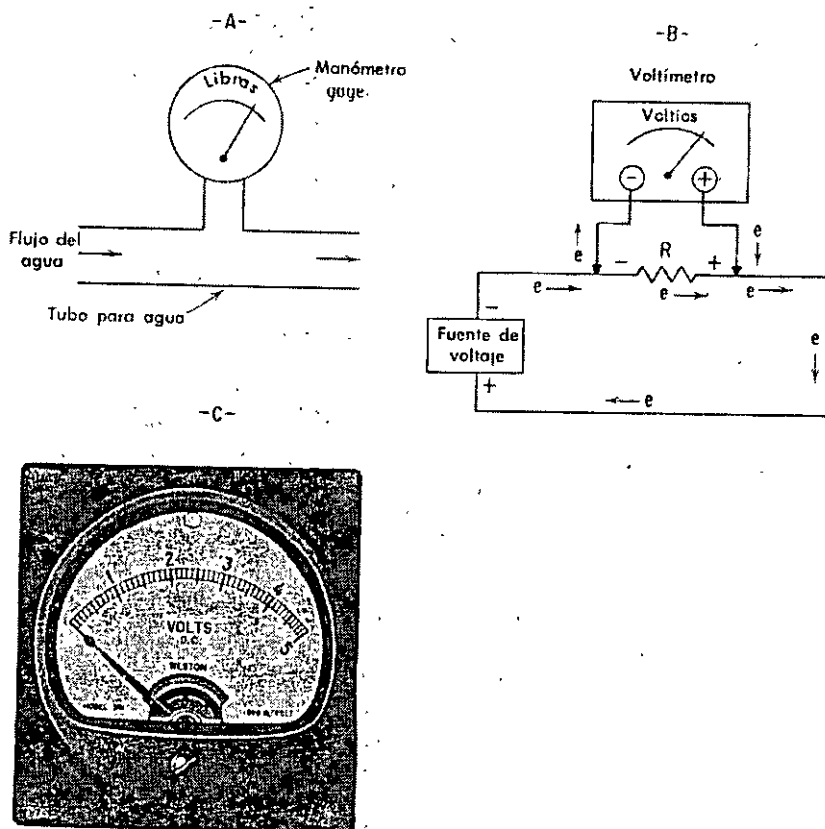


Figura II-8. Voltímetro.

El símbolo para el voltímetro, cuando se usa en los diagramas eléctricos, es:

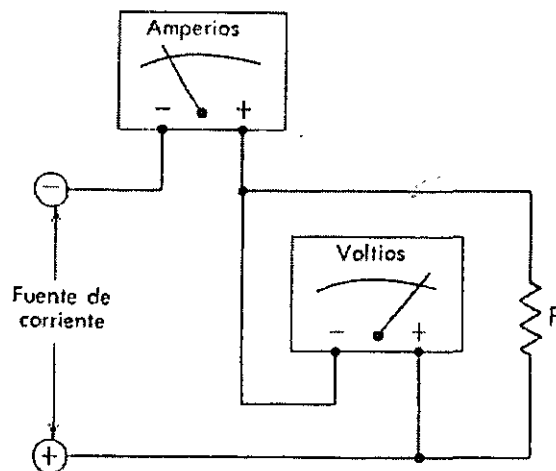


### Medición de la potencia. El wáttmetro.

La potencia eléctrica que se tiene en un circuito, es igual al producto de la corriente y el voltaje:

$$\text{amperes} \times \text{volts} = \text{watts}$$

Se puede conectar un voltímetro y un amperímetro para conocer estos valores, y calcular los watts multiplicando las dos lecturas. Por ejemplo, si se desea determinar la potencia de una resistencia (R) conectada en un circuito, se conecta los medidores como se indica en la figura II-9:



**Figura II-9. Conexión de medidores para la determinación de la potencia de una resistencia.**

No obstante, se puede obtener el mismo resultado utilizando un sólo instrumento construido específicamente para tal fin y conectado como se muestra en la figura II-10. Las dos bobinas fijas se devanan con alambre suficientemente grueso para admitir la corriente, y se conectan en serie con el circuito bajo prueba. Entonces, los campos magnéticos en torno de ellas serán proporcionales a la corriente que pasa por el circuito.

La bobina móvil se conecta en serie con una resistencia multiplicadora y ambas se conectan con el circuito. Por tanto, actúan como un voltímetro, y el campo magnético de la bobina móvil será proporcional al voltaje. Dado que el movimiento de la bobina es el resultado de la acción entre los campos magnéticos de las bobinas fijas y la móvil, el movimiento de la aguja indicadora sobre la escala indicará los watts que están presentes en el circuito, es decir, medirá la potencia eléctrica.



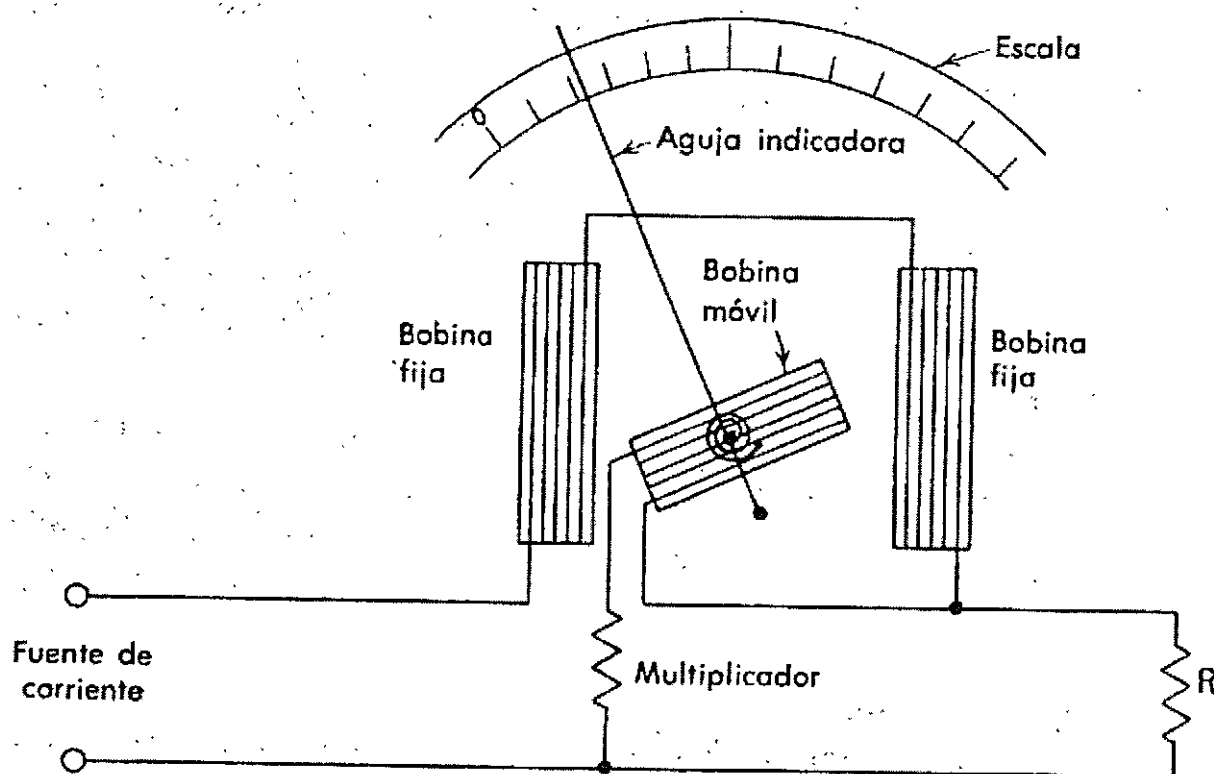
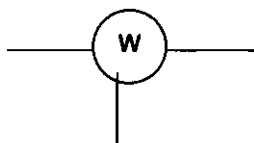


Figura II-10. Conexión del wáttmetro en un circuito.

El símbolo para el wáttmetro, cuando se usa en los diagramas eléctricos, es:



## MOTORES ELÉCTRICOS

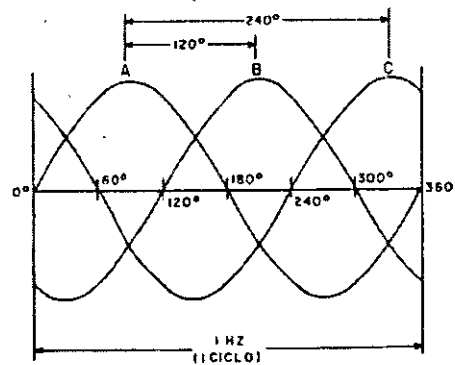
### Motores asíncronos o de inducción. Principio y características

El principio de los motores trifásicos de inducción es el de la creación de un **campo magnético giratorio** que se crea en el **estator** (la parte fija o estática de un motor) mediante la aplicación de corriente alterna trifásica en las bobinas o devanados de éste, que **induce** una corriente eléctrica en el **rotor** (la parte del motor que gira o que tiene rotación), con su correspondiente campo magnético, lo que a su vez provoca un momento de giro, produciéndose así el movimiento.

Virtualmente, cualquier equipo que requiera de movimiento, como una bomba, un elevador, un ventilador, un equipo de aire acondicionado, o incluso un equipo tan pequeño como un reloj eléctrico, requiere de un motor. Los motores se clasifican de acuerdo con las características siguientes:

- *Tamaño.* Fraccionario o de caballaje integral, etc.
- *Voltaje.* 120, 208, 240, 277, 380, 480, 600, 2300, 4160 volts, etc.
- *Número de Polos.* Dos polos (3,600 rpm), cuatro polos (1,800 rpm), seis polos (1,200 rpm), etc. (con base en 60 Hertz).
- *Fase.* Monofásico, doble, trifásico, etc.
- *Principio de operación.* Universal, de fase dividida, de inducción (jaula de ardilla, motor de rotor devanado), síncrono, etc.
- *Construcción.* A prueba de goteo, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc.
- *Características de arranque.* De alto par de arranque, de baja *I* de arranque, etc.

Los motores trifásicos de inducción operan en sistemas de tres fases que son básicamente tres sistemas monofásicos, en los que los voltajes de cada fase están defasados con respecto a las otras dos fases por  $120^\circ$  (véase la figura II-18)

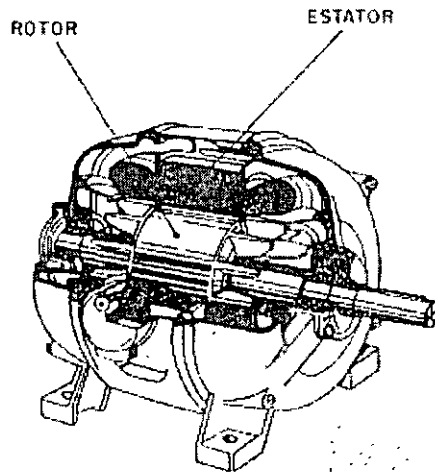


**Figura II-18. Sistema eléctrico trifásico.**

Las características de operación de los motores trifásicos son superiores a las de los motores monofásicos. Los motores trifásicos de inducción se construyen básicamente en dos tipos:

1. de jaula de ardilla
2. de rotor devanado

En las figuras II-19 y II-20 se ilustra, respectivamente, las partes constitutivas de un motor de jaula de ardilla y de un motor con rotor devanado.



CORTE DE UN MOTOR DE C.A. DE INDUCCION

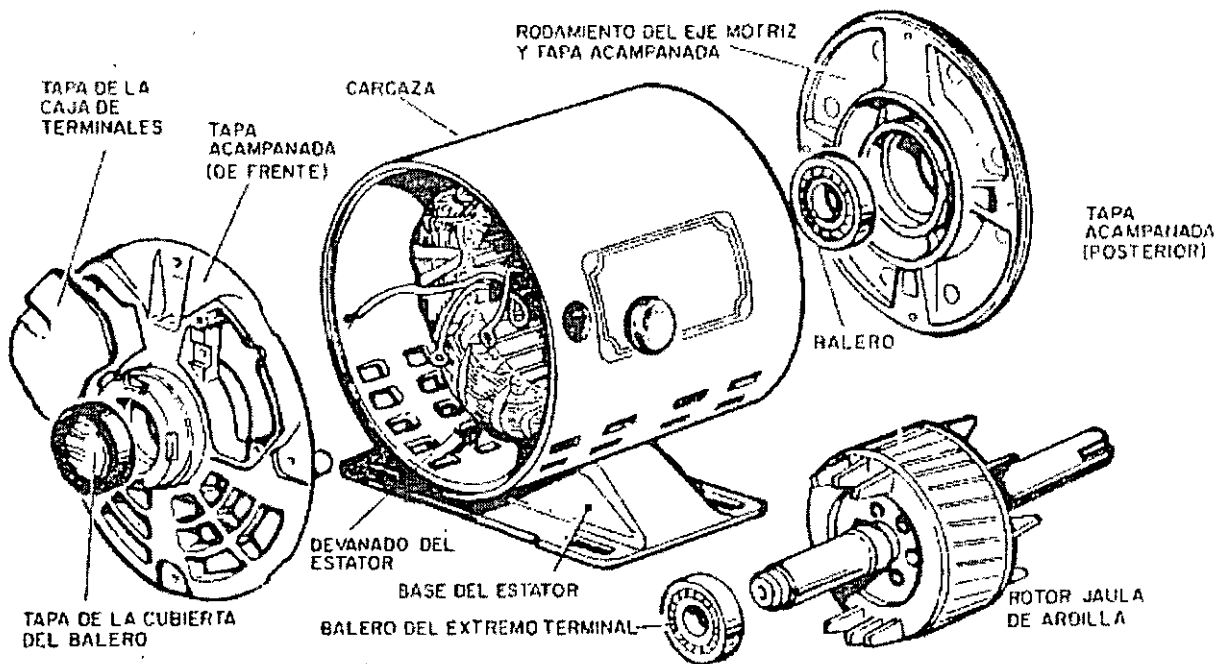
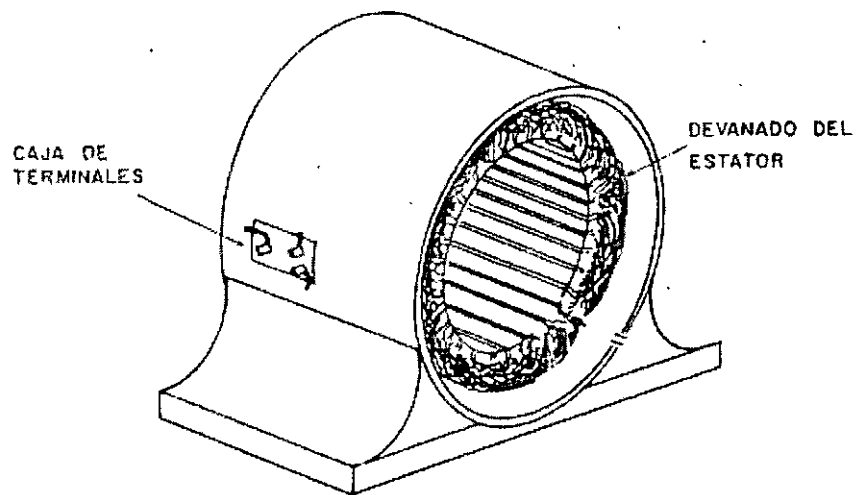
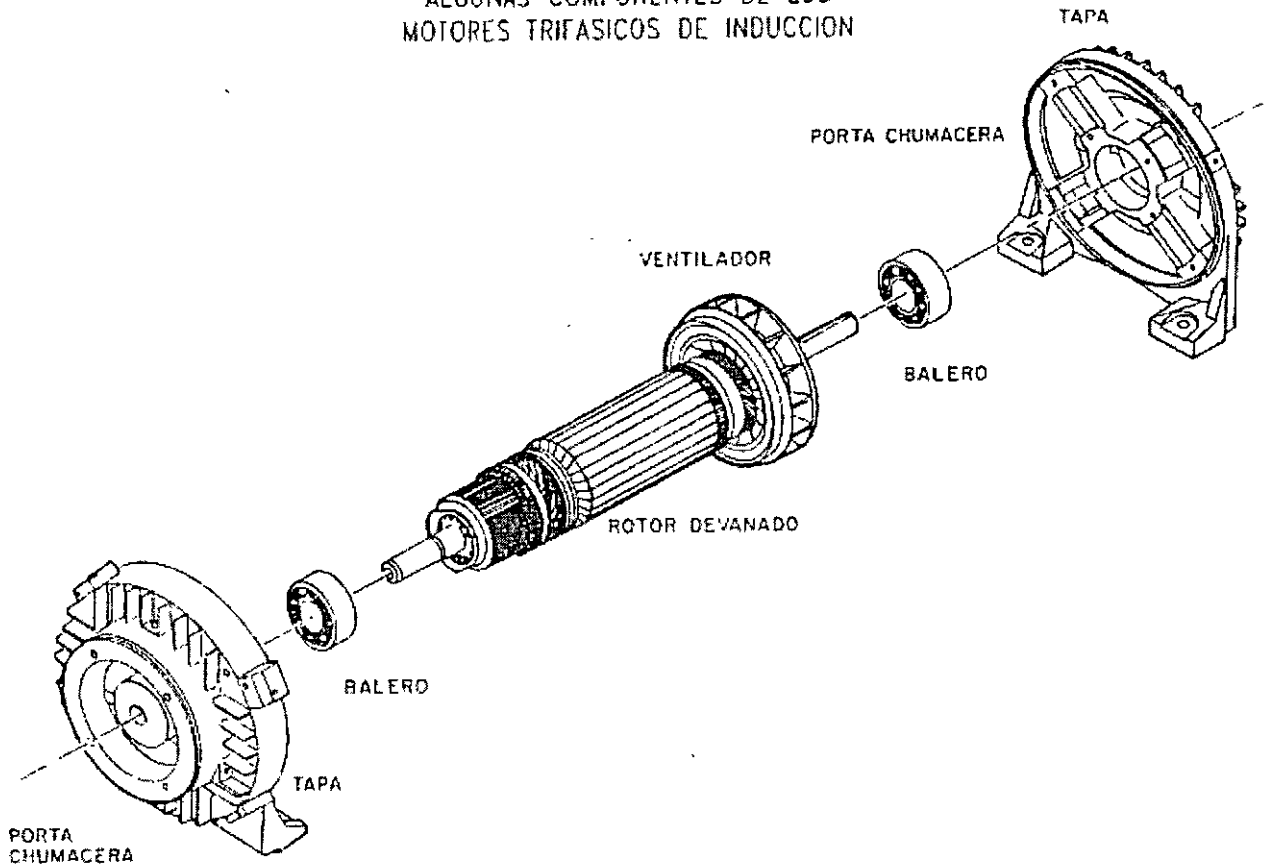


Figura II-19. Motor de jaula de ardilla.

ALGUNAS COMPONENTES DE LOS  
MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN

## ESTATOR Y CARCAZA

*Figura II-20. Motor con rotor devanado.*

La mayor parte de los motores utilizados en los equipos de los edificios son del tipo de inducción de jaula de ardilla. Debido a la reactancia inductiva del embobinado del motor, los motores de inducción siempre tienen un factor de potencia atrasado, que puede ir desde el 70 al 80% a plena carga, y tan bajo como el 10 al 20% durante el arranque. En consecuencia, la corriente de arranque de un motor puede ser de hasta 10 veces corriente a plena carga.

La potencia de un motor se establece en caballos de fuerza (HP) que es equivalente a 746 watts, o 0.75 Kw. La corriente a plena carga de un motor varía de acuerdo a su diseño.

### **Operación de motores de inducción**

Operando bajo un principio de deslizamiento, un motor de inducción tiene una velocidad normal ligeramente menor que su velocidad síncrona. Por ejemplo, un motor de dos polos normalmente tiene una velocidad síncrona de 3,600 rpm (60 Hz x 60 seg/min), pero una velocidad nominal de 3,450-3,500 rpm, si opera en un sistema de 60 Hz.

**ARRANCADORES DE MOTOR.** Cuando arranca algún motor, su corriente es mucho mayor, durante varios segundos, que su corriente normal a plena carga (corriente nominal). La persistencia de esta corriente dependerá de la rapidez con que pueda llevarse el equipo a velocidad plena, lo que a su vez dependerá de la inercia de la carga. Los interruptores ordinarios de activar y desactivar de tipo manual no son capaces de resistir el flujo momentáneo de corriente. Por lo que son necesarios interruptores diseñados para circuitos de motores. Para motores grandes de un caballo o más se requiere arrancadores automáticos. Estos arrancadores permiten momentáneamente un gran influjo de corriente, incluyendo además protección contra sobrecarga continuada. Los arrancadores pueden clasificarse de acuerdo con las propiedades siguientes:

- *Principio de operación.* Electromagnético, de estado sólido, etc.
- *Dispositivos de protección.* Con o sin disyuntor, con o sin protección contra corto circuito.
- *Circuito de arranque.* A voltaje de línea, a voltaje reducido (tipo autotransformador), conexión inicial reducida (delta-estrella, tipos con embobinado dividido)
- *Circuitos de protección.* Sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, fase inversa, etc.
- *Construcción.* Servicio general, intemperie, a prueba de agua, a prueba de explosión, etc.

Los arrancadores de motor pueden montarse individualmente, o en sistemas grandes pueden ser preensamblados como centro de control de motores para facilitar la instalación de conductores de entrelazamiento de control.

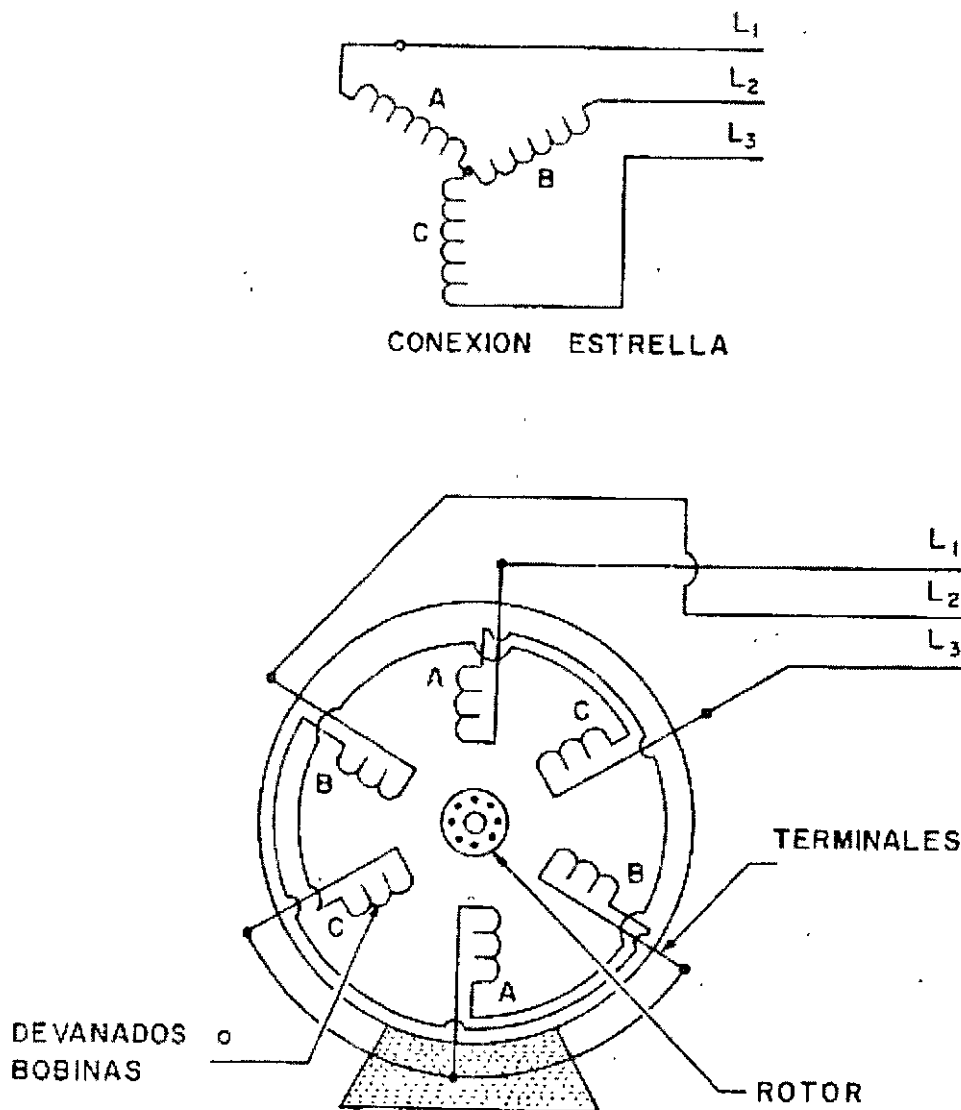
**CONEXIÓN DE LOS DEVANADOS DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS.** Los devanados del estator de un motor trifásico de inducción, sea del tipo de jaula de ardilla o de rotor devanado, se pueden conectar en estrella o en delta. Existen también otros tipos de conexiones, pero las conexiones estrella y delta son las más comunes. Los devanados conectados en delta son cerrados y forman una configuración en triángulo o en forma de

la letra del alfabeto griego, delta ( $\Delta$ ). Los devanados conectados en estrella forman una configuración en (Y).

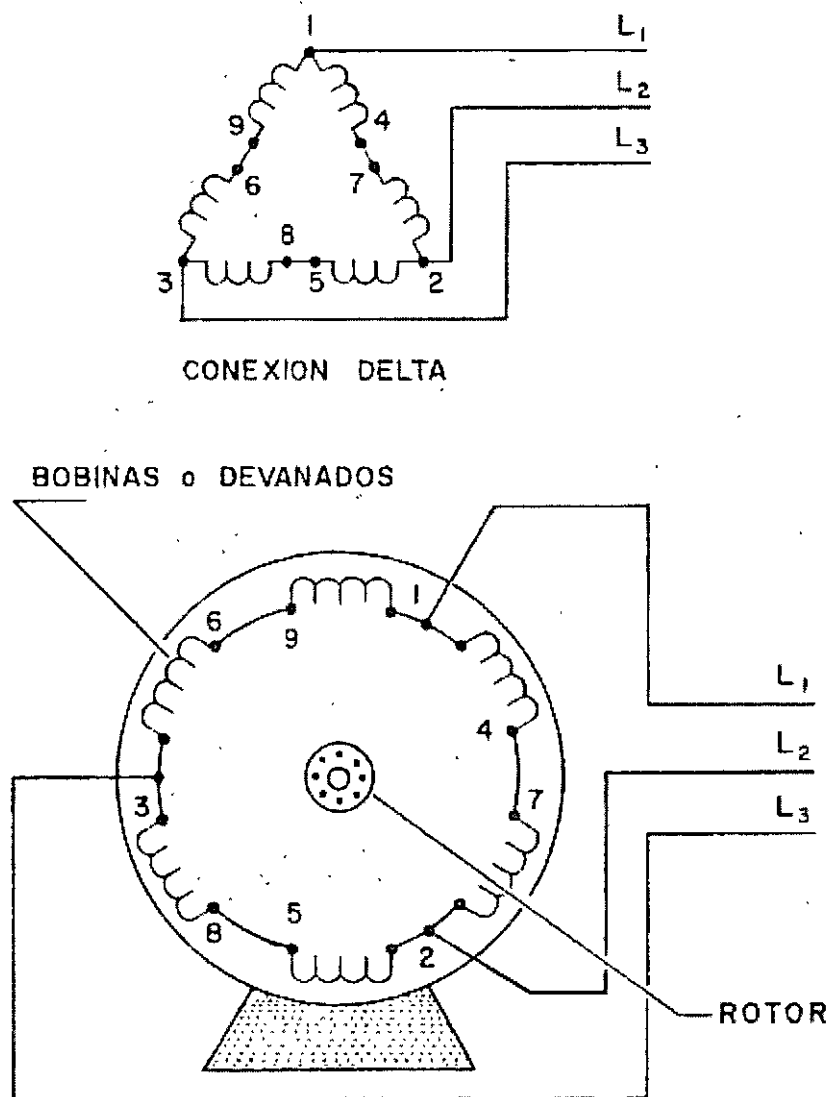
En los motores conectados en estrella, los extremos de cada una de las fases individuales se unen en un punto común. En los motores conectados en delta, los extremos de cada fase se conectan al principio de la fase siguiente. Los devanados de un motor se pueden diseñar con seis o nueve terminales para ser conectados a la línea de alimentación trifásica.

Para determinar el tipo de conexión que tiene un motor, cuando no existe este dato en la placa de características, sólo es necesario hacer uso de un óhmetro, de una lámpara de prueba o de una batería con un timbre.

En la figura II-21 se ilustra la conexión estrella y, en la II-22, la conexión delta.



*Figura II-21. Conexión estrella.*



*Figura II-21. Conexión delta.*

## ALUMBRADO

### Introducción

La **iluminación** es la correcta utilización de la luz natural, o de la generada artificialmente, para proporcionar el entorno visual deseado para trabajar y vivir.

La luz natural es una energía radiante que se origina en el sol. Otras formas de energía pueden ser convertidas en luz. Por ejemplo, quemar aceite combustible convierte energía química en calor y en energía lumínica. El medio más eficiente para convertir la energía en luz, es la energía eléctrica. Los sistemas de iluminación que son desarrollados a través de la conversión de energía eléctrica en energía luminosa, son llamados también **sistemas de alumbrado**.

## Tipos de alumbrado

El componente fundamental de los equipos de alumbrado es la fuente luminosa, llamada comúnmente lámpara. El conjunto que sujeta una o varias lámparas juntas para proporcionar iluminación, es la luminaria.

Las luminarias son diseñadas para un tipo particular de lámpara y generalmente no son adecuadas para otro tipo de lámpara.

Desde que fueron utilizadas por vez primera para proporcionar iluminación, hasta nuestros días, las lámparas son fabricadas de muy diversas formas y en muchos tipos diferentes (véase la figura II-22). Actualmente existen miles de lámparas para muy diversas aplicaciones; no obstante, todas ellas pueden ser agrupadas en cuatro tipos principales, en función de su principio operativo.

- 1) Las **lámparas incandescentes** se basan en el principio de convertir energía eléctrica en calor, a una temperatura que hace que el filamento de la lámpara se ponga incandescente (rojo o blanco)
- 2) Las **lámpara fluorescentes** contienen vapor de mercurio. Cuando se aplica un voltaje adecuado, se produce un arco eléctrico entre los electrodos opuestos, generando radiaciones ultravioleta, algunas visibles, pero en su mayor parte invisibles. Estas radiaciones ultravioleta excitan el recubrimiento de fósforo en el interior de la unidad, emitiendo así luz visible.
- 3) **Lámparas de descarga de alta intensidad (HID)**. Producen una luz de alta intensidad dentro de un tubo de arqueo interno, contenido dentro de un bulbo exterior. El gas metálico dentro del tubo de arqueo puede ser mercurio, sodio o una combinación de otros vapores metálicos. El bulbo exterior puede ser transparente o estar recubierto de fósforo. Las lámparas HID se clasifican como de mercurio, de haluros metálicos y de sodio a alta presión.
- 4) Las **lámpara misceláneas** incluyen una amplia variedad de ellas funcionando sobre varios principios distintos. Aunque su aplicación en edificios es limitada, los avances en tecnología y en producción pudieran dar una nueva dimensión al mundo de la arquitectura y del diseño de espacios. Algunos de estos nuevos tipos de lámpara son:

*Lámparas de arco corto*, es decir, lámparas de arco compacto, como la familia de lámparas xenón, que producen luz en pequeños tubos de arqueo y son lo más cercano a una verdadera fuente puntual de alta luminosidad. Son utilizadas principalmente en faros buscadores, en proyectores y en instrumentos ópticos.

*Lámparas de sodio de baja presión (LPS)*. Son lámparas monocromáticas en la región amarilla del espectro luminoso. La eficacia de una lámpara LPS llega hasta 180 lúmenes por watt, pero sus aplicaciones son limitadas en razón de su color. Las aplicaciones típicas son en calles, en carreteras, en estacionamientos abiertos y en patios de almacenamiento.



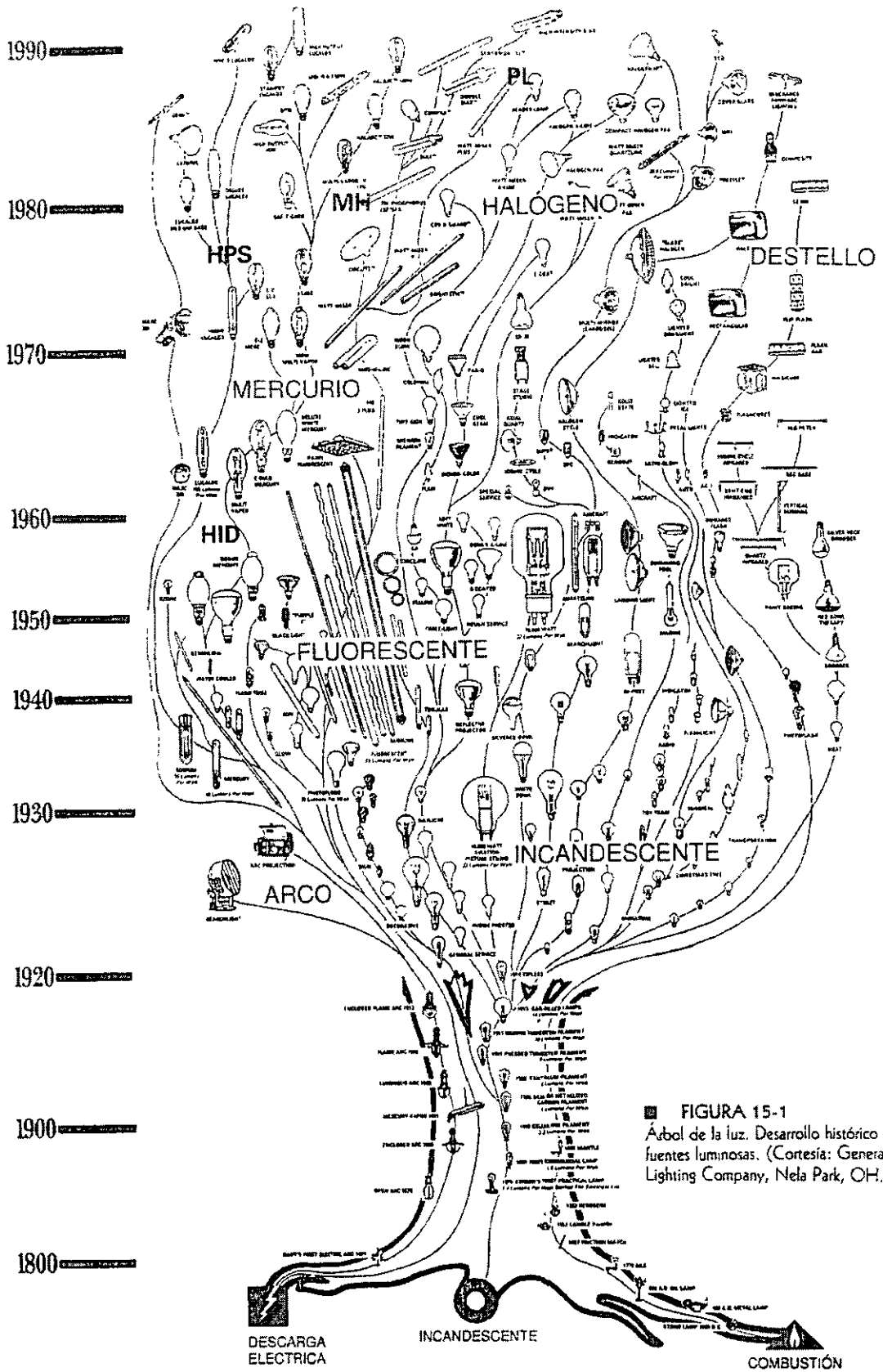
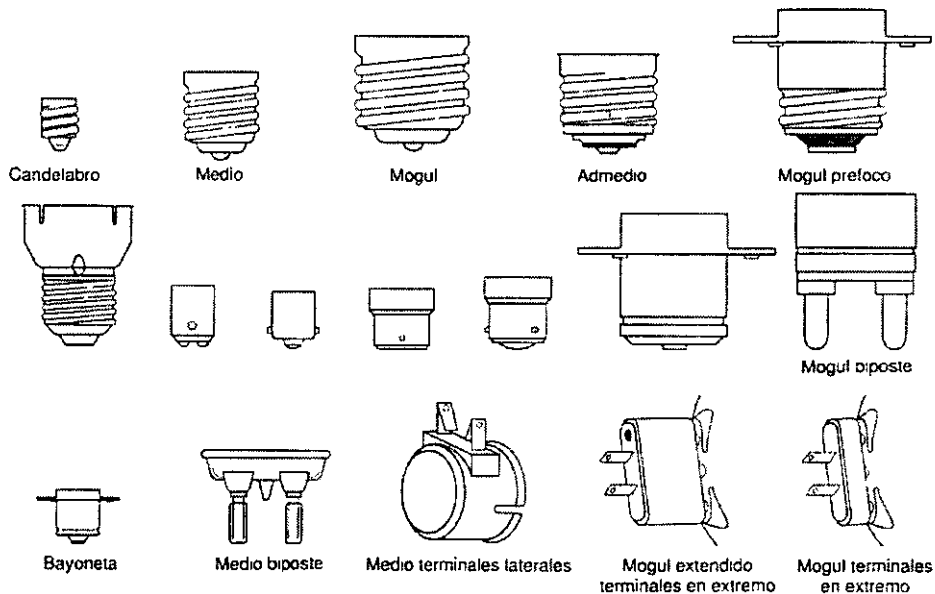


FIGURA 15-1  
Árbol de la luz. Desarrollo histórico d  
fuentes luminosas. (Cortesía: General  
Lighting Company, Nela Park, OH.)

Figura 11-22. Desarrollo histórico de fuentes luminosas.

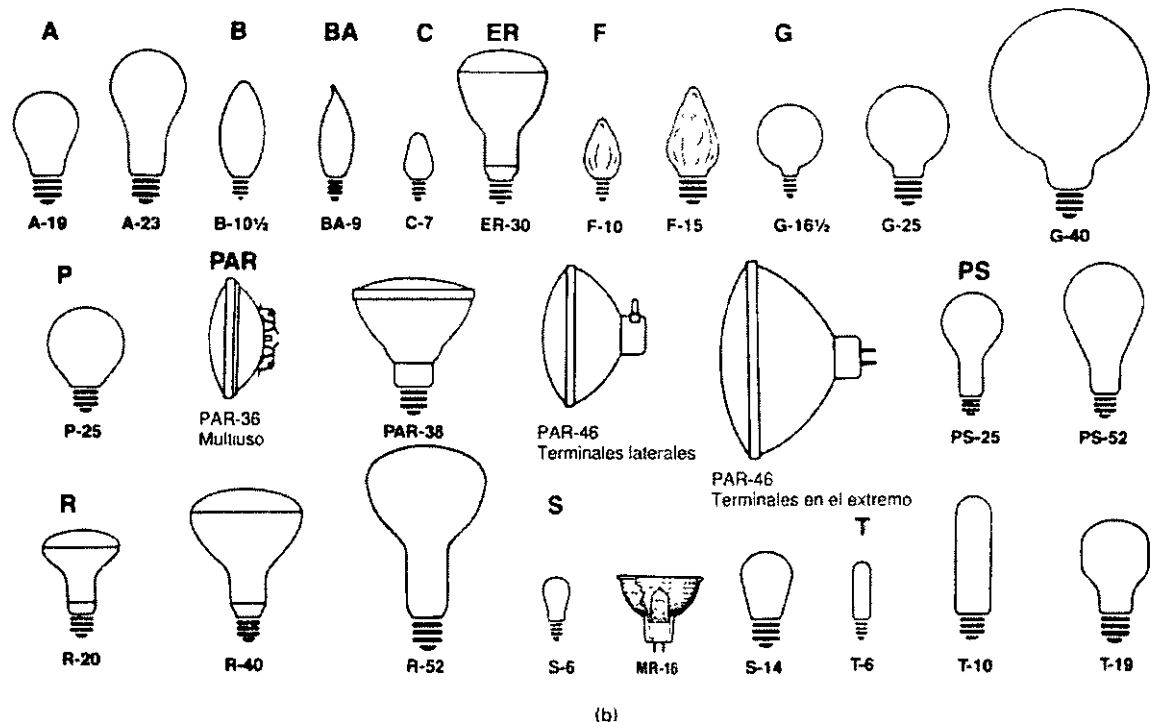
**Lámparas electroluminiscentes.** Éstas emiten luz mediante la excitación directa del fósforo por la aplicación de una corriente alterna (CA). Por tanto, pueden ser fabricadas de cualquier forma, tamaño y configuración. Las lámpara electroluminiscentes pueden producir distintos colores de luz mediante la mezcla de fósforos. Aunque son extremadamente eficientes, al rendir aproximadamente 200 lúmenes por watt, su uso está limitado a señalizaciones y aplicaciones decorativas.

En las figuras II-23 a la II-27, se lustra diferentes tipos y accesorios de lámparas incandescentes, fluorescentes, de alta intensidad (HID) y de otros tipos.



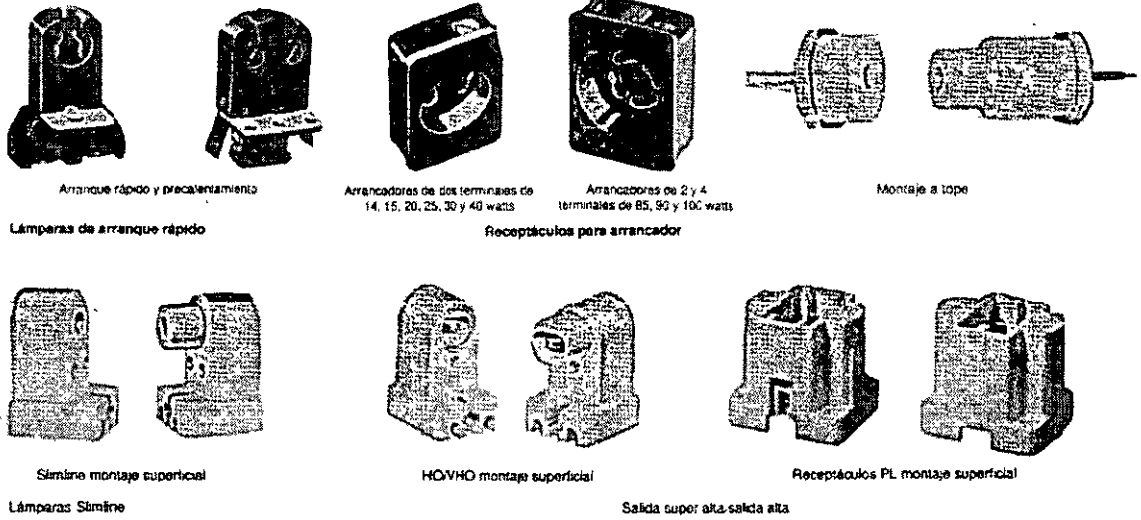
**Formas del bulbo** (los tamaños no son reales) <sup>(a)</sup>

El tamaño y la forma de un bulbo queda designado por una letra o letras, seguidas por un número. La letra indica la forma del bulbo, en tanto que el número indica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo "T-10" identifica un bulbo de forma tubular, con un diámetro de 10/8 es decir 1 1/4 pulgadas. Las siguientes ilustraciones muestran algunas de las formas y tamaños más populares de bulbo.

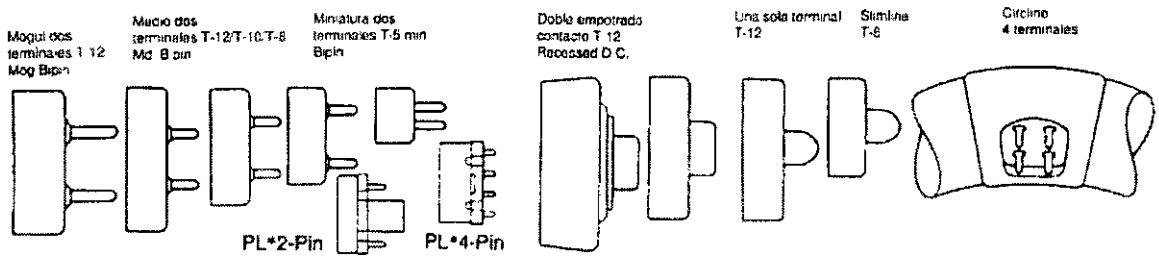


**Figura II-23. Lámparas incandescentes. (a) Bases comunes. (b) Formas.**

**Portalámparas y porta arrancadores típicos**

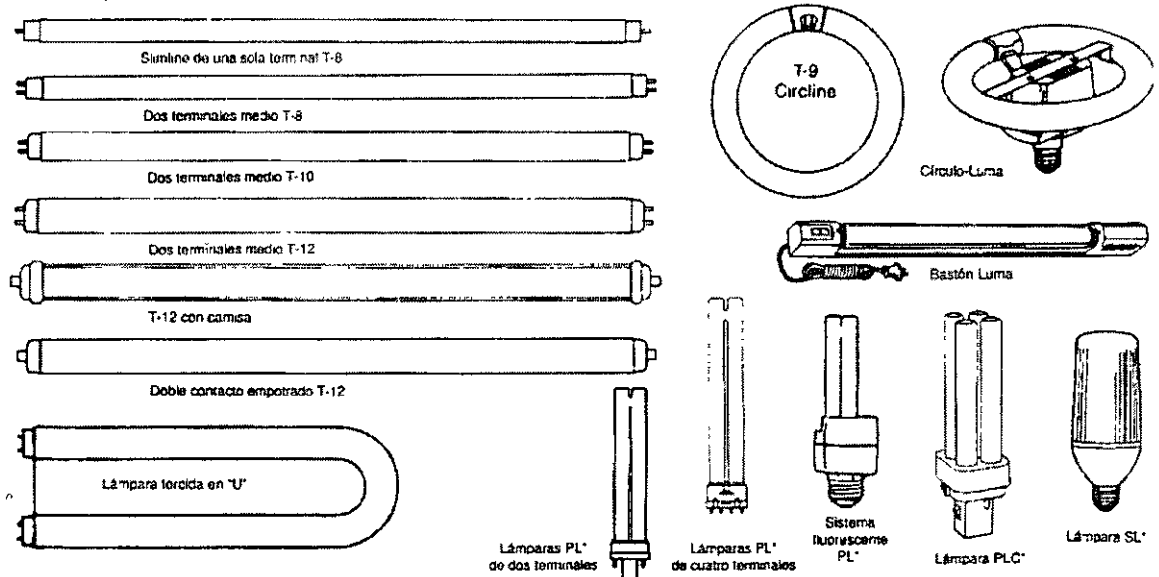


**Tipos de bases** (no a tamaño real)

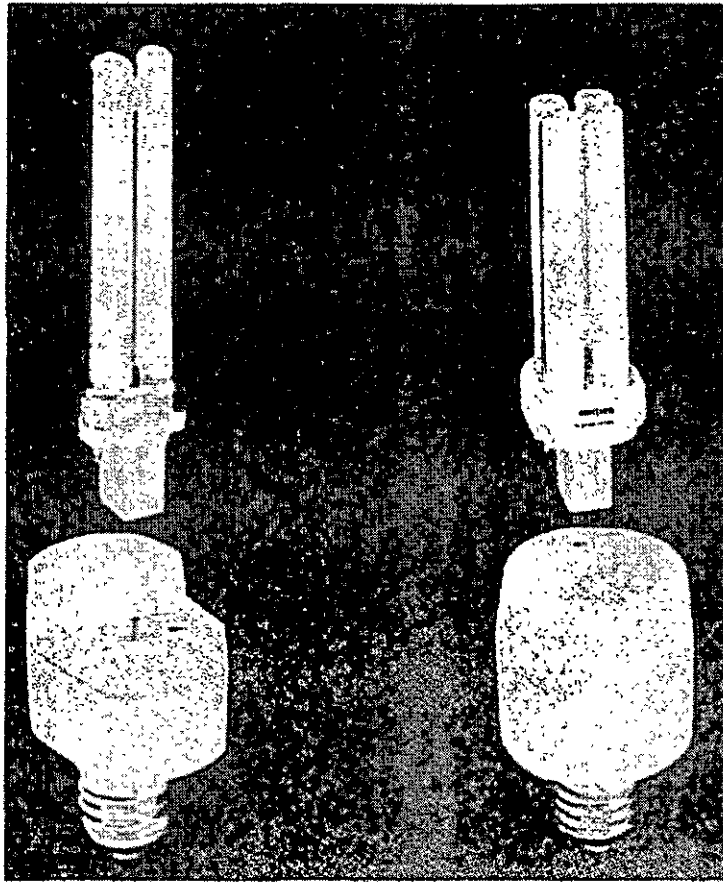


**Forma De Bulbos** (no a tamaño real)

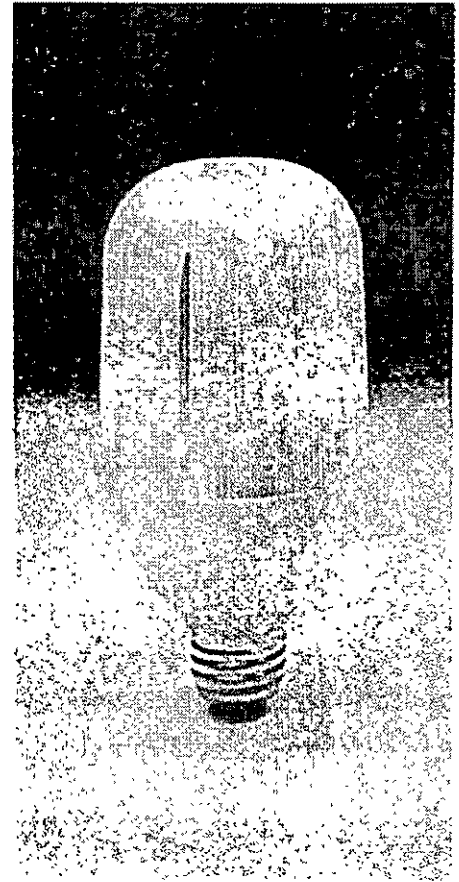
El tamaño y forma de un bulbo es designado mediante una letra o letras seguidas por un número. La letra indica la forma del bulbo en tanto que el número da el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo, T-12 indica un bulbo de forma tubular con un diámetro de 12/8, es decir de 1 1/2 pulgadas. Las ilustraciones siguientes muestran algunas de las formas y tamaños de bulbos más populares.



**Figura II-24. Portalámparas, bases y formas de los bulbos (o tubos) de lámparas fluorescentes.**

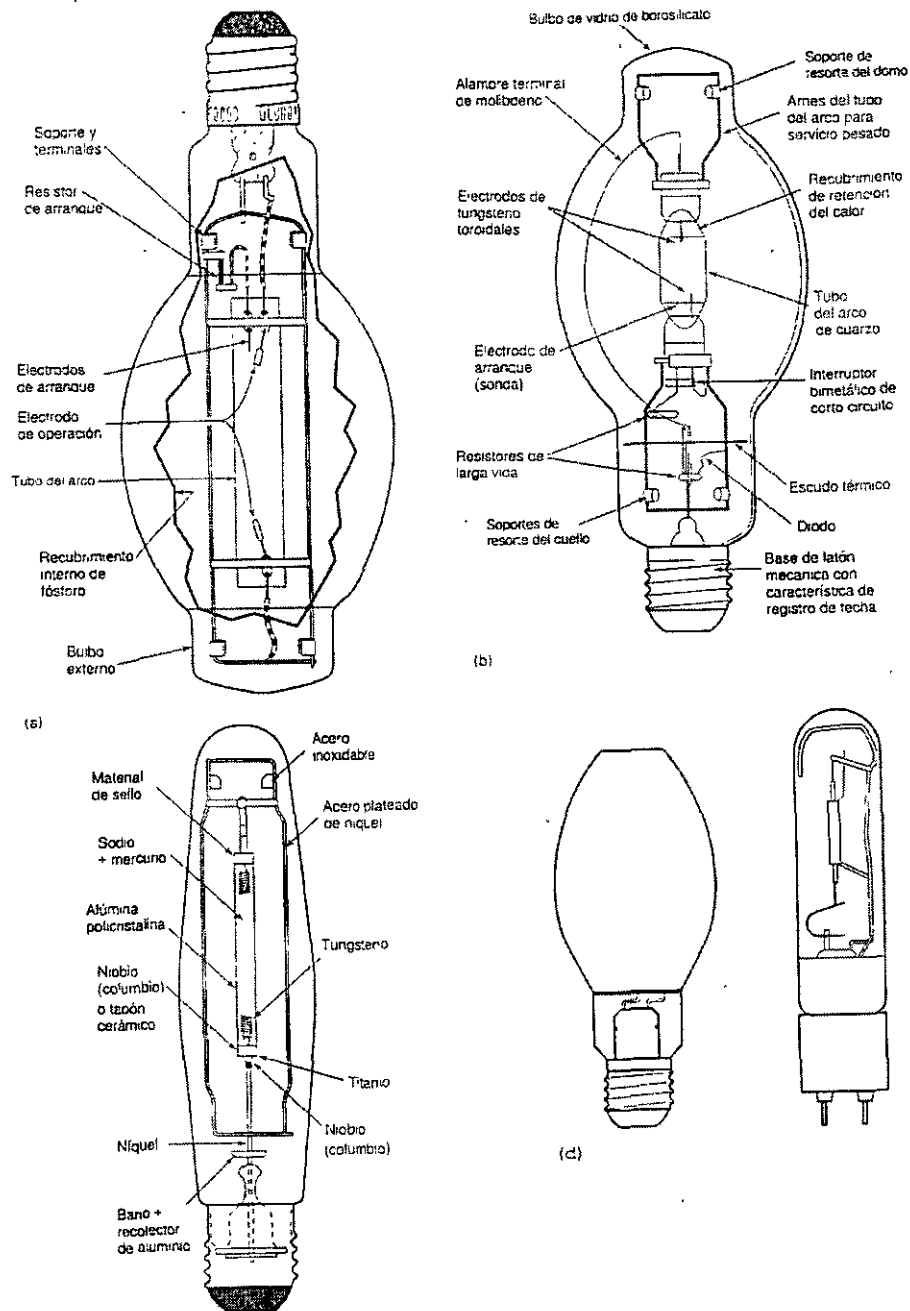


(a)

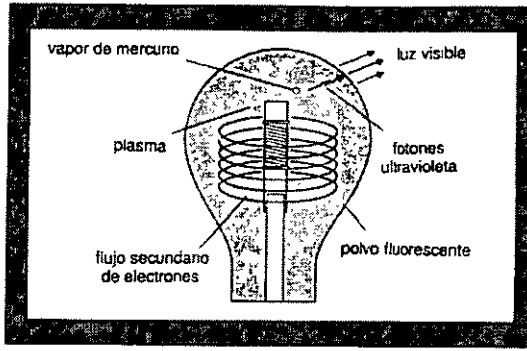


(b)

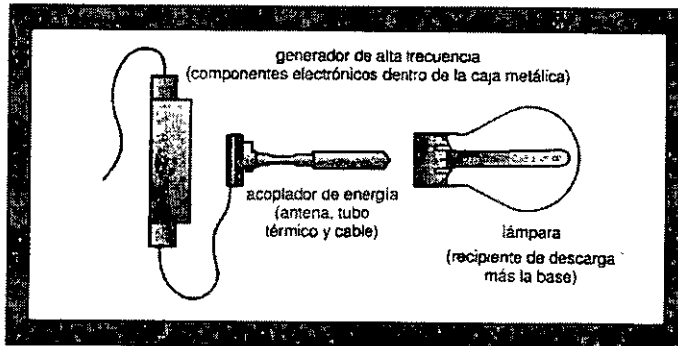
**Figura II-25. Lámparas fluorescentes. (a) Tipo PL. (b) Tipo SL.**



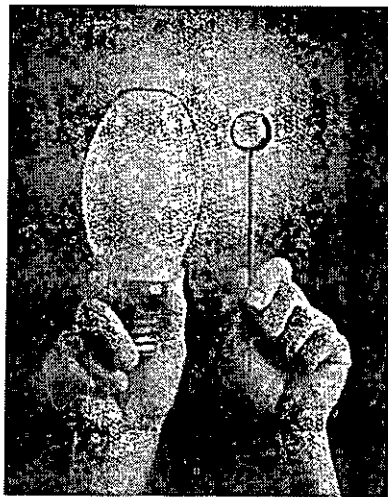
**Figura II-26. Construcción típica de lámparas HID. (a) Mercurio. (b) Haluro metálico. (c) Sodio de alta presión. (d) HPS súper blanca.**



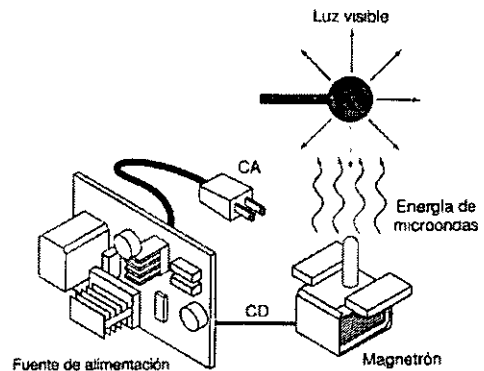
(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura II-27. Otros tipos de lámparas.**

## Ahorro de energía en el diseño de sistemas de alumbrado

En la actualidad, todos sabemos la importancia que tiene para el desarrollo de la vida el cuidado y la conservación del medio ambiente o entorno. Una parte importante de esta conservación está constituida por el ahorro de energía, ya que con el uso racional de ella se protege al medio ambiente.

En iluminación, el ahorro de energía está determinado fundamentalmente por dos principios: el máximo aprovechamiento de la luz natural y la adecuada selección de fuentes y equipos luminosos al diseñar los sistemas de alumbrado. El primero, debe ser tomado en cuenta durante la etapa de diseño arquitectónico; el segundo, durante el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas.

Existen muchos factores que deben ser considerados al seleccionar las fuentes y los equipos luminosos en un sistema de alumbrado. Algunos de ellos son:

**POTENCIA LUMÍNICA.** La potencia lumínica, expresada en lúmenes, se define como sigue:

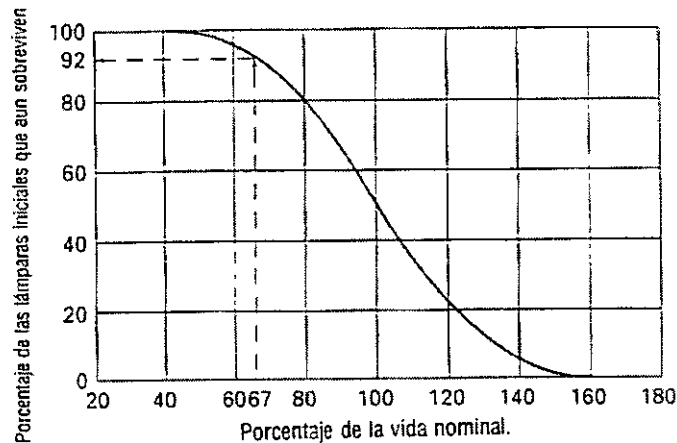
- Lúmenes iniciales: potencia lumínica nominal inicial.
- Lúmenes promedio: promedio de la potencia lumínica inicial y la potencia lumínica a final de la vida nominal de la lámpara.
- Lúmenes medios: potencia lumínica al llegar al 40% de la vida nominal de la lámpara.
- Lúmenes de haz: Lúmenes iniciales en el rayo central de un proyector.

**INTENSIDAD.** La luminosidad o intensidad luminosa de una fuente luminosa se expresa en candelas a varios ángulos de la lámpara o luminaria. Estos datos por lo general son proporcionados por los fabricantes en forma de curvas de distribución de bujías de potencia lumínica.

**EFICACIA LUMINOSA.** La eficacia luminosa, o dicho simplemente, la eficacia, se define como la potencia lumínica o flujo luminoso (lumen) por unidad de potencia eléctrica (watt) de entrada, y se expresa en lúmenes/watt (lm/w). Teóricamente, 1 watt de energía eléctrica puede ser convertido en 683 lúmenes de luz monocromática verde o en aproximadamente 200 lúmenes de luz blanca. Con esto como referencia, la eficacia de 10 a 25 lm/w de las lámparas incandescentes, deja mucho que desear.

**EFICIENCIA DE LA LUMINARIA.** La eficiencia de la luminaria es una medida de la potencia lumínica total de salida, en lúmenes, en comparación con la entrada total de potencia lumínica de todas las lámparas de la luminaria y se expresa como un porcentaje. La eficiencia de ésta, es una excelente medida para comparar luminarias con características similares de distribución en bujías, pero no necesariamente es una medida de lo bien que se esté utilizando la potencia lumínica. Por ejemplo, si se debe iluminar un cuadro en una pared, una luminaria con bulbo desnudo, 100% eficiente, suspendida frete al cuadro, no resultará tan buena como un proyector que sólo tiene una eficiencia del 60%.

**VIDA NOMINAL DE LA LÁMPARA.** La vida nominal de una lámpara se define como el tiempo que transcurre hasta que sigue funcionando sólo el 50% del grupo de lámparas. La figura II-28 muestra la curva de mortalidad de las lámparas incandescentes.



**Figura II-28. Rangos de curvas de mortalidad o de expectativa de vida típicas para lámparas incandescentes.**

**DEPRECIACIÓN DE LOS LÚMENES.** La potencia lumínica se va depreciando con el tiempo. La pérdida de luz, que se conoce como depreciación lumínica, puede ser tan alta como el 20 al 30% de la vida nominal de la lámpara. Esta característica deberá ser tomada en consideración en el diseño de la iluminación. En la tabla II-2 se enlistan características de depreciación (en lúmenes) típicas para varias lámparas.

Tipo de lámpara	Potencia lumínica aproximada (%)	
	@ 50% de la vida	@ 100% de la vida
Incandescente, tipo para servicio general	90	82
Tungsteno halógeno	97	92
Fluorescente, carga ligera (baja brillantez)	92	90
carga mediana (normal)	85	82
carga alta (salida alta)	75	65
Descarga de alta intensidad, Mercurio (H)	77	60
Haluros metálicos (MH)	70	65
Sodio de alta presión (HPS)	90	70

**Tabla II-2. Características de depreciación de lámparas (como un porcentaje de su potencia lumínica inicial)**



Por último, en la tabla II-3, se puede ver algunas de las características generales de las fuentes luminosas más comunes.

Características generales de fuentes luminosas de uso común (reproducido con permiso de IESNA)

Características generales de fuentes luminosas de uso común									
Fuente luminosa	Rango en watts	Eficiencia (lm/W)	Vida	Mantenimiento de lámparas	Tiempo de arranque	Exactitud de color	Requiere balastro	Capacidad de atenuación	Control óptico
Filamento incandescente	10 a 1,500	Muy bajo	De muy bajo a bajo	De regular a bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	Muy bueno	Bueno
Tungsteno halógeno	10 a 2,000	Muy bajo a bajo	Muy bajo a bajo	Bueno o muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	No	Bueno	Muy bueno
<b>De descarga de baja presión</b>									
Fluorescente estándar	15 a 40	Bajo a bueno	Regular a muy bueno	Regular a bueno	Bueno a muy bueno	Bajo a muy bueno	Sí	Bueno	Pobre
Fluorescente Slimline	20 a 75	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy bueno	Regular a muy bueno	Sí	Bajo	Pobre
Fluorescente de alto rendimiento	35 a 110	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy bueno	Regular a muy bueno	Sí	Bueno	Pobre
Fluorescente de muy alto rendimiento	38 a 215	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy bueno	Regular a muy bueno	Sí	Bueno	Pobre
Fluorescente línea Econoline (T-12)	30 a 185	Regular a bueno	Regular a bueno	Regular a bueno	Muy bueno	Bajo a muy bueno	Sí	Bajo	Pobre
Fluorescente de alta eficacia	18 a 40	Bueno	Bueno	Bueno	Muy Bueno	Bueno a muy bueno	Sí	Regular	Pobre
Fluorescente compacto	5 a 40	Bueno	Regular a bueno	Bueno	Bueno a muy bueno	Bueno a muy bueno	Sí	Muy bajo	Regular
<b>Descarga de alta intensidad</b>									
Mercurio	40 a 1,000	Bajo a regular	Bueno a muy bueno	Muy bajo a regular	Bajo	Muy bajo a regular	Sí	Regular	Pobre
Mercurio con autobalastro	100 a 1,500	Muy bajo	Regular a muy bueno	Bajo a regular	Regular	Bajo a regular	No	Muy bajo	Pobre
Haluro metálico	32 a 1,500	Bueno	Bajo a regular	Muy bajo	Bueno	Bajo	Sí	Bajo	Bueno
Sodio de alta presión	35 a 1,000	Regular a bueno	Regular a muy bueno	Regular a bueno	Regular	Bajo a bueno	Sí	Bajo	Bueno
<b>Misceláneos</b>									
Sodio de baja presión	10 a 180	Regular a muy bueno	Regular a bueno	Bueno a muy bueno	Regular	Muy bajo	Sí	Muy bajo	Pobre
Cátodo frío	10 a 150	Bajo	Muy bueno	Regular a bueno	Muy bueno	Bajo a muy bueno	Sí	Bueno	Pobre

\*Para datos específicos véanse los catálogos de los fabricantes

**Tabla II-3. Características generales de fuentes luminosas de uso común.**

---

## BIBLIOGRAFÍA

- **Tao, William K. Y. & Janis, Richard R.**, "Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios, Tomos I y II", edit. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A., México, 1998.
- **Marcus, Abraham**, "Electricidad para técnicos", edit. Diana, México, 1983.
- **Enríquez Harper, Gilberto**, "Manual de operación y mantenimiento de motores eléctricos", edit. DGETI, México, 1993.

## LECTURAS RECOMENDADAS

- **Becerril L., Diego Onésimo**, "Datos prácticos de instalaciones eléctricas", edit. Norte 66-A, col. S. Díaz Mirón, 07400, D. F., México, 7ª. edición.
- **CFE**, "Normas de montajes. Conexiones y medidores", edit. CFE, México.
- **LATINCASA**, "Catálogo de productos", edit. Conductores LATINCASA, S. A. de C. V., México, 1989.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN  
CONTINUA Y A DISTANCIA

# *SISTEMAS DE MANTENIMIENTO (INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA HOSPITALES)*

*Del 12 al 16 de Noviembre de 2007*

## **TABLAS**

CI - 178

*Instructor: Ing. Raúl Moncada Fuentes  
SECRETARÍA DE SALUD  
Noviembre DE 2007*

Tabla 4B.95

Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

C.P.	Motor de inducción de jaula de ardilla para motor devanado (amperes)			Motor sincrónico, con factor de potencia unitario (amperes)		
	220 V.	440 V.	2400 V.	220 V.	440 V.	2400 V.
1/2	2.1	1.0				
3/4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	—	158	29
200	502.0	251.0	47	—	210	38

Estos valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales para transmisión por banda y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad. En estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

TABLA 302.4

Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN, THW, T, TW, TWB, ATW		RU, THW, RUL, THW, THWN, UL, NTHW		PLC, V, MI		TA, THS, SA, AVB, SE, EP, THW, HUL, THUN, AFW, LP, NTHW *	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	135	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425

Continúa TABLA 302.4  
Capacidad de corriente de conductores de cobre aislados (amperes)

Temperatura máxima del aislamiento	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Tipos	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RUH, THW, THWS, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TRS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, XHHW *	
Calibre AWG MCM	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire	En tubería o cable	Al aire
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1 000	455	780	545	935	585	1 000	585	1 000

\* Los tipos EP y XHHW pueden ser directamente enterrados. (Véanse notas de esta tabla al final de la misma).

Tabla 03.94

Corriente a plena carga en amperes, de motores  
monofásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corriente a plena carga son para motores que funcionen a velocidades normales y con características de par también normales. Los motores de velocidad especialmente baja o de alto par motor pueden tener corrientes a plena carga mayores, y los de velocidades múltiples tendrán una corriente a plena carga que varía con la velocidad; en estos casos debe usarse la corriente a plena carga indicada en la placa de datos.

C.P.	127 V.	220 V.
1/6	4.0	2.3
1/4	5.3	3.0
1/3	6.5	3.8
1/2	8.9	5.1
3/4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1½	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7½	72.0	42.0
10	91.0	52.0