FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, UNAM
ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES
DEL 1 AL 12 DE JULIO DE 1996
DIRECTORIO DE PROFESORES

ING. CARLOS GARCIA ROMERO
DIRECTOR GENERAL
GENERTEK, S.A. DE C.V.
TUXPANGO No 105
INDUSTRIAL
07800 GUSTAVO A MADERO, MEXICO D.F.
759 35 11 537 18 77

M. EN I. ALEX G. RAMIREZ RIVERO
GERENTE TECNICO
GENERTEK, S.A. DE C.V.
TUXPANGO No 109
INDUSTRIAL
07800 GUSTAVO A MADERO, MEXICO D.F.
759 35 11 537 18 77

ING. JOSE LUIS BONILLA GRIZ
GERENTE DE DES. DE NUEVOS PRODUCTO
LUMISISTEMAS, S.A.
BLVD. TOLUCA No 520-A

NAUCALPAN, ESTADO DE MEXICO
227 72 77

ING. ERNESTO MENDOZA ESTRADA
GERENTE DE LABORATORIO
MANUFACTURERA DE REACTORES, S.A.
VICENTE GUERRERO No 28 Y 30
DEL MORAL ZONA IND.
09300 IZTAPALAPA, MEXICO D.F.
694 67 66 FAX 694 10 60

ARQ. ENRIQUE QUINTERO LOPEZ
DIRECTOR GENERAL
ILUMINACION CORPORATIVA, S.A. DE C.V.
TUXPAN No 89
ROMA SUR
06760 CUAUHTEMOC, MEXICO D.F.
264 51 28 264 50 44

ING. ALFREDO BADILLO TREJO
GERENTE DE SERVICIOS
OSRAM DE MEXICO, S.A. DE C.V.
CAMINO A TULTEPEC No 8

TULTITLAN, ESTADO DE MEXICO
872 16 00

ING. FERNANDO ESPNOSA DE LOS MONTEROS
DIRECTOR
ARIN LATINOAMERICANA, S.A. DE C.V.
LAGO TANA No 43-7
HUICHAPAN
11290 MIGUEL HIDALGO, MEXICO D.F.
399 66 76

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, UNAM
ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES
DEL 1 AL 12 DE JULIO DE 1996
DIRECTORIO DE ASISTENTES

ING. RICARDO ARTURO DURAN RAMIREZ
COORDINADOR DE PROYECTOS
FIDE
LEON TOLSTOI N|22
NUEVA ANZURES MIGUEL HIDALGO
11500 MEXICO D.F.
2 54 30 44

ING.MARTIN GARCIA ANGELES
ANALISTA TECNICO
SOC.INMOB.Y FRACC. SA DE CV
CALZ.DESIERTO DE LOS LEONES N|35
SAN ANGEL INN ALVARO OBREGON
01000 MEXICO D.F.
5 50 11 33 EXT.166

ING. ELADIO ISLAS RAMIREZ
TECNICO
FIDE
LEON TOLTOI N|22
NUEVA ANZURES MIGUEL HIDALGO
11500 MEXICO D.F.
2 54 20 44

ING. RICARDO JIMENEZ CABELLO
REPRESENTANTE DE VENTAS
NEW LIGHT S.A. DE C.V.
EMILIANO ZAPATA N|65
SANTA MARIA TOMATLAN IZTAPALAPA
09870 MEXICO D.F.
6 08 41 65

LAE SANDRA LOPEZ MORENO
PROMOCION /RELACIONES PUBLICAS
ELECTROTECNICA ESPECIALIZADA
CALLE 631 N|24
UNIDAD ARAGON GUSTAVO A. MADERO
07920 MEXICO D.F.
2 80 14 56

ING. GERARDO E. MARTINEZ MARTINEZ
ARQ.PROYECTISTA
ITESM-RECTORIA ZONA SUR
CARR.LAGO DE GPE. KM.3.5
MARGARITA MAZA DE JUAREZ
ATIZAPAN DE ZARAGOZA EDO.DE MEX.
326-59-27

JOSÉ JESUS PEREZ CALVO
GERENTE
NEW LIGHT, S.A.DE C.V.
EMILIANO ZAPATA 65
STA.MA. TOMATLAN DELG.IZTAPALAPA
09870 MEXICO, D.F.
608-41-65

ING.CLAUDIA YAMEL VAZQUEZ PARADA

744-07-08

ING. VALENTIN VAZQUEZ TRUJILLO
ING. DE MANTENIMIENTO
XEROX MEXICANA S.A. DE C.V.
BOSQUES DE DURAZNOS 61
BOSQUES DE LAS LOMAS M.HIDALGO
11700 MEXICO, D. F.
326-30-00 EXT.1330

ING.FELIPE VILLASEÑOR GONZALEZ
GTE.DE PROYECT.INMOBILIARIOS
XEROX MEXICANA S.A.DE C.V.
BOSQUE DE DURAZNO 61
BOSQUES DE LAS LOMAS M.HIDALGO
11700 MEXICO, D. F.
352-90-04

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtemoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM
CURSOS ABIERTOS

CURSO: ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES
FECHA: DEL 1o. AL 12 DE JULIO DE 1996

EVALUACIÓN DEL PERSONAL DOCENTE

(ESCALA DE EVALUACIÓN: 1 A 10)

CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	COMUNICACIÓN CON EL ASISTENTE	PUNTUALIDAD
ING. CARLOS GARCIA ROMERO				
ING. ALEX RAMIREZ RIVERO				
ING. ALFREDO BADILLO TREJO				
ING. ERNESTO MENDOZA ESTRADA				
ING. JOSE LUIS BONILLA GRIZ				
DR. FEDERICO NAVA				
ARQ. ENRIQUE QUINTERO LOPEZ				
ING. FERNANDO ESPINOSA DE LOS MONTEROS ALZAGA				

Promedio _____

EVALUACIÓN DE LA ENSEÑANZA

CONCEPTO	CALIF.
ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DEL CURSO	
GRADO DE PROFUNDIDAD DEL CURSO	
ACTUALIZACIÓN DEL CURSO	
APLICACIÓN PRACTICA DEL CURSO	

Promedio _____

EVALUACIÓN DEL CURSO

CONCEPTO	CALIF.
CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
CONTINUIDAD EN LOS TEMAS	
CALIDAD DEL MATERIAL DIDÁCTICO UTILIZADO	

Promedio _____

Evaluación total del curso_____

Continúa...2

1. ¿Le agradó su estancia en la División de Educación Continua?

SI ☐ NO ☐

Si indica que "NO" diga porqué: _____

2. Medio a través del cual se enteró del curso:

Periódico *Excélsior*	
Periódico *La Jornada*	
Folleto anual	
Folleto del curso	
Gaceta UNAM	
Revistas técnicas	
Otro medio (Indique cuál)	

3. ¿Qué cambios sugeriría al curso para mejorarlo?

_____

4. ¿Recomendaría el curso a otra(s) persona(s) ?

SI ☐ NO ☐

5.¿Qué cursos sugiere que imparta la División de Educación Continua?

_____

6. Otras sugerencias:

_____

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

DEL 1 AL 12 DE JULIO DE 1996

COORDINADOR: ING. CARLOS GARCIA ROMERO

DIA	HORA	TEMA	EXPOSITOR
LUNES 1	17:00 A 18:00	OBJETIVO DEL CURSO	ING. CARLOS GARCIA R.
	18:00 A 19:00	TARIFAS ELECTRICAS	ING. ALEX RAMIREZ R.
	19:00 A 21:00	TERMINOLOGIA	ING. ALEX RAMIREZ R.
MARTES 2	17:00 A 21:00	LAMPARAS	ING. ALEX RAMIREZ R.
MIERCOLES 3	17:00 A 19:30	BALASTROS PARA LAMPS. FLUORESCENTES	ING. ALFREDO BADILLO T.
	19:30 A 21:00	BALASTROS PARA LAMPARAS H.I.D.	ING. ERNESTO MENDOZA E.
JUEVES 4	17.00 A 19:00	FOTOMETRIA	ING. JOSE LUIS BONILLA G.
	19:00 A 21:00	LUMINARIOS	ING. CARLOS GARCIA R.
VIERNES 5	17:00 A 21:00	CONTROLES	ING. CARLOS MENDOZA E.
LUNES 8	17:00 A 19:00	RECOMENDACIONES Y NORMATIVIDAD	ING. CARLOS GARCIA R.
	19:00 A 21:00	PROCEDIMIENTO DE CALCULO ZONAL	ING. CARLOS GARCIA R.
MARTES 9	17:00 A 19:00	EJERCICIO DE CALCULO	ING. CARLOS GARCIA R.
	19:00 A 21:00	ILUMINACION DE ESTACIONAMIENTOS	ING. CARLOS GARCIA R.
MIERCOLES 10	17:00 A 18:30	ILUMINACION DE HELIPUERTOS	DR. FEDERICO NAVA
	18:30 A 21:00	DESARROLLO DE UN PROYECTO	ARQ. ENRIQUE QUINTERO
JUEVES 11	17:00 A 21:00	DESARROLLO DE UN PROYECTO	ARQ. ENRIQUE QUINTERO
VIERNES 12	17:00 A 19:30	EVALUACION ENERGETICA DE UN PROYECTO	ING. ALEX RAMIREZ R.
	19:30 A 20:30	MESA REDONDA	ING. CARLOS GARCIA R.
	20:30 A 21:00	CLAUSURA	ING. CARLOS GARCIA R.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

TARIFAS ELECTRICAS

Presentado por : ING. ALEX RAMIREZ R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtémoc 06000 México, D F APDO. Postal M-2285
Teléfonos. 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

TEMA 1

TARIFAS ELECTRICAS

INTRODUCCION

Haciendo caso omiso de los muchos tipos de tarifas y de los diferentes procedimientos de cálculo de cualquier compañía de generación de energía eléctrica del mundo, todas las facturas extendidas sobre el consumo de fuerza obedecen al mismo patrón.

Por lo común hay tres conceptos de cargo para formular estas facturas: demanda máxima, energía consumida y factor de potencia.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación de energía eléctrica, de la transmisión y distribución de la misma, de acuerdo con los medios disponibles para efectuarlas.

En este renglón se incluyen los cargos redituables de la inversión, agregando intereses, impuestos, amortización, etc. Los cargos por concepto de energía comprenden los costos del combustible, mantenimiento y otros gastos relacionados con la operación.

II.1.- CARGOS POR DEMANDA MAXIMA

La demanda máxima puede explicarse de la manera siguiente: Supongamos que una planta va a fabricar botes de hojalata y que el rendimiento de cada máquina es de 10,000 botes diarios, una orden de 300, 000 botes requiera 30 máquinas para fabricar este volumen en un día, pero si esta orden se reparte entre 10 días, la planta podrá trabajar con sólo tres máquinas.

El valor de la inversión representado por las máquinas tiene que incluirse en el costo de la producción de los botes. Si se puede convencer al comprador para que espere más tiempo para recibir sus botes, se le podrá dar un precio más reducido. Si se reducen los gastos generales, se podrá obtener un precio más bajo por unidad.

Lo mismo sucede con el caso de la Energía Eléctrica, sólo que en este renglón no le queda a la Central de Generación Eléctrica ninguna alternativa. Al hacer funcionar el

Para poder reducir y controlar su demanda, los usuarios deben reorganizar sus operaciones según el proceso se los permita para distribuir su demanda fuera de las horas pico; o bien limitar en forma automática la demanda mediante algún sistema controlador. En ambos casos el primer paso consiste en hacer un análisis que permita conocer las características de la demanda durante un período dado. En este análisis se deben considerar los siguientes factores:

1. Factor de carga
2. Valor y duración de los picos de demanda
3. Valor y duración de los valles
4. Horario de los picos de demanda
5. Causas de los picos de demanda

II.4.- CARGOS POR ENERGIA CONSUMIDA

Los costos de operación de la porción de la factura de consumo de energía eléctrica, se basan en el número de kilowatts-hora registrados en el término de cierto período, normalmente por un mes. Para establecer comparaciones, tómese en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrán diferencias.

Existen cuatro situaciones en las que se deben considerar las pérdidas en el transformador:

1. Si el usuario tiene su contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que suministra el servicio.
2. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del 2% por concepto de las pérdidas en el transformador.
3. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de

consumo se encuentra en el primario del transformador, no se realiza cargo ya que las pérdidas del transformador quedan incluidas en el medidor.

4. Si el suministrador del servicio tiene disponible solo baja tensión y el usuario requiere aumentar su voltaje a media o alta tensión mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio bonifica el 2% al usuario o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

II.5.- CARGOS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

El término factor de potencia puede elevar el monto de la factura de consumo y sus efectos se hacen sentir en otros aspectos en el sistema de distribución de energía eléctrica en toda planta. El factor de potencia es un número que expresa una relación y puede explicarse de la siguiente manera:

La potencia es el producto de la corriente que fluye por el circuito y del voltaje sostenido en el mismo; es decir, es el resultado de multiplicar los amperios por los volts. Sin embargo, en los circuitos de corriente alterna, el amperaje requerido por los motores de inducción, transformadores, alumbrado fluorescente, hornos de inducción, soldadoras por resistencia, etc. está formado por dos clases de corriente: la corriente magnetizante y la corriente que desarrolla el trabajo.

La corriente efectiva es la que se convierte en trabajo útil por la acción del equipo como por ejemplo, la rotación de un motor, la ejecución de un cordón de soldadura o el bombeo de agua. Esta corriente da como resultado la potencia activa, medida en KW.

La corriente magnetizante (conocida también como corriente reactiva) es aquella que se requiere para producir el flujo magnético necesario para la operación de aparatos de inducción como los anteriormente mencionados. Sin la corriente de magnetización no habrá flujo de energía a través del núcleo de un transformador, ni a través del entrehierro de un motor de inducción. Este tipo de corriente produce la potencia reactiva que se expresa en KVAR. La relación entre el factor de potencia se expresa como la relación entre la corriente productora de potencia y la corriente del circuito.

$$\text{Factor de potencia} = \frac{KW}{KVA}; \quad ó \quad KW = Kva \times fp.$$

Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y en los Kilowatts-hora de energía.

De la fórmula anterior se desprende que para evitar cierta cantidad de potencia a un consumidor, la Central tendrá que transmitir una corriente mayor hacia un sistema que tenga un factor de potencia bajo, que hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto. El valor de la corriente adicional no es registrado por el watthorímetro del consumidor y por lo tanto representa una pérdida para la compañía suministradora. Esta condición exige también la instalación de cables más gruesos y los transformadores, generadores y otros equipos, cuyas características se basan en su capacidad para conducir corriente, tendrán que ser de mayor tamaño.

En atención a la necesidad de compensar el monto de la mayor inversión que se necesita para atender la demanda de cargas de factor de potencia bajo, las compañías de energía eléctrica han introducido la cláusula de factor de potencia para las facturas de consumo de energía. En esta cláusula se ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto o también imponen cuotas a manera de multa si el factor de potencia está es bajo. Pero el resultado real es que se aplican cargos extra cuando el factor de potencia está por abajo del 90 % en la mayoría de los casos.

II.6.- ESTRUCTURA DE LAS TARIFAS

La estructura actual de las tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se han tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de la tensión de suministro y demanda.

II.6.a.- Regionalización tarifaria

Por lo anterior CFE ha dividido el territorio nacional por regiones, principalmente para diferenciar el uso de la energía eléctrica en media y alta tensión. A continuación se muestra un mapa con las regiones. Los números se refieren a porcentajes de cuotas, con respecto a las cuotas base, al 100 %, que se listan en la sección "cuotas y condiciones".

A continuación se detallan los municipios y estados de la república mexicana que corresponden a cada zona.

1) **REGION BAJA CALIFORNIA.** Todos los municipios del estado de Baja California. Municipios del estado de Sonora: San Luis Río Colorado.

2) **REGION BAJA CALIFORNIA SUR.** Todos los municipios del estado de Baja

California Sur.

3) REGION NOROESTE. Todos los municipios del estado de SONORA, excepto San Luis Río Colorado. Todos los municipios del estado de SINALOA.

4) REGION NORTE. Todos los municipios de los estados de CHIHUAHUA Y DURANGO.

Municipios del estado de ZACATECAS: Chalchihuites, Jimenéz del Téul, Sombreretes, Saín Alto, Jerez, Juan Aldama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo.

Municipios del estado de COAHUILA: San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente y Francisco I. Madero.

5) REGION NORESTE. Todos los municipios de los estados de NUEVO LEON Y TAMAULIPAS.

Todos los municipios del estado de COAHUILA excepto los comprendidos en la REGION NORTE.

Municipios del estado de ZACATECAS: Concepción del Oro y El Salvador.

Municipios del estado de SAN LUIS POTOSI: Venegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Ciro de Acosta, Lagunillas, Santa Catarina, Rayón Cardenas, Alquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismon, Axtla de Terrazas, Tamazunchale, Huehuetlán, Tamuín, Tancahuitz, Tanlajas, San Antonio Coscatlán, Tampamolón, San Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Tampacan.

Municipios del estado de VERACRUZ: Pánuco, temporal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, Ozuluama de Mazcareñas, El Higo, Huayacocotla.

6) REGION CENTRAL. Todas las delegaciones del DISTRITO FEDERAL. Municipios del estado de MEXICO: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco de Días Covarrubias, Huixquilucan de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuatitlán, Coacalco, Cuatitlán Izcalli, Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla, Naucalpan de Juárez, Ecatepec, Chimalhuacán, Chiciloapan, Texcoco, Ciudad Netzahualcóyotl, Los Reyes La paz. Municipios del estado de MORELOS: Cuernavaca.

7) REGION SUR. Todos los municipios de los estados de: NAYARIT, JALISCO, COLIMA, MICHOACAN, AGUASCALIENTES, GUANAJUATO, QUERETARO, HIDALGO, GUERRERO, TLAXCALA, PUEBLA, OAXACA, CHIAPAS, TABASCO.

Todos los municipios de los estados de ZACATECAS, SAN LUIS POTOSI Y VERACRUZ no comprendidos en la REGION NORTE o en la REGION NORESTE.

Todos los municipios de los estados de MEXICO Y MORELOS no comprendidos en la REGION CENTRAL.

8) REGION PENINSULAR. Todos los municipios de los estados de YUCATAN, CAMPECHE Y QUINTANA ROO.

II.6.b.- Clasificación y descripción

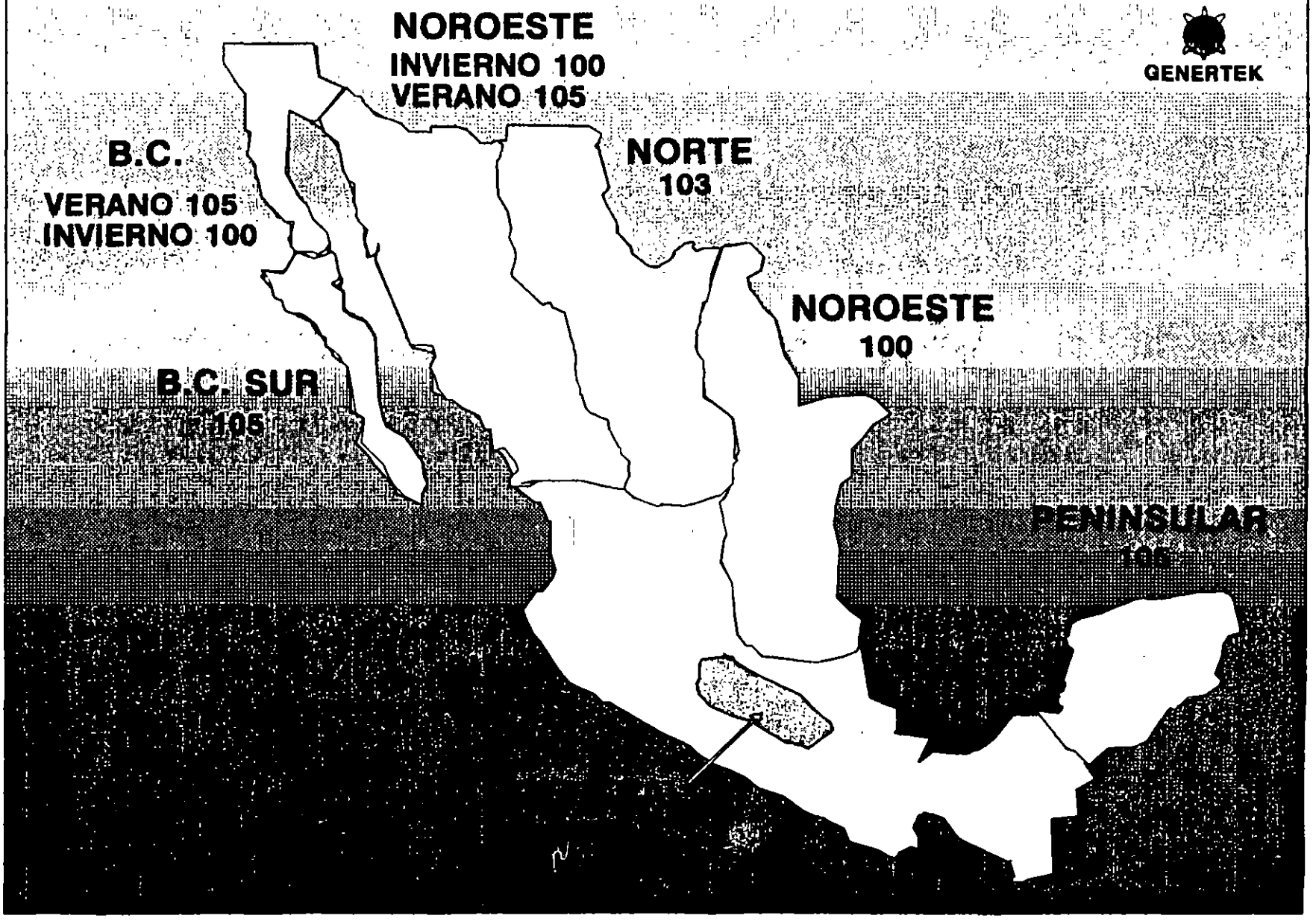
Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:

a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 KV.
b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 kV, pero menores o iguales a 35 KV.
c) Alta tensión a nivel subtransmisóm es el servicio que se suministra a niveles de tensión mayores a 35 KV, pero menores a 220 KV.
d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión iguales o mayores a 220 KV.

TABLA 1
Clasificación y descripción

Tarifa	Denominación	Condiciones de suministro
1	Residencial	Baja tensión sin límite de carga
2	Servicios Generales	Baja tensión y hasta 25 KW
3	Servicios Generales	Baja tensión y cargas mayores de 25 KW
5 y 5A	Alumbrado Público	Alta o Baja tensión sin límite de carga
6	Bombeo aguas	Media o Baja tensión sin límite de carga
7	Servicio temporal	Baja tensión sin límite de carga
9	Bombeo agua riego	Media o Baja tensión sin límite agrícola de carga
OM	Ordinaria media	Media tensión y cargas mayores, tensión a 20 KW y menores de 1000 KW
HM	Horaria media tensión	Media tensión y cargas igual o mayor a 1000 KW
HS	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel S de 35 a 220 KV

FACTORES DE REGIONALIZACION TARIFARIA



HT	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel T 220 KV ó más
H-SL	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel S de 35 a larga utilización y 220 KV
H-TL	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel T 220 KV ó más larga utilización
I-30	Servicio Interrumpible	Alta tensión niveles S y T cargas mayores a 20000 KW

II.7.- CONCEPTOS SOBRE LAS CUOTAS

Todas las cuotas que se presentan a continuación, están en N$ (nuevos pesos) y corresponden al mes de enero de 1993. Para calcular las cuotas de las tarifas 1, 2 ,3 7 y 9 de cualquier mes después de enero de 1993, ver el inciso 'cargo por mantenimiento'. Las cuotas que se presentan para las tarifas de la O-M a la I-30 corresponden la región sur. Para calcular otras regiones deben multiplicarse por el factor de regionalización que se muestra en el mapa de la sección 'regionalización tarifaria'.

APLICACION DE LAS TARIFAS 1 A 9

TARIFA 1
RESIDENCIAL

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para usos exclusivamente domésticos, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministran en baja tensión y no debe aplicárseles ninguna otra tarifa.

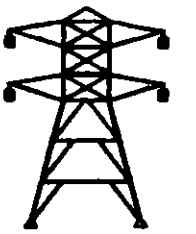
CUOTAS APLICABLES: cargos por energía consumida.

TARIFA 1A, 1B, 1C, 1D

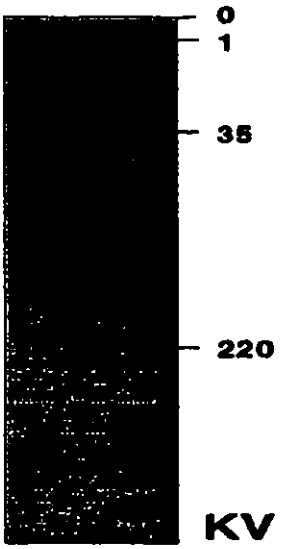
Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, en localidades con clima muy cálido. Estos servicios sólo se suministran en baja tensión y no debe aplicárseles ninguna otra tarifa.

LUGARES DONDE REGIRA LA TARIFA. Esta tarifa rige en aquellas localidades con clima muy cálido, considerándose como tales aquellas cuya temperatura media mensual durante 2 meses consecutivos o más, sea de 25 C o mayor, de acuerdo con las observaciones termométricas registradas por la SARH. A continuación se muestra la temperatura que

NIVELES DE TENSION



Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:



AGRR/ABR-93

a) Baja tensión es el servicio que se suministra a niveles de tensión menores ó iguales a 1 KV.

b) Media tensión es el servicio a tensiones mayores a 1 KV pero menores o iguales a 35 KV.

c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio a tensiones mayores a 35 KV pero menores a 220 KV.

d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio a tensiones iguales ó mayores a 220 KV.

APLICACION DE LA TARIFA 1

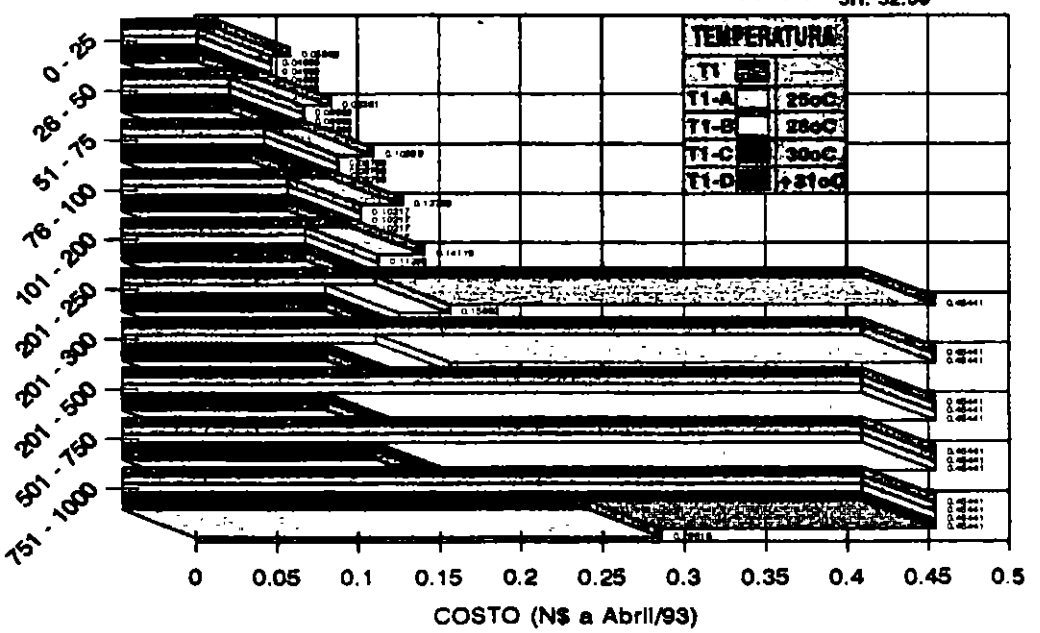
USO EXCLUSIVAMENTE DOMESTICO EN BAJA TENSION

CUOTAS APLICABLES : CARGOS POR ENERGIA Y MANTENIMIENTO

KWH/MES

MINIMO MENSUAL: N$ 0.453
CARGO POR MANTO: N$ 3.75-9.83

DEPOSITOS EN GARANTIA: 1H: 6.00 2H: 26.00 3H: 32.00



AGRR/ABR-93

corresponde a cada tarifa.

```
T - 1A ----------> 25 C
T - 1B ----------> 28 C
T - 1C ----------> 30 C
T - 1D ----------> 31 C ó más
```

TABLA 2

TARIFA 2
SERVICIOS GENERALES (hasta 25 KW)

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kW, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

CUOTAS APLICABLES. Cargo fijo y cargo por energía consumida.

Cargo Fijo	0-50 KW-h	51-100 KW-h	KW-h adicionales
N$ 4.02504	N$ 0.30331	N$ 0.37933	N$ 0.42406

DEMANDA POR CONTRATAR. La fija inicialmente el usuario de acuerdo con sus necesidades de potencia y no puede ser superior a 25 kW. La tarifa obliga al usuario a solicitar el cambio a la tarifa 3 si la demanda máxima medida excede de 25 kw, y faculta al suministrador a realizar esta reclasificación automáticamente al realizarse la tercera demanda consecutiva o superior, dando aviso al usuario. Para poder realizar, la demanda máxima debe medirse y es obvio que no resulta práctico medir la demanda a todos los usuarios de tarifa 2, por lo que se deben observar las siguientes recomendaciones generales:

Servicios con carga conectada hasta 36 kW
- No medir demanda
- Facturación bimestral

Servicios con carga conectada superior a 36 kW
- Medir demanda
- Facturación mensual

Independientemente de lo anterior, los programas de facturación emiten un aviso para que se instale un medidor de demanda máxima cuando el consumo sea superior a 14, 000 kWh mensuales.

TARIFA 3
SERVICIOS GENERALES (mayores a 25 kW)

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kW, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

CUOTAS APLICABLES. Cargo por demanda máxima y cargo por energía consumida.

Cargo por demanda	Cargo por KWH
N$ 41.95239	N$ 0.20861

DEMANDA POR CONTRATAR: la fija inicialmente el usuario; su valor no será menor al 60 % de la carga total conectada, ni menor de 25 kW o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

TARIFA 5 Y 5A
ALUMBRADO PUBLICO

Esta tarifa sólo se aplica al suministro de energía eléctrica para el servicio de semáforos, alumbrado y alumbrado ornamental por temporadas, de calles, plazas, parques y jardines públicos. La tarifa 5 se aplica únicamente para las zonas conurbanas de méxico, D.F., Monterrey y Guadalajara. La tarifa 5A se aplica para el resto del país.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE. Cargos por energía consumida en alta tensión y en baja tensión.

Tarifa	Alta tensión	Baja tensión
5	N$ 0.41076	N$ 0.48932
5A	N$ 0.30807	N$ 0.36701

DEMANDA POR CONTRATAR. la demanda por contratar corresponde al 100 % de la demanda conectada.

TARIFA 6
BOMBEO DE AGUAS

Esta tarifa se aplica al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

CUOTAS APLICABLES. Cargo fijo. Independientemente de la energía consumida y cargo por energía consumida.

Cargo fijo	Cargo por KWH
N$ 42.15657	N$ 0.23338

DEMANDA POR CONTRATAR. La demanda por contratar la fija inicialmente el usuario, no será menor del 60 % de la carga total conectada ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

TARIFA 7
SERVICIO TEMPORAL

Esta tarifa se aplica a todos los servicios que destinen la energía temporalmente a cualquier uso, exclusivamente donde y cuando la capacidad de las instalaciones del suministrador lo permitan y éste tenga líneas de distribución adecuadas par dar el servicio.

HORARIO. El convenio en cada caso entre el suministrador y el usuario, el que no debe hacer uso del servicio fuera del horario estipulado.

CUOTAS APLICABLES. Cargo por demanda y cargo por energía consumida.

Cargo por demanda	Cargo por KWH
N$ 26.34582	N$ 0.65874

a) N$ 0.29000 por el primer día de servicio
b) N$ 0.03600 por cada día adicional de servicio
c) N$ 0.72000 por cada kW de demanda
d) N$ 0.01800 por cada kW consumido

En los casos de personas o negociaciones que se dediquen a usar aparatos eléctricos portátiles tales como máquinas de pulir,encerar y lavar pisos, pintar, soldar, etc., el suministrador podrá optar por aplicar las cuotas de los incisos a) o b), o bien, N$ 1.43500 por cada kW de demanda.

TARIFA 9
SERVICIO TEMPORAL

Esta tarifa se aplica exclusivamente a los servicios en alta o baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE. Cargos por la energía consumida

N$ 0.00205 por cada uno de los primeros 5,000 kWh
N$ 0.00245 por cada uno de los siguientes 10,000 kWh
N$ 0.00270 por cada uno de los siguientes 20,000 kWh
n$ 0.00300 por cada kWh adicional a los anteriores.

TENSION Y CAPACIDAD DE SUMINISTRO. El suministrador sólo está obligado a proporcionar el servicio a la tensión y capacidad disponibles en el punto de entrega.

DEMANDA POR CONTRATAR. La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kW, se tomará como kW completo.

DEPOSITO DE GARANTIA. N$ 0 09500 por cada kW de demanda contratada.

EJEMPLOS DE DETERMINACION DE LA DEMANDA POR CONTRATAR

1. Un posible usuario solicita servicio en baja tensión con la siguiente carga conectada:
   * Alumbrado
   - 12 lámparas fluorescentes de 110 watts, c/u 1,584 Watts
   ** Fuerza
   - Un motor trifásico de 12 hp 7,161 Watts
   Otras
   - Un calefactor 1,000 Watts
   Total 9,745 Watts

(*) Se considera el 20 % adicional por el equipo auxiliar, en este caso las balastras.
(**) Se considera un motor con el 80 % de eficiencia

DEMANDA A CONTRATAR. Supongamos que el usuario contrata una demanda de 6 kilowatts, en este caso debemos considerar que existe conectado un motor de 7,161 watts, por lo cual debemos orientar al usuario a fin que de acuerdo a sus necesidades reales de potencia, contrate una demanda no menor a 8 kilowatts. El servicio será en tarifa 2.

2. Un posible usuario solicita servicio en baja tensión con las siguientes cargas conectadas:
   * Alumbrado
   - 50 lámparas fluorescentes de 75 watts c/u 4,687.5 W
   - 100 lámparas incandescentes de 150 watts c/u 15,000 W

   * Fuerza
   - 5 motores de 5 hp c/u 22,450 W
   - 1 motor de 10 hp 8,674 w

Total 50,811.5 W

En este caso puede existir incertidumbre acerca del valor de la demanda por contratar, ya que si el usuario solicita una demanda de 21 kilowatts, también es cierto que tal valor puede rebasar los 25 kilowatts. En el primer supuesto sería contratar el servicio bajo tarifa 2, mientras que en el segundo sería tarifa 3. Tampoco podría predecirse cual de las dos tarifas resultaría más económica para el usuario, puesto que se desconoce el factor de carga del servicio, por lo tanto, la solución sería contratar en tarifa 2 con 21 kilowatts de demanda, instalando en este caso equipo de medición de demanda, facturando mensualmente y vigilando que en el caso que la demanda exceda en tres veces consecutivas 25 kilowatts, se reclasifique el servicio en tarifa 3.

APLICACION DE LAS TARIFAS O-M A I-30
Conceptos sobre los períodos punta y base

PERIODO DE PUNTA. Es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a sábado. A excepción de las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será el tiempo comprendido entre las 16:00 a las 22:00 horas.

Los días de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, así como los que se establezcan por Acuerdo presidencial, se exceptúan de esta consideración.

PERIODO DE BASE. Es el resto de las horas del mes, no comprendidas en el Período de Punta.

ENERGIA DE PUNTA. Es la energía consumida durante el período de punta.

ENERGIA DE BASE. Es la energía consumida durante el período de base.
Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-M, H-S y H-T.

Conceptos sobre la demanda

DEMANDA MEDIA. Esa la demanda de energía eléctrica promedio en un período determinado.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA. la demanda máxima medida se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PERIODO DE PUNTA. Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos del Período de Punta,en el cual el consumo de energía eléctrica del consumidor sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el Período de Punta.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PERIODO DE BASE. Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos del Período de Base, en el cual el consumo de energía eléctrica del consumidor sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en

PERFIL DE CARGA

DEMANDA MAXIMA, DEMANDA MEDIA, FACTOR DE CARGA Y CONSUMO PROMEDIO

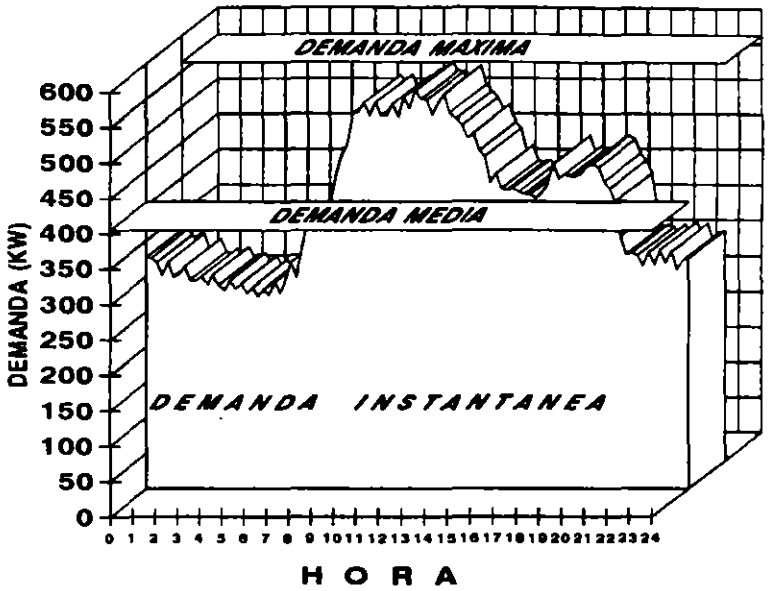
DATOS DEL PERFIL :

DEMANDA INSTANTANEA.
Es el valor de demanda (KW) registrado a cada instante durante un período determinado.

DEMANDA MAXIMA:
Es el valor máximo de demanda instantánea (KW) registrado a lo largo de determinado período.

DEMANDA MEDIA:
Es el valor promedio de todas las lecturas instantáneas registradas en un período determinado.

FACTOR DE CARGA.
Es la relación entre la demanda media (KW) y la demanda máxima (KW) en determinado período. Se puede expresar en porunidad o en porciento.



AGRR/ABR-93

CONCEPTOS SOBRE LOS PERIODOS PUNTA Y BASE

PERIODO DE PUNTA.
Es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a sábado. Se exceptúan las regiones de B.C., B.C. Sur y Noroeste, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será el tiempo comprendido entre las 16:00 y las 22:00 horas.

Los días de descanso obligatorio, establecidos en el Artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial, se exceptúan de esta consideración.

PERIODO DE BASE
Es el resto de las horas del mes, no comprendidas en el periodo de punta.

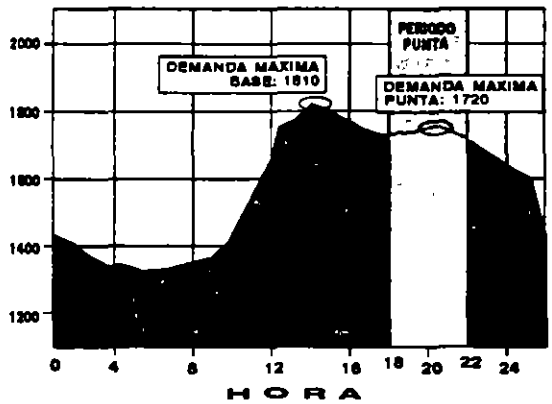
ENERGIA DE PUNTA
Es la energía consumida durante el periodo de punta.

ENERGIA DE BASE
Es la energía consumida durante el periodo de base. Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-M, H-S y H-T.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA
Se determina mensualmente por medio de instrumentos que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN PUNTA
Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos en el Periodo de Punta, en el cual el consumo de energía sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el Periodo de Punta.

DEMANDA MAXIMA MEDIDA EN BASE
Se determina cada mes durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo de Base, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de Base.



DIFERENCIA DE DEMANDAS
Es la Demanda Máxima en Base menos la Demanda Máxima en Punta, cuando esta diferencia sea positiva. Cuando la Demanda Máxima en Punta sea mayor que la Demanda Máxima en Base, la Diferencia de Demandas es cero.

AGRR/ABR-95

el Período de Base.

DIFERENCIA DE DEMANDAS. Es la Demanda Máxima Medida en período de Base manos Demanda medida en período de Punta, cuando esta diferencia sea positiva. En aquellos casos en que la Demanda máxima Medida en Período de Punta sea superior a la Demanda Máxima Medida en Período de Base, la Diferencia de Demandas es igual a cero.

Conceptos sobre la demanda y energía facturables

DEMANDA FACTURABLE. Es el resultado de sumar la Demanda Máxima Medida en Período de Punta y la quinta parte de la diferencia de demandas.

Este concepto se aplica para las tarifas H-M, H-S, H-T y H-TL.

ENERGIA FACTURABLE DE PUNTA. Es el máximo entre la energía consumida durante el Período de Punta y el 80% del producto de la Demanda Máxima Medida en Período de Punta por el número de horas del Período de Punta.

ENERGIA FACTURABLE DE BASE. Es la diferencia entre la Energía Total Consumida durante el mes y la Energía Facturable de Punta.

Estos dos conceptos se aplican únicamente para las tarifas H-SL y H-TL.

Cuotas y condiciones

TARIFA O-M
TARIFA ORDINARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION CON DEMANDA MENOR A 1, 000 KW.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con demanda menor a 1, 000 kW.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

Cargo por kW de demanda máxima medida N$ 23.086
cargo por kWh de energía consumida N$ 0.13565

MINIMO MENSUAL. El importe que resulte de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

DEMANDA POR CONTRATAR. La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 20 kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%. Si la demanda por contratar es mayor de 1, 000 kilowatts, el usuario debe solicitar al suministrador que aplique la Tarifa H-M.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

DEPOSITO DE GARANTIA. Dos veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

TARIFA H-M.

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA DE 1, 000 KW O MAS

Esta Tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda de 1, 000 kilowatts o más.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

Cargo por KW de demanda facturable	N$ 23.432
Cargo por KWh de energía de punta	N$ 0.19534
Cargo por KWh de energía de base	N$ 0.12209

MINIMO MENSUAL. El importe que resulte de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda facturable. En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomara como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 6 meses consecutivos, tanto una demanda máxima medida en Período de Punta, como una demanda Máxima Medida en Período de Base inferiores a 1, 000 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la Tarifa O-M. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

HORARIO. Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizará el horario oficial que rige en el territorio nacional, por decreto presidencial publicado en el diario oficial de la federación el 24 de abril de 1942.

DEPOSITO DE GARANTIA. Dos veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

TARIFA H-S

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrado en alta tensión, nivel subtransmisión.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

Cargo por KW de demanda facturable	N$ 26.441
Cargo por KWh de energía de punta	N$ 0.17242
Cargo por KWh de energía de base	N$ 0.09597

MINIMO MENSUAL. El importe que resulte de aplicar veinte veces el cargo por kilowatt de demanda facturable.

DEMANDA POR CONTRATAR. La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de la capacidad del mayor aparato instalado.

En el caso que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 85%.

Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

HORARIO. Idem Tarifa H-M.

DEPOSITO DE GARANTIA. Idem Tarifa H-M.

TARIFA H-T

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE.

Cargo por KW de demanda de energía facturable	N$ 24.459
Cargo por KWh de energía de punta	N$ 0.16196
Cargo por KWh de energía de base	N$ 0.08987

MINIMO MENSUAL. Idem Tarifa H-S.

DEMANDA POR CONTRATAR. Idem Tarifa H-S.

HORARIO. Idem Tarifa H-M.

DEPOSITO DE GARANTIA. Idem Tarifa H-M.

TARIFA H-SL

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION, PARA LARGA UTILIZACION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE. Cargos por la demanda facturable, por la energía facturable de punta y por la energía facturable de base.

Cargo por KW de demanda facturable	N$ 26.441
Cargo por KWh de energía facturable de punta	N$ 0.27885
Cargo por KWh de energía facturable de base	N$ 0.07490

MINIMO MENSUAL. Idem Tarifa H-S.

DEMANDA POR CONTRATAR. Idem Tarifa H-S.

DEPOSITO DE GARANTIA. Idem Tarifa H-M.

TARIFA H-TL

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL TRANSMISION, PARA LARGA UTILIZACION.

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio.

CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE. Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía facturable de punta y por la energía facturable de base.

Cargo por KW de demanda facturable	N$ 24.459
Cargo por KWh de energía de punta	N$ 0.20754
Cargo por KWh de energía de base	N$ 0.07281

MINIMO MENSUAL. Idem Tarifa H-S.

DEMANDA POR CONTRATAR. Idem Tarifa H-S.

DEPOSITO DE GARANTIA. Idem Tarifa H-M.

TARIFA I-30
TARIFA PARA SERVICIO INTERRUMPIBLE.

Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una Demanda Máxima Medida en el Período de Punta o Base, mayor o igual a 20,000 kW durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción.

DEMANDA INTERRUMPIBLE CONTRATADA Y DEMANDA FIRME CONTRATADA. El usuario que solicite servicio en esta tarifa deberá contratar una demanda interrumpible y una demanda firme. La demanda firme contratada no puede ser menor al 30% del promedio de su Demanda Máxima Medida en el Período de Punta durante los últimos tres

meses previos a su solicitud de inscripción. La demanda interrumpible contratada no puede ser menor a 7,000 kW ni mayor al 70% del promedio de su Demanda Máxima Medida en Período de Punta y durante los tres meses previos a su solicitud de inscripción.

BONIFICACION MENSUAL

Para los usuarios de tarifas H-T y H-TL	N$ 4.988	por cada kW de demanda interrumpible bonificable
Para los usuarios de tarifas H-S y H-SL	N$ 5.237	por cada kW de demanda interrumpible bonificable

La bonificación mensual será aplicada en la facturación del usuario calculada de acuerdo con la tarifa aplicable.

DEMANDA INTERRUMPIBLE BONIFICABLE. La Demanda Interrumpible Bonificable mensualmente será kW mínimos entre la Demanda Interrumpible Contratada y el resultado de restar a la Demanda Máxima Medida en Período de Punta la Demanda Firme Contratada. En caso inferior a la Demanda Firme Contratada, la Demanda Interrumpible Bonificada será cero.

CONDICIONES GENERALES DE LA INTERRUPCION. El suministrador podrá solicitar al usuario la suspensión total o parcial de la demanda contratada como interrumpible con la anticipación de 30 minutos como mínimo en la forma convenida con el usuario.

DE LA DURACION Y PERIODICIDAD DE LAS INTERRUPCIONES. El suministrador podrá solicitar la interrupción una vez en un día por período hasta de 4 horas. El total de interrupciones acumuladas en un año calendario será como máximo de 14. Las interrupciones que no hayan sido utilizadas por el suministrador no podrán ser acumuladas para el siguiente año calendario.

CARGOS POR INCUMPLIMIENTO. Si el suministrador determina mediante los registros de medición de la demanda del usuario, que éste no cumplió o cumplió parcialmente con una solicitud de interrupción, tendrá derecho a aplicar en la facturación un cargo equivalente a 6 veces el monto de la bonoficación mensual correspondiente a la demanda interrumpible no proporcionada. Si dentro de un período de 12 meses, el usuario incurre en reincidencia, el suministrador, en adición a la penalización anterior, podrá a su discreción de servicio interrumpible. La demanda interrumpible no proporcionada será la diferencia entre:

i) El resultado de restar a la Demanda Máxima Medida durante el lapso de interrupción la Demanda Firme y Contratada y
ii) El resultado de restar a la Demanda Interrumpible Contratada la Demanda Interrumpible Solicitada.

Cargos por Mantenimiento

A todas las tarifas descritas se les aplicará un cargo adicional mensual por mantenimiento como indica la Tabla 3.

MONTO DEL CARGO MENSUAL POR MANTENIMIENTO A PARTIR DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1991

TARIFAS DOMESTICAS

0 a 25 kWH	N$ 3.60
26 50	4.20
51 75	4.80
76 100	4.80
101 200	6.01
más de 200	9.01
TARIFA 2	5.45
3	9.10
5 Y 5A	9.10
6	Exenta
7	9.10
9	3.00
O-M	9.10
H-M	9.10
H-S	9.10
H-T	9.10

TABLA 3

Cargos y Bonificaciones Relacionados con el Factor de Potencia

FORMULA Y GRAFICA DE CARGOS:

Porcentaje de Recargo = 3/5 x ((90/FP) - 1) x 100 para un FP menor que 90%

FORMULA DE BONIFICACION:

Porcentaje de Bonificación = 1/4 x (1 - (90/FP)) x 100 FP mayor al 90%

Donde FP es el Factor de Potencia expresado en por ciento.

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, por defecto o por exceso, según sea o no menor que 5 el segundo decimal. En ningún caso se aplicarán porcentajes de recargo superiores a 120%, ni porcentajes de bonificación superiores a 2.5%.

Ajuste Paulatino de las Tarifas 1 a 9

A partir del 22 de Octubre de 1992 entra en vigor el ajuste paulatino de incremento en las tarifas eléctricas de acuerdo a las disposiciones siguientes:

Sobre las cuotas de las tarifas para el servicio doméstico (1, 1A, 1B, 1C y 1D) se aplicará un factor de 1.0057 mensual acumulativo a excepción de aquellas consignadas en la siguiente disposición:

Se aplicará un factor de 1.0079 mensual acumulativo a las cuotas para consumos mensuales superiores a 200 kWh en la tarifa 1; 250 kWh en la tarifa 1A; 300 kWh en la tarifa 1B; 750 kWh en la tarifa 1C; y 1000 kWh en la tarifa 1D.

Se aplicará un factor de 1.0079 mensual acumulativo a las cuotas de las tarifas 2, 3 y 7.

Se mantiene el factor de 1.03 mensual acumulativo a las cuotas de la tarifa 9.

Disposición que establece el procedimiento para el ajuste automático en las tarifas 2, 3 y 7 de manera que se reflejen las fluctuaciones de los precios internos de los combustibles, cualquiera que sea el sentido de las mismas. El suministrador aplicará dicha disposición complementaria a partir del 22 de octubre de 1992.

Ajuste por Variación de Combustible

CLAUSULA DE LOS AJUSTES DE LA FACTURACION DE LA ENERGIA POR VARIACION EN LOS PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES

10 bis. 1. APLICACION DE LOS AJUSTES

Esta cláusula de los ajustes se aplicará a la facturación de la energía consumida en las tarifas O-M, H-M, H-S, H-T, H-TL para reflejar las variaciones de los precios y de los combustibles utilizados en la generación de energía eléctrica.

10 bis 2. CALCULO DE LOS AJUSTES

Para cada mes calendario el monto de los ajustes -expresados en pesos-, se calcularán multiplicando el total de energía consumida en dicho mes -expresado en kWh-, por los factores mensuales de ajuste que se expresan en pesos/kWh.

10 bis 3. FACTORES DE AJUSTE

Los factores de ajuste del mes calendario se calcularán mediante la siguiente fórmula por cada nivel de tensión de suministro:

Factores de ajuste

Donde:

(j) Expresa cada uno de los 4 niveles de tensión de suministro: 1) Alta Tensión Nivel Transmisión (tarifas H-T y H-TL); 2) Alta Tensión Nivel Subtransmisión (tarifas H-S y H-SL); 3) Media Tensión (tarifas O-M y H-M) y 4) Baja Tensión (tarifas 2, 3 y 7).

(i) Expresa cada uno de los 5 combustibles que se someten al ajuste mensual: 1) Combustóleo importado, cotización Pemex, puesto en Manzanillo; 2) Combustóleo nacional,cotización Pemex, centro productor; 3) Gas natural, cotización Pemex, zona centro; 4) Diesel no. 1. Cotización Pemex, única a nivel nacional; 5) Carbón, cotización MICARE que incluye manejo de cenizas, única a nivel nacional.

(PBi) Expresa el precio base -sin IVA- para cada combustible.

(Pi) Es el precio -también sin IVA- para cada combustible, vigente en la quincena anterior al mes calendario del cálculo del monto del ajuste.

(ai) Corresponde a los coeficientes de ajuste para cada combustible.

FTj Representa un factor aplicable a cada uno de los cuatro niveles de tensión de suministro.

j	Tarifa	Tensión	FT
1	H-T y H-TL	Alta, nivel transmisión	1.029
2	H-S y H- SL	Alta, nivel subtransmisión	1.042
3	O-My H-M	Media	1.067
4	2, 3 y 7	Baja	1.104

i	Combustible	PB	a
1	Combustóleo importado	0.23403 N$/l	0.031744
2	Combustóleo nacional	0.19391 N$/l	0.104201
3	Gas natural	0.18410 N$/m	0.44212
4	Diesel no. 1	0.49130 N$/l	0.003048
5	Carbón	0.10041 N$/kg	0.038062

****

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

TERMINOLOGIA

Presentado por : ING. ALEX RAMIREZ R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtémoc 06000 México, D F APDO Postal M 2285
Teléfonos 512 8955 512-5121 521 7335 521 [illegible] Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

TEMA 2

TERMINOLOGIA Y UNIDADES DE ILUMINACION.

En Luminotecnia intervienen dos elementos básicos a considerar: la fuente productora de luz y el objeto a iluminar. Las unidades y magnitudes fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son las siguientes:

FLUJO LUMINOSO (POTENCIA LUMINOSA)
RENDIMIENTO LUMINOSO (EFICACIA)
CANTIDAD DE LUZ (ENERGIA LUMINOSA)
INTENSIDAD LUMINOSA
ILUMINANCIA
LUMINANCIA

A continuación describiremos brevemente cada uno de los anteriores conceptos.

IV.1.- FLUJO LUMINOSO

La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que se transforma en energía radiante, de la cual sólo una pequeña parte es percibida por el ojo en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor.

A la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se le llama Flujo Luminoso o Potencia Luminosa. El flujo luminoso se representa por la letra griega ϕ y su unidad es el LUMEN (lm). Un lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia f de valor 540 x 10E12 Hertz y por un flujo de energía radiante equivalente a 1/683 watts. Un watt de energía radiante de longitud de onda de 555 nm en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.

La medida del flujo luminoso se realiza en laboratorio por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica del ojo a las radiaciones monocromáticas, incorporado a una esfera hueca a la cual se le da el nombre de esfera integradora de Ulbricht, y en cuyo interior se coloca la fuente a medir.

En la Tabla siguiente se muestran algunas de las lámparas más usadas y su flujo luminoso característico:

Tipo de Lámpara	Flujo luminoso lm
Efluvios	0.6
Vela de cera	10
Bicicleta	18
Incandescente Standar de 100 W	1 380
Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío)	3 200
Mercurio a alta presión HQL 400 W	23 000
Halogenuros metálicos HQI 400 W	28 000
Sodio a alta presión NAV-T 400 W	48 000
Sodio a baja presión NA 180 W	33 000
Magnesio AG 3B	450 000

TABLA I.- FLUJO LUMINOSO DE LAMPARAS COMUNES

IV.2.- EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO.

El rendimiento luminoso o eficacia luminosa de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

El rendimiento o eficacia se representa por la letra griega ETA (η) y sus unidades son lúmenes por watt (lm/w):

$$\eta = \frac{\phi\ [\mathrm{lm}]}{W\ [\mathrm{watt}]}$$

Si se lograse fabricar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz de una longitud de onda de 555 nm, esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible, cuyo valor sería de 683 lm/w, pero como sólo una pequeña parte es transformada en luz, los rendimientos luminosos obtenidos hasta ahora para las distintas lámparas quedan muy abajo de este valor, presentando diferencias notables entre las mismas, como puede apreciarse en la Tabla II.

Por ejemplo, una lámpara incandescente estándar de 40 watts produce 440 lúmenes, por lo que tiene una eficacia de 11 lm/w. Una lámpara de sodio baja presión de 180 watts produce en cambio 3294 lúmenes por lo que tiene una eficacia de 183 lm/w.

Tipo de Lámpara	Potencia nominal W	Rendimiento luminoso lm/W
Efluvios	0.3	2
Incandescente Standar 40 W/220 V	40	11
Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío) .	40	80
Mercurio a alta presión HQL 400 W	400	50
Halogenuros metálicos HQI 400 W	360	78
Sodio a alta presión NAV-T 400 W	400	120
Sodio a baja presión NA 180 W	180	183

TABLA II.- EFICACIAS PROMEDIO DE DISTINTAS LAMPARAS

Cabe aclarar que las eficacias de la Tabla II se refieren exclusivamente a las lámparas; para las lámparas de descarga como sistema completo incluyendo instalación y accesorios de conexión dichas eficacias pueden variar sustancialmente.

IV.3.- ENERGIA LUMINOSA O CANTIDA DE LUZ.

De forma análoga a la energía eléctrica que se determina por la potencia eléctrica por unidad de tiempo, la cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso por unidad de tiempo.

La cantidad de luz se representa por la letra Q y su unidad es el LUMEN-HORA (lm-h).

Su fórmula es:

$$Q = \phi \times t$$

Esta magnitud es importante en las lámparas de relámpago empleadas en fotografía, pues su valor es decisivo para la iluminación de la película. Debido al corto tiempo de la descarga, la cantidad de luz suele darse en lúmenes por segundo (lms). En la lámpara que emite una cantidad de luz de 2.1 lmh, esta magnitud por segundo será 2.1 lmh x 3600 seg ó 7560 lms.

También tiene interés conocer a efectos de cálculos económicos la cantidad de luz que emite una lámpara durante su vida. Una lámpara incandescente de 40 watts que emite un flujo

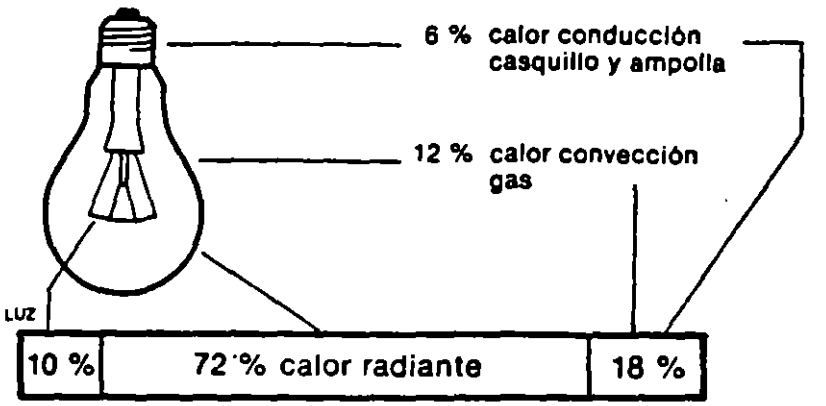
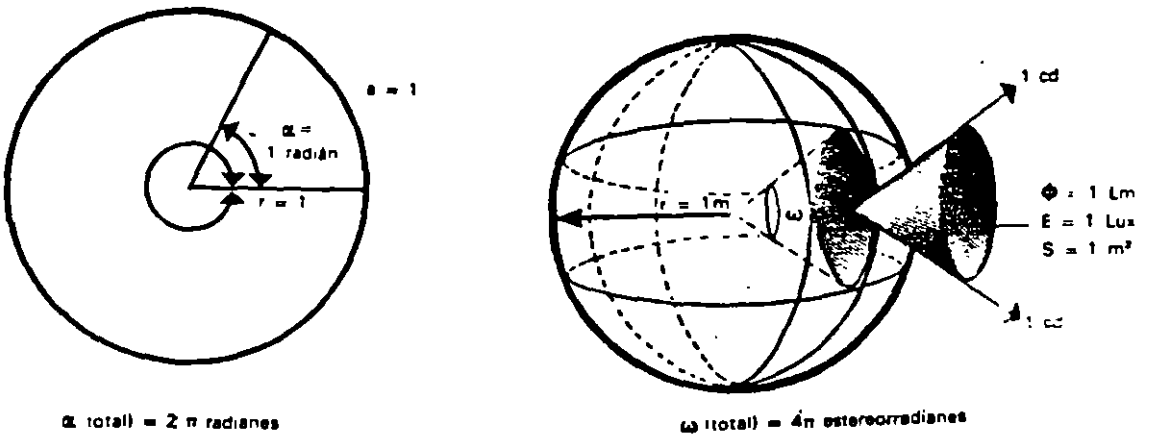


FIG. 1.- TRANSFORMACION DE ENERGIA ELECTRICA PARA LA PRODUCCION DE LUZ EN UNA LAMPARA INCANDESCENTE.



FIGS. 2 y 3.- ANGULO PLANO, ANGULO SOLIDO Y RELACION ENTRE FLUJO LUMINOSO, INTENSIDAD LUMINOSA E ILUMINANCIA.

luminoso de 440 lúmenes, durante su vida promedio de 1000 horas emitirá una cantidad de luz de 440,000 lmh. De este valor habrá que descontar la pérdida de flujo que se produce en el transcurso de su vida, ya que este valor no es constante.

IV.4.- INTENSIDAD LUMINOSA.

Este parámetro se entiende únicamente referido a una determinada dirección y contenido en un ángulo sólido w (Omega Minúscula). Al igual que una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estéreorradianes.

El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. El estereorradián se define entonces como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estéreorradianes.

La Intensidad Luminosa se representa por la letra I y su unidad es la CANDELA (cd). Su fórmula es:

$$I = \frac{\phi}{w}$$

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de un estereorradián:

$$cd = \frac{lm}{sr}$$

IV.5.- DISTRIBUCION LUMINOSA. CURVA FOTOMETRICA.

El conjunto de la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones constituye lo que se llama distribución luminosa. Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tienen una

superficie luminosa más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente presentando valores diferentes en las distintas direcciones.

Con aparatos especiales se puede determinar la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones del espacio con relación a un eje vertical. Si representásemos por medio de vectores la intensidad luminosa de un manantial en infinitas direcciones del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado Sólido Fotométrico.

Haciendo pasar un plano por el eje de simetría del cuerpo luminosos se obtendría una sección limitada por una curva que se denomina Curva de Distribución Luminosa o Curva Fotométrica. Mediante la curva fotométrica de un manantial se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato ncesario para los cálculos de iluminación.

Las curvas fotométricas se dan referidas a un flujo luminoso de 1000 lúmenes y, como el caso general es que la fuente de luz emita un flujo mayor, los valores de intensidad luminosa correspondientes se encuentran mediante una simple relación.

Por ejemplo, si una lámpara de mercurio de alta presión tiene un flujo luminoso de 23000 lúmenes, los valores de la intensidad luminosa deducidos de su curva fotométrica dada para 1000 lúmenes, habrá que multiplicarlos por el factor 23 hallado de la relación 23000/1000, para obtener el verdadero valor.

IV.6.- MEDIDA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA.

La medida de la intensidad luminosa se realiza en el laboratorio por medio de aparatos especiales, de los cuales existen diversos modelos fundados en la ley Inversa del Cuadrado de la Distancia -la cual se discutirá posteriormente- usando una luz patrón y otra desconocida, situadas una frente a otra en un mismo eje e interceptadas en una pantalla en la que se igualan las iluminaciones captadas en ambas caras de la misma mediante un objetivo apropiado.
En las figuras 5, 6 y 7 se muestran las curvas fotométricas típicas de algunas de las lámparas más utilizadas.

IV.7.- ILUMINANCIA

La iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminosos que

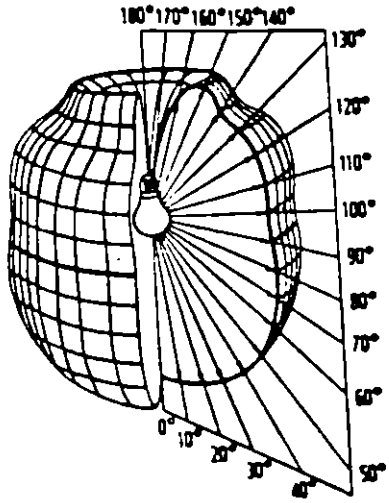
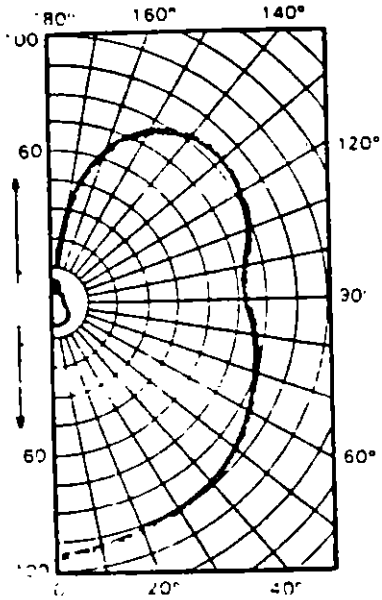
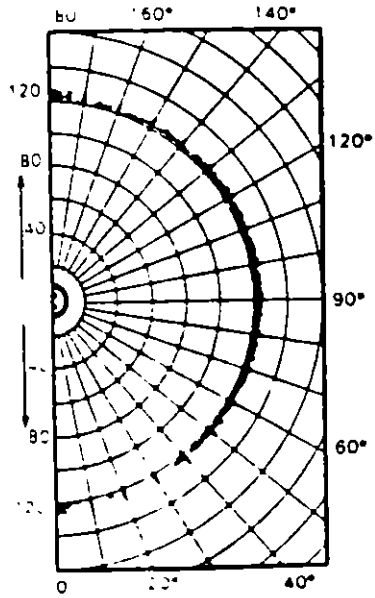


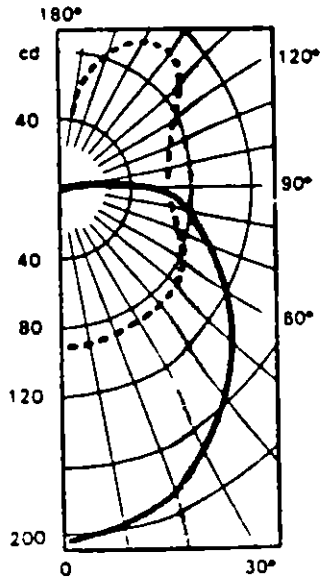
FIG 4.- SOLIDO FOTOMETRICO DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE



(5)



(6)



(7)

FIGS 5, 6, Y 7.- CURVAS FOTOMETRICAS TIPICAS (a) LAMPARA INCANDESCENTE ESTANDAR (B) LAMPARA FLYORESCENTE (C) LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON LUMINARIO

recibe la superficie y su extensión. Se representa por la letra E y su unidad es el LUX en el Sistema Internacional de Unidades. Su ecuación es:

$$E = \frac{\phi}{A}$$

De esta ecuación se deduce que en cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será la iluminación, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminación será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

El lux, unidad de iluminancia se define como la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen (Fig. 8).

$$LUX = \frac{1\ lm}{1\ m^2}$$

La iluminancia constituye un dato importante para valorar el nivel de iluminación que existe en una oficina, en la superficie de un recinto, en una calle, etc.

La medida de iluminancia se realiza por medio de un aparato denominado luxómetro, que consiste en una celda fotoeléctrica que, al incidir la luz sobre una superficie, genera una débil corriente eléctrica que varía en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliampérmetro cuya escala está calibrada directamente en lux. La Tabla III muestra distintos valores aproximados de iluminancias.

TABLA III.

Mediodía de verano al aire libre, cielo despejado ...	100 000 Lux
Mediodía de verano al aire libre, cielo cubierto	20 000 lux
Lugar de trabajo bien iluminado, recinto interior	1 000 lux
Buen Alumbrado Público	20-40 lux
Noche de Luna Llena	0.25 lux
Noche de Luna nueva (Luz de estrellas)	0.01 lux

IV.8.- LUMINANCIA.

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la

intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección).

La luminancia se representa por la letra L y su unidad es el NIT (nt) o candela por metro cuadrado (cd/m^2); tiene un submúltiplo que es el STILB (sb) que es candela por centímetro cuadrado (cd/cm^2), empleado para fuentes con elevadas luminancias.

La ecuación que expresa la Luminancia es:

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

donde: $S \cos \alpha$ es la Superficie Aparente

La Luminancia es máxima cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a la superficie luminosa, ya que entonces el ángulo es igual a cero y el coseno de α igual a uno, correspondiendo la superficie aparente a la real.

La luminancia puede ser directa o indirecta, correspondiendo la primera a los manantiales luminosos y la segunda a los objetos iluminados (Figuras 9 y 10).

La luminancia es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o menor claridad conque vemos los objetos iluminados, depende de su luminancia. El libro y la mesa de la figura 11 tienen la misma iluminancia, pero se ve con más claridad el libro porque su luminancia es mayor que la de la mesa.

La percepción de la luz es realmente la percepción de diferencias luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminancias y no de iluminación.

En la Tabla IV se dan algunos valores de luminancias.

La medida de la luminancia se realiza por medio de un aparato especial llamado Luminancímetro o Nitómetro, de construcción similar al luxómetro, del que igualmente existen diversos modelos.

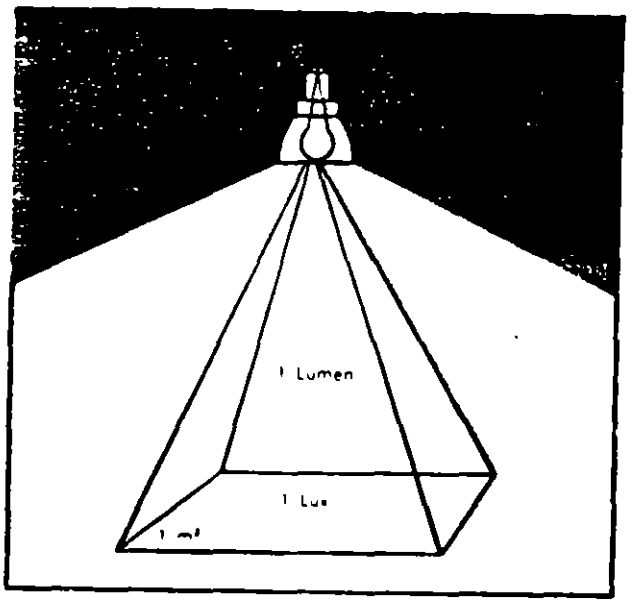


FIG 8.- EL LUX, UNIDAD DE ILUMINANCIA.

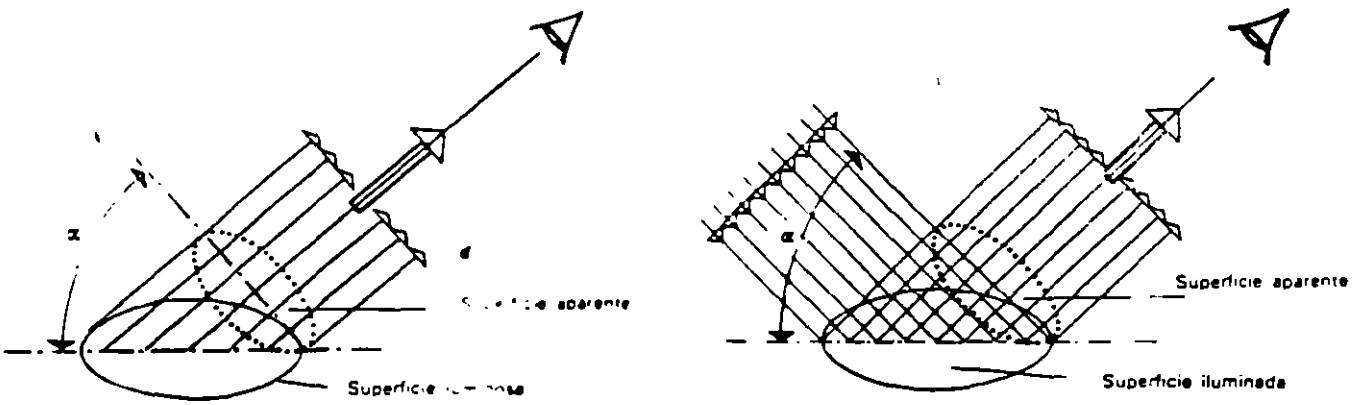


FIG 9 y 10.- TIPOS DE LUMINANCIAS (a) DIRECTA (b) INDIRECTA

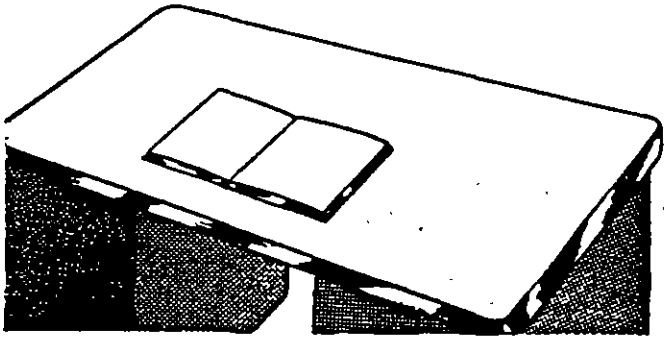


FIG 11.- DIFERENTES LUMINANCIAS DE DOS CUERPOS CON IGUAL ILUMINANCIA

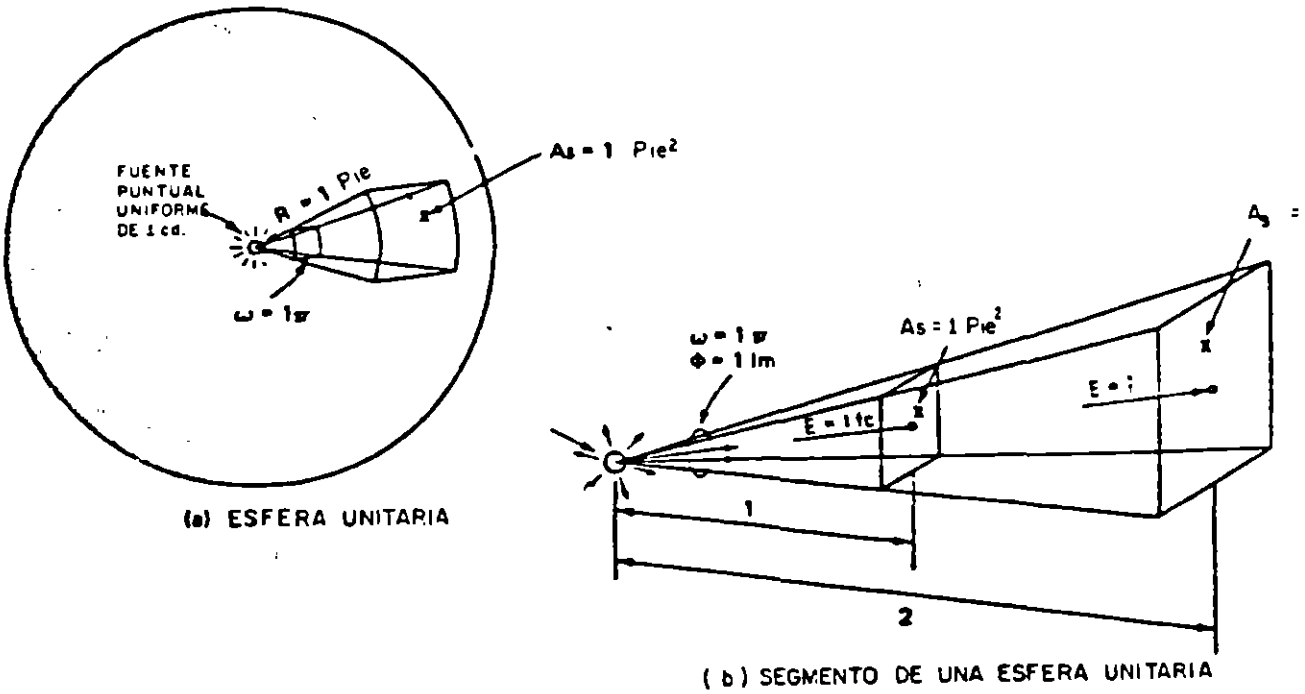


FIG 12.- ESFERA UNITARIA

TABLA IV.

Sol	150 000	cd/cm
Cielo despejado	0.3-0.5	"
Cielo cubierto	0.03-0.1	"
Luna	0.25	"
Llama de una vela de cera	0.70	"
Lámpara Incandescente Clara	100-200	"
Lámpara Incandescente Mate	5-50	"
Lámpara Incandescente Opal	1-5	"
Lámpara Fluorescente L 40 W/20	0.75	"
Lámpara de Mercurio a Alta Presión 400 W	11	"
Lámpara de Aditivos Metálicos 400 W	700	"
Lámpara de Sodio a Alta Presión 400 W	500	"
Lámpara de Sodio a baja Presión 180 W	10	"
Papel Blanco con Iluminación de 1000 lux	250	cd/m
Calzada de una calle bien iluminada	2	"

SISTEMAS DE UNIDADES.

El sistema inglés de unidades tiende a desaparecer, por lo que en un futuro próximo todos los países utilizarán el Sistema Métrico, más propiamente llamado el Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI. Las principales razones para adoptar el SI son las siguientes: 1) Su extenso uso en la mayor parte de los países del mundo, 2) Son las unidades primarias en el campo científico, y 3) La necesidad de uniformizar los campos de Ciencia e Ingeniería.

En la Ingeniería de Iluminación sólo aquellos términos que involucran unidades de longitud o área se ven afectados por la conversión. Las unidades de lúmenes, candelas, estéreorradianes y eficacia permanecen igual. Por lo tanto sólo las unidades de Luminancia e Iluminancia se ven afectados por esta conversión:

En el sistema Inglés la unidad de Iluminancia es el footcandle (fc) y equivale a un lumen por pie cuadrado, o sea:

$$fc = \frac{lm}{pie^2}$$

La conversión entre Footcandles y Lux se reduce a una simple conversión de pies cuadrados a metros cuadrados porque los lúmenes son comunes:

$$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ metros}; \qquad 1 \text{ pie}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ footcandle} = \frac{1\text{m}}{\text{pie}^2} \times \frac{\text{pie}^2}{0.0929 \text{ m}^2} = 10.7639 \text{ Lux}$$

$$\text{o también:} \quad \frac{1 \text{ fc}}{10.76 \text{ lux}} = 1$$

En el Sistema Inglés la unidad de Luminancia es el footcandle (fl) y equivale a una candela por pie cuadrado, o sea:

$$\text{fl} = \frac{\text{cd}}{\text{pie}^2}$$

La conversión entre footlamberts y Nits se reduce también a una simple conversión de metros cuadrados a pies cuadrados pero se debe incluir el valor :

$$\text{fl} = \frac{1}{\pi} \; \frac{\text{cd}}{\text{pie}} \; \frac{\text{pie}}{0.0929 \text{ m}} = 3.4262 \; \frac{\text{cd}}{\text{m}} = 3.4262 \text{ Nits}$$

$$\text{o también:} \quad \frac{\text{fl m}^2}{3.426 \text{ cd}} = 1$$

La relación entre candelas, lúmenes, estéreorradianes y footcandles puede encontrarse fácilmente utilizando una esfera unitaria de 1 pie de radio con una fuente puntual uniforme de 1 candela en el centro de la esfera (Fig. 12):

Para un área de un pie cuadrado en la superficie, el ángulo sólido obtenido será un estereorradián (sr):

$$w = \frac{A}{R} = \frac{1 \text{ pie}^2}{1 \text{ pie}^2} = 1 \text{ sr}$$

La fuente puntual de una candela producirá un lumen en la unidad de ángulo sólido:

$$\phi = I\ w = cd\ .\ sr = lm$$

La iluminación producida en la superficie interior de la esfera será de 1 lm en pie o un footcandle:

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{1\ lm}{1\ ft^2} = 1\ fc$$

El área total de la superficie de una esfera es 4 R . Por lo tanto, el área total de la superficie de la esfera unitaria es 4 o 12.57 ft . Si el flujo luminoso de 1 lm llega a cada pie cuadrado, la fuente puntual uniforme produce un total de 4 lm o 12.57 lm.

Además de las unidades estudiadas hay otras que se usan regularmente. Algunas de éstas son las siguientes:

Cuando la intensidad luminosa está en candelas y el área está en pulgadas cuadradas, la unidas de luminancia es candelas por pulgada cuadrada, por tanto:

$$1\ fl = \frac{lm}{ft^2} \times \frac{1}{\frac{lm}{cd}} = \frac{1}{\pi} \times \frac{cd}{ft^2} = \frac{1}{144} \times \frac{cd}{pul^2}$$

El número de footlamberts es igual a 1/144 veces el número de candelas por pulgada cuadrada, es decir:

$$\frac{1\ fl}{(1/144\ )(cd\text{-}pul^2)} = \frac{144\ .\ pul^2\ .\ fl}{1\ cd} = 1$$

Haciendo un análisis comparativo entre dos esferas unitarias para cada sistema de unidades, es decir, una con radio de 1 pie y otra con radio de 1 metro se pueden comprobar varias de las relaciones encontradas (Fig. 13).

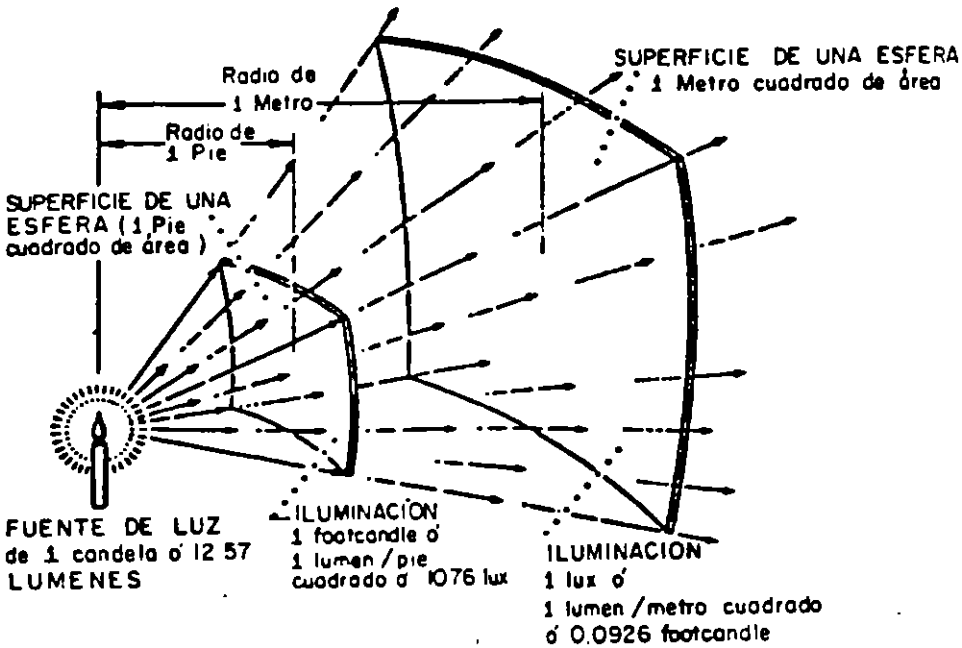


FIG 13.- RELACION ENTRE ESFERAS UNITARIAS Y LAS UNIDADES DE ILUMINANCIA

En la Tabla VI hacemos un resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales para los sistemas Inglés e Internacional y en la Tabla V se incluyen algunos factores de conversión entre unidades comunes.

TABLA V

pul	x	2.54	.....	cm
pie	x	.3048	.....	m
lux	x	m^2	.....	lm
fc	x	pie^2	.....	lm
fc	x	10.765	.....	lux
cd	x	sr	.....	lm
fl	x	452	.....	cd/pul^2
fl	x	3.4262	.....	Nits (cd/m^2)
cd/pul	x	1.55	.....	Kcd/m^2

****

RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICION DE LA UNIDAD	RELACIONES
FLUJO LUMINOSO	ø	Lumen (lm)	Flujo luminoso de la radiacion monocromatica de frecuencia 540 x 10E12 Hz y un flujo de energia radiante de 1/683 watts .	ø = i . w
RENDIMIENTO LUMINOSO		Lumen/watt (lm/w)	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia.	= ø/W
CANTIDAD DE LUZ	Q	Lumen por segundo (lms) Lumen por hora (lmh)	Flujo Luminoso emitido por unidad de tiempo.	Q = ø . t
INTENSIDAD LUMINOSA	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite flujo luminoso de un lumen en un angulo solido de un estereorradian.	I = ø/w
ILUMINANCIA	E	Lux (lx) footcandle (fc)	Flujo luminoso de 1 lumen que recibe una superficie de 1 m .	E = ø/A
LUMINA \	L	Nits (cd/m) Stilb (cd/cm)	.tensidad luminosa de una can- dela por unidad de superficie	L = I/A

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

LAMPARAS

Presentado por : ING. ALEX RAMIREZ R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtémoc 06000 México, D F APDO. Postal M-2285
Teléfonos 512-8955 512-5121 521-7335 521-[illegible]987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

TEMA III.

FUENTES LUMINOSAS

Las fuentes de luz (lámparas) que se utilizan actualmente para la iluminación artificial, pueden ser divididas en dos categorías principales: incandescente y de descarga. Las lámparas del tipo de descarga pueden ser de baja o de alta presión.

Las fuentes de descarga en baja presión son las fluorescentes y las de sodio en baja presión. Las lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos y sodio alta presión son consideradas lámparas de descarga en alta presión.

Estas son las fuentes de luz más comúnmente usadas en el campo de la ingeniería de iluminación. Cada fuente de luz será descrita en términos de sus tres componentes primarios.

(1) Elemento productor de luz
(2) Bulbo
(3) Conexión eléctrica.

El capítulo esta dividido en dos secciones: (1) Lámparas incandescente, (2) Lámparas de descarga.

III.1.- LAMPARAS INCANDESCENTES

III.1.a.- LAMPARAS INCANDESCENTES ESTANDAR

Elemento productor de luz

La luz es producida en la lámpara incandescente (figura 3-22) calentando un hilo o filamento a altas temperaturas, lo cual causa que el conductor llegue a la incandescencia. La incandescencia del hilo es resultado de la resistencia al flujo de corriente eléctrica a través del conductor. El tungsteno es usado como material para el filamento. Ninguna otra substancia es tan eficiente en convertir energía eléctrica en luz en la base de vida y costo. El tungsteno tiene cuatro características importantes

1.- Alto punto de fusión
2.- Baja evaporación

3.- Alta resistencia y ductibilidad
4.- Características favorables de radiación

Las designaciones más comunes de letras para filamentos son "S","C",y "R". Los filamentos en espira son los más eficientes y ampliamente utilizados en las lámparas encontradas en ingeniería de iluminación. La resistencia del tungsteno frío es baja, comparada con su resistencia operacional: por lo que hay gran cantidad de corriente inicial de encendido, en una lámpara fría.

Bulbo

El bulbo o cubierta de vidrio es usado para evitar que el aire toque el filamento. Cuando el filamento se expone al aire la evaporación ocurre mas rápido. El bulbo se llena con gas inerte de Argón y Nitrógeno para retardar la evaporación del filamento. Las lámparas con gas designadas tipo C son de 40 watts y mayores. Las lámparas de 25 watts y menos son lámparas en vacío, las cuales son designadas tipo B. Los bulbos también son designados de acuerdo a su forma (ver figura 3-23).

Aparte de la designación con letras, los bulbos también tienen una designación numérica, la cual representa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo, una designación A-19 indica un diámetro de 19/8 " ó 2 3/8 de pulgada.

Los acabados de las superficies del bulbo pueden ser claro, esmerilado u opalino, de color o superficies interiores plateadas. Las lámparas normalmente en el mercado son las claras, esmeriladas u opalinas, blancas y plateadas, los bulbos de color pueden ser de vidrio en color natural, pintura exterior o filtros.

Conexión eléctrica.

La base proporciona la conexión eléctrica, montaje y posicionamiento de la lámpara. Hay ocho tipos diferentes de bases. Las lámparas para servicio general de menos de 300 watts normalmente usan la base roscada mediana; de 300 a 500 watts las lámparas usan la base roscada mogul.

Características de operación.

Variación de voltaje.

La variación del voltaje en una lámpara incandescente, arriba o abajo del voltaje nominal, afectara las características de la lámpara. Por ejemplo, si una lámpara para 120 volts nominales es operada a 125 volts (4% de incremento), la lámpara producirá 16% mas lúmenes, 7% más

watts y 38% menos de vida. Una lámpara de 120 volts nominales operada a 115 volts (4% menos), proporcionará 13% menos lúmenes, 6% menos watts y 62% más vida (ver fig 3-24).

Depreciación de lúmenes.

La resistencia del filamento aumenta con el tiempo debido a la evaporación, dando como resultado una disminución del diámetro del filamento. Este incremento en la resistencia del filamento, causa una disminución de los lúmenes, amperes y watts. Una reducción adicional en la salida de lúmenes es debida a la absorción de luz por el tungsteno depositado en la superficie interior de la lámpara (ver figura 3-25).

III.1.b.- LAMPARAS DE TUNGSTENO - HALOGENO

Una deficiencia de las lámparas incandescente normales ha sido su mantenimiento de lúmenes a lo largo de su vida. Cuando el filamento se calienta, este se evapora lentamente y se deposita en la pared interior del bulbo. Esta capa de tungsteno entonces actúa como un filtro, absorbiendo algo de luz y disminuyendo la salida de luz. Esto fue superado con el desarrollo de la lámpara de ciclo tungsteno-halógeno, la cual también es llamada lámpara de cuarzo.

La lámpara de tungsteno-halógeno contiene un halógeno como el Iodo o Bromo y un gas de relleno. El bulbo está hecho de cuarzo para: soportar altas temperaturas requeridas por el ciclo para trabajar. A altas temperaturas, el tungsteno evaporado se asocia con una molécula de halógeno. En vez de depositarse en las paredes del bulbo, la molécula combinada de tungsteno-halógeno retorna al filamento caliente liberando halógeno para permitirle combinarse con otra molécula de tungsteno evaporado.

Esta acción de limpieza minimiza el deposito de tungsteno en la pared del bulbo, y da como resultado un incremento en la salida de lúmenes a través de la vida de la lámpara. En la figura 3-25 se muestra la salida de lúmenes de una lámpara incandescente normal y la de una lámpara de tungsteno-halógeno durante la vida de cada una de ellas.

El principal objeto al desarrollar la lámpara de tungsteno-halógeno fue el de mantener la salida de lúmenes, pero se hicieron otras mejoras. La vida de la lámpara aumento un poco, así como su eficacia.

Para operar apropiadamente las lámparas de tungsteno-halógeno requieren de relativamente altas temperaturas, el filamento tuvo que ser compactado y el bulbo se hizo más pequeño. La fuente como es más pequeña se acerca más a la fuente puntual ideal, necesaria para un buen control óptico.

La lámpara de tungsteno-halógeno es un tipo de lámpara incandescente y por lo tanto es fácil de atenuar. Sin embargo al atenuarla provoca una reducción en la temperatura de las paredes del bulbo, lo cual retarda la unión de moléculas de tungsteno-halógeno, dando como resultado un ennegrecimiento de las paredes del bulbo y reducción en la salida de los lúmenes de la lámpara. Cuando la lámpara es regresada a un nivel de temperatura suficiente, algo del tungsteno depositado en el bulbo es removido.

III.1.c.- CARACTERISTICAS GENERALES DE OPERACION

Eficacia y vida

Una de las características más importantes de cualquier fuente de luz, es su habilidad para convertir la energía eléctrica en energía luminosa. A esto se le conoce como eficacia de la lámpara.

Las lámparas incandescentes tienen eficacias que andan en el orden de los 4 a los 24 lúmenes/watt. Para propósitos de comparación, a la lámpara incandescente se le asigna una eficacia de 20 lúmenes/watt.

El costo de la luz depende no solo de la eficacia, también depende de la vida de fuente. Las lámparas incandescente tienen una vida promedio de 1000 horas, o sea alrededor de 5 meses con un período típico de encendido de 8 horas diarias (52 semanas/año x 6 días/semana x 8 horas/día = 2496 horas/año). La vida de la lámpara es función de varios factores, incluyendo la forma del filamento y su soporte, el gas de relleno, los ciclos de encendido-apagado y la potencia.

Características de color

El sistema visual humano responde en forma diferente a las diferentes longitudes de onda de la radiación. Nuestra mente interpreta estas diferentes longitudes de onda como un color.

Las fuentes de luz son importantes en la visión del color ya que proporciona la energía radiante y por lo tanto la respuesta al color. La distribución de las longitudes de onda emitidas por una fuente, es conocida como la distribución de potencia espectral (DPE). La DPE de una lámpara incandescente se muestra en la figura 3-26. Note la tremenda cantidad de rojo o grandes longitudes de onda presentes; esto es normal para una fuente que produce energía luminosa por calor. La DPE de la lámpara de iodo-cuarzo es similar a la de la lámpara incandescente pero contiene ligeramente más longitudes de onda corta (azul). Esto es resultado de las altas temperaturas de operación. Las lámparas incandescente tienen un rendimiento de color excelnte

Distribución de energía

La distribución de energía de una lámpara incandescente se muestra en la figura 3-27.

III.1.d.- RESUMEN

A pesar de que las fuentes incandescente tienen una vida corta y baja eficacia, tienen ventajas que las hacen ser seleccionadas comúnmente como fuentes de luz. Entre estas ventajas están su excelente indice de rendimiento de color, el bajo costo inicial de la lámpara y su relativamente pequeño tamaño, lo que facilita dirigir la salida de luz ya que se aproxima al modelo ideal de una fuente puntual.

Algunas veces se selecciona un sistema incandescente debido a su facilidad y bajo costo para atenuarlo, lo cual es una consideración importante en muchos diseños.

Las lámparas ahorradoras de energía en el mercado, hacen uso de diferentes gases de relleno. Estas lámparas utilizan más el kriptón que el Argon utilizado en las lámparas normales. El resultado es una disminución en la potencia consumida sin disminución de la eficacia. Como un beneficio adicional, la vida se incrementa. La lámpara incandescente es aun popular debido a su bajo costo. Las lámparas ahorradoras de energía cuestan alrededor de 10 veces más de lo que cuesta una lámpara incandescente convencional.

III.2.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS

Las lámparas de descarga en gas son comparadas con un elemento de resistencia negativa. Cuando los aditivos dentro del tubo de arco se ionizan, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye; esto provoca que la resistencia se aproxime a cero, mientras que la corriente se aproxima a infinito.

$$I = E/R \qquad R \to 0,\ I \to \text{infinito}$$

Sin un dispositivo que limite la corriente, los electrodos se destruirían en cuestión de segundos. Debido a lo anterior, todas las fuentes de descarga en gas requieren de un balastro.

Un balastro es un dispositivo eléctrico que sirve para tres funciones primarias:

1.- Limita la corriente
2.- Proporciona el voltaje de encendido.
3.- Proporciona la corrección del factor de potencia.

El balastro actúa como un autotransformador para proporcionar el voltaje de encendido. Por lo tanto, contiene devanados que provocan una carga de reactancia inductiva. La reactancia inductiva causa un defasamiento entre las ondas de corriente y voltaje, el cual es corregido con la adición de un capacitor en el balastro. El balastro se describirá con mas detalle al final de este capítulo.

Posición de operación.

Las lámparas de descarga en gas son usualmente sensibles a la posición de operación. El ingeniero debe tener precaución al seleccionar las lámparas, ya que si operan en una posición diferente de la especificada, estas pueden cambiar su salida de lúmenes, su vida y sus características de color.

Algunas lámparas pueden explotar o implotar si no se instalan correctamente. Se deben consultar las especificaciones del fabricante para obtener información de la posición de operación.

Las letras típicas para designar la posición de operación son:

BU: base arriba
BD-HOR: base abajo a horizontal
BD: base abajo
VER-BU: vertical a base arriba
BU-HOR: base arriba a
VER-BD: vertical a base abajo horizontal HOR: horizontal solamente

III.2.a.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE BAJA PRESION

III.2.a.1.- LAMPARAS FLUORESCENTES

La primera instalación importante de lámparas fluorescentes fue hecha en los años de 1938-1939 en la feria mundial de Nueva York. Las lámparas fueron instaladas en racimos verticales en las astas, a lo largo de la Avenida de las Banderas. En la figura 3-28 se muestra un esquemático de la lámpara fluorescente.

Elementos productores de luz

La lámpara fluorescente requiere de tres elementos o componentes para producir luz visible:

(1) Electrodos
(2) Gas

(3) Recubrimiento fosfórico

Electrodos (cátodos)

Los electrodos son los dispositivos emisores. Actualmente se utilizan dos tipos de cátodos. El cátodo caliente es un filamento de tungsteno con doble o triple arrollamiento, cubierto con un óxido de tierra alcalina que emite electrones cuando se calienta. Los electrones son sometidos a una temperatura aproximada de 900 C. Los electrones están sujetos a un voltaje mayor, emitiendo electrones a 150 C aproximadamente. El cátodo caliente es el tipo de electrodo más comúnmente usado en lámparas fluorescentes, para la mayoría de las aplicaciones. Por lo tanto, no se describirán las lámparas de cátodo frío.

Gases

Una pequeña cantidad de gotas de mercurio se coloca en el interior del tubo fluorescente. Durante la operación de la lámpara, el mercurio se vaporiza a una presión muy baja. A esta baja presión, la corriente fluyendo a través del vapor provoca que el vapor radie energía, principalmente a una sola longitud de onda en la región ultravioleta (253.7 nm) del espectro. La presión del mercurio es regulada durante la operación, por la temperatura de la pared del bulbo. La lámpara también contiene una pequeña cantidad de un gas raro altamente purificado. Los más comunes son el Argón y el Argón-Neón, pero algunas veces también se utiliza el Kriptón. El gas se ioniza rápidamente cuando se aplica un voltaje suficiente a la lámpara. El gas ionizado decrece rápidamente su resistencia, permitiendo que la corriente fluya y el Mercurio se vaporize.

Recubrimiento fosfórico

Este es el recubrimiento químico en la pared interior del bulbo. Cuando el recubrimiento fosfórico es excitado por radiación ultravioleta a 253 7 nm, este produce luz visible por fluorescencia. (Ver figura 3-28). Es decir, la luz visible de una lámpara fluorescente es producida por la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico dentro del bulbo.

Envolvente

El bulbo es el envolvente de vidrio que contiene los gases y proporciona una superficie a la cual puede aplicarse el recubrimiento fosfórico los bulbos se designan de acuerdo a su forma, diámetro y color (Ver figura 3-29). Por ejemplo, T-12 indica una forma tubular (T) y un diámetro de 1 1/2 de pulgada. (12 representa el diámetro en octavos de una pulgada: 12/8 = 1

1/2 pulgadas).

Conexión eléctrica

La base proporciona la conexión eléctrica entre la lámpara yel soquet y sirve como soporte y allineamiento de la lámpara. Hay tres tipos de bases asociadas con las lámparas fluorescentes:

1.- Doble alfiler (minuatura, media, mogul): Se usan en todas l. lámparas de encendido por precalentamiento y en la mayoria de arranque rápido
2. Doble contacto embutido: Se utiliza en las lámparas de alta emisión y Power Groove. Su propósito es proteger a los usuarios del alto voltaje en los contactos.
3.- Contacto sencillo: Usado en lámparas de arranque instantáneo.

Características de color.

El color de una lámpara fluorescente depende del recubrimiento fosfórico en la pared interna del bulbo. La curva de distribución espectral consiste en dos componentes.

1.- Una porción continua.
2.- Una línea de espectro.

Las líneas o barras en la curva DPE representan la luz visible que es generada directamente por el arco de mercurio; la porción continua es debida a la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico. La DPE de una lámpara fluorescente puede ser cambiada modificando el tipo de mezcla en el recubrimiento fosfórico Hay 6 lámparas fluorescentes blancas en el mercado (ver figura 3-3).

CW: Blanco frío
CWX: Blanco frío de lujo
WW: Blanco cálido
WWX: Blanco cálido de lujo
W: Blanco
D: Luz de día

Esta variedad de lámparas fluorescente blancas ha sido desarrollada para satisfacer casi todas las necesidades de luz blanca. Estas lámparas se conocen como lámparas blancas estandar, ya que las seis se pueden obtener con todos los grandes fabricantes de lámparas. Además de estas seis blancas estandar, cada fabricante vende blancos especiales y tubos fluorescentes de color.

La selección entre alguna de las lámparas fluorescentes siempre significa un compromiso entre

eficacia y color. La selección del mejor rendimiento de color usualmente significa una reducción en la eficacia. Las lámparas CW, WW, W y D tienen eficacias altas pero son pobres en rojos, dando como resultado una característica de pobre rendimiento de color. Las lámparas CWX y WWX son las que proporcionan el mejor rendimiento de color a los objetos y personas, con una razonable eficacia. Esto se obtiene con la adición de fósforos rojos en la mezcla. Sin embargo, ya que el ojo tiene menor respuesta a la energía roja, la eficacia luminosa se reduce alrededor de 30% de la salida de luz de las lámparas CW y WW.

Circuitos de cátodo caliente

Hay tres tipos de lámparas fluorescentes de cátodo caliente y se definen por los circuitos para los cuales han sido diseñadas:

1.- Precalentamiento
2.- Encendido instantáneo
3.- Encendido rápido

Circuitos de precalentamiento

El circuito de precalentamiento fue el primer tipo en ser desarrollado. Requiere un arrancador separado que precalienta los electrodos, provocando una emisión de electrones. Esto causa que la resistencia interna disminuya, lo cual permite establecer el arco. El proceso de precalentamiento requiere de algunos segundos, de aquí lo lento del encendido que es característica del circuito de precalentamiento.

El precalentamiento puede ser efectuado por medio de un botón manual de arranque o por un arrancador automático. El arrancador hace circular corriente por los electrodos de la lámpara por un tiempo suficiente para calentarlos y entonces automáticamente (o manualmente) interrumpe la corriente en los electrodos, causando que el voltaje aplicado entre los electrodos establezca el arco.

Circuitos de encendido instantáneo

En 1944, el circuito de encendido instantáneo fue introducido para mejorar el lento encendido del circuito de precalentamiento. El circuito de encendido instantáneo elimina la necesidad de un arrancador y por lo tanto simplifica el sistema y su mantenimiento. Se aplica un alto voltaje entre los electrodos suficiente para vencer la resistencia de la lámpara y establecer el arco. El arco calienta rápidamente el filamento de los electrodos, lo cual hace que se emitan electrones

para sostener el arco; ya que no se requiere de precalentamiento en las lámparas de encendido instantáneo, con un solo alfiler de contacto es suficiente. A este tipo de lámpara se le llama también lámpara Slimline.

Circuito de encendido rápido

En 1952, se desarrollaron el circuito y la lámpara de encendido rápido. Esta enciend rápidamente sin la necesidad de un arrancador separado. Un balastro para encendido rápido es de menor tamaño y más eficiente que un balastro de encendido instantáneo para la misma potencia. El circuito de encendido rápido utiliza electrodos de baja resistencia los cuales son calentados continuamente con muy bajas pérdidas.

La lámpara de encendido rápido es la lámpara más común y es adecuada para la mayoría de aplicaciones. Los circuitos de arranque rápido pueden ser intermitentes o atenuarse eficientemente.

Las lámparas circulares están disponibles para operación en circuitos de encendido rápido. También están diseñadas para usarse en circuitos de encendido rápido las lámparas en forma de "U".

Las lámparas de encendido rápido pueden usarse tanto en circuitos de precalentamiento como en circuitos de encendido rápido. Sin embargo, una lámpara con designación de "precalentamiento" no puede usarse en circuito de encendido rápido. Los circuitos de encendido rápido son clasificados de acuerdo a la corriente de la lámpara:

RS 430 mA
Circular 390, 420 y 430 mA
HO 800 mA
XHO, PG, VHO, SHO, T10 1500 mA

Nomenclatura de lámparas

La nomenclatura de una lámpara es de acuerdo a su potencia o longitud, forma, diámetro en octavos de pulgada y color. Las lámparas de precalentamiento y encendido rápido utilizan la potencia nominal de la lámpara en su nomenclatura, mientras que las lámparas HO, VHO, encendido instantáneo y PG utilizan la longitud nominal en su nomenclatura. Algunos ejemplos se muestran a continuación:

Precalentamiento
F20T12/CW, fluorescentes/watts/tubular/diámetro/color

Encendido rápido,
30 y 40 watts
F30CW y F40CW, fluorescente/watts/color

Encendido rápido (HO)
F96T12/CW/HO, fluorescente/longitud/tubular/diámetro/color/encendido rápido

Características de funcionamiento

Vida

La vida de la lámpara depende de los ciclos de encendido/apagado. Los valores de las lámparas están dados en la base de un ciclo de 3 horas de encendido por 20 minutos de apagado. En 1973 se introdujo en las lámparas un nuevo gas colector. Este gas previene la combustión del material emisor de los electrodos, cada vez que la lámpara es encendida; por lo que, la vida de la lámpara no es grandemente afectada por los ciclos más frecuentes de apagado-encendido de la lámpara. Sin embargo, la importancia del tiempo de encendido puede verse en la operación por más tiempo de las lámparas en términos de los factores de vida:

6-h encendido/apagado	1.25 x vida
12-h encendido/apagado	1.60 x vida
operación continua	2.5 o mas x vida

Efecto estroboscópico

Estroboscópio es una palabra griega que significa "ver movimiento". El arco se extingue durante cada paso por cero (120 veces/segundo) de la onda senoidal de corriente alterna; sin embargo, el recubrimiento fosforico continúa radiando luz durante este pequeño período. Generalmente, esto no es notorio, pero puede en algunos casos hacer parecer a la maquina de alta velocidad estar estática. El uso de balastros de secuencia serie en circuitos de encendido rápido elimina este problema.

Otra solución es usar balastros adelantado-atrasado, el cual pone una lámpara fuera de fase con respecto a la otra en una unidad de dos lámparas. Esto da como resultado que una lámpara esta al máximo de salida de luz mientras la otra esta en cero. El efecto resultante es la eliminación del parpadeo.

Efecto de la temperatura

La operación mas eficiente de la lámpara se obtiene cuando la temperatura ambiente está entre

70 a 90 F (21 a 32 C). Temperaturas menores causan una reducción en la presión del mercurio, lo cual significa que se produce menor energía ultravioleta; por lo que al haber menos energía ultravioleta que actúe en el recubrimiento fosforico se produce menos luz. Altas emperaturas causan un cambio en la longitud de onda producida, haciéndola más cercana al espectro visible. Las longitudes de onda más largas tienen menos efectos en el recubrimiento fosforico, y por lo tanto hay menor salida de luz (ver figura 3-31).

Las lámparas fluorescentes estandar pueden operarse a una temperatura menor hasta 50 F (10 C) sin un balastro especial. Sin embargo, como indica la figura 3-31, la salida de luz (lúmenes), será menor si la temperatura ambiente esta fuera de los 70 a 90 F (21 a 32 C). Existen balastros especiales de baja temperatura para encender y operar lámparas a 0 y 20 F. Estos balastros proporcionan un voltaje mayor de encendido y usualmente contienen un interruptor térmico de encendido.

Efecto de la humedad

Los requerimientos de voltaje de encendido son afectados por la carga electrostática en la superficie exterior de una lámpara fluorescente. El polvo y aire húmedo tienen efectos desfavorables en la carga de la superficie. Este factor debe ser tomado en consideración cuando la humedad relativa excede del 65%. Un recubrimiento de silicón en la superficie exterior de la lámpara y la adecuada distancia entre la lámpara y el luminario, normalmente resuelve los problemas de encendido bajo cualquier condición de humedad. Sin embargo, la acumulación de polvo en la lámpara nulifica los efectos del recubrimiento de silicón y provoca dificultades de encendido. No se debe limpiar la lámpara con un abrasivo, ya que este también eliminará el recubrimiento de silicón.

Distribución de energía

Del total de energía de entrada a una lámpara fluorescente solo el 22% se convierte en luz visible (ver figura 3-32).

Eficacia

La eficacia de las lámparas fluorescentes para la mayoría de los tamaños comunes de lámparas es de 75 a 80 lm/watt sin incluir las pérdidas en el balastro. Para circuitos de dos lámparas F40 CW, la eficacia total (lámpara más balastro) será de 68.5 lm/watt.

2F40CW: 2 x 3150 = 6300 lm
Balastro con dos lámparas encendido rápido, alto factor de potencia = 92 W

Eficacia= 6300/92 = 68.5 lm/watt
La lámpara F40 CW sola, tiene una eficacia de 78.8 lm /watt.

Dispositivos ahorradores de energía

Las lámparas ahorradoras de energía están diseñadas para operar a una menor potencia con el mismo balastro para lámparas convencionales. La eficacia de algunas es menor, otras tienen una eficacia mayor.

Recientemente se ha descubierto que las lámparas ahorradoras de energía, pueden ser la causa de la falla prematura del balastro debido a sobrecarga del capacitor. Un balastro de alto factor de potencia para dos lámparas contiene un capacitor de encendido y un capacitor para corregir el factor de potencia. Un incremento de 6% en la corriente del capacitor de encendido es la causa de falla del balastro. Nuevos diseños de balastros han eliminado el problema; sin embargo los balastros antiguos o balastros defectuosos pueden aún mostrar un alto índice de falla.

Las lámparas ahorradoras de energía deben ser solo seleccionadas para remodelar una instalación existente, la cual fue mal diseñada y esta proporcionando luz en exceso; no se deben utilizar para instalaciones nuevas.

Por razones económicas, el luminario con dos lámparas fluorescentes se prefirió al luminario con una lámpara antes de la crisis energética. El luminario de dos lámparas podía producir niveles mayores a los requeridos, pero en ese tiempo el costo de la energía era muy bajo debido al bajo costo de los energéticos, era más económico comprar un luminario que operara dos lámparas con un solo balastro, que comprar un luminario con un balastro para una lámpara El balastro para una sola lámpara cuesta casi lo mismo que uno para dos lámparas, pero se podía producir más luz con menos energía con el luminario de dos lámparas.

F40 CW: 3130 lm/lámpara
Balastro alto factor de potencia para una lámpara = 52 watts
Eficacia del sistema = 3150/52 = 60.6 lm/watt
Balastro alto factor de potencia para dos lámparas = 92 watts
Eficacia del sistema = 6300/92 = 68.4 lm/watt

Con el desarrollo de nuevos circuitos de balastros y el calentamiento continuo de los cátodos, el efecto estroboscópico asociado con las unidades de una sola lámpara debe ser minimizado

Con el aumento de las tarifas de energía eléctrica (costo de operación) y el énfasis en la reducción del consumo de energía, el uso de luminarios con una sola lámpara se hace más importante. El eliminar una lámpara de un luminario de dos lámparas, puede parecer una solución simple para reducir el consumo de energía en un edificio existente, donde existe un

nivel alto de iluminación para tareas no críticas. pero debido a que las dos lámparas están conectadas en serie, el eliminar una lámpara provocaría que se apagara la otra. Este problema ha sido resuelto con el desarrollo de un tubo sustituto que toma el lugar de uno de los tubos para completar el circuito serie de un luminario de dos lámparas. El tubo sustituto es construido de vidrio y contiene un capacitor que compensa la inductancia del balastro. La capacitancia restaura el sistema a su factor de potencia normal y permite al otro tubo seguir funcionando. Un circuito típico de encendido rápido de dos lámparas F40 mostrará una disminución a 62% de la potencia consumida, cuando la lámpara es reemplazada con un tubo sustituto. Al mismo tiempo, la salida de luz del luminario con dos lámparas disminuirá al 67% de la salida original de luz. Esto dará como resultado un incremento aproximado de 7% en la eficacia.

Balastro para dos lámparas de alto factor de potencia = 92 watts
2F40 CW con 3150 lm = 6300 lm
Lámpara sustituto: 92 watts x 62% = 57.04 watts 2 x 3150 x 67% =4221 lm
Eficacia = 4221/57.04 = 74 lm/watt

Operación con dos lámparas:

Eficacia = 6300/92 = 68.5 lm/watt

El uso de tubos sustitutos debe limitarse para aplicaciones de reemplazo, ya que estos son caros. También el eliminar una lámpara de un luminario para 2, provocará una apariencia no uniforme a la superficie del lente.

II.2.b.- LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESION

La lámpara de sodio baja presión ha sido usada extensamente en Europa desde 1940. En los Estados Unidos se inició una gran campaña publicitaria en 1972. Lámpara de sodio baja presion tiene la eficacia más alta de todas las fuentes, pero tiene un espectro monocromático amarillo

Elemento productor de luz

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene forma de U y esta construido de vidrio. El tubo tiene pequeñas burbujas para mantener una distribución uniforme del sodio a través de él. El tubo de arco contiene una pequeña cantidad de argón y neón para ayudar al encendido de la lámpara. La presión interna del tubo de arco es aproximadamente 1E-03 mm.

Tiempo de encendido = 9 min (89%), 15 min (100%).
Reencendido = 30 seg (80%)

Bulbo

El bulbo esta hecho de vidrio común. Este sirve para mantener un ambiente constante para el tubo de arco. El espacio entre el bulbo y el tubo de arco esta bajo vacío. El tubo de arco opera a una temperatura de 260 C (500 F).

Hay cinco potencias de lámparas:

Potencia normal (watts)	longitud máxima (pulgadas)	forma del bulbo	posición de operación
35	12 3/16	T17	HOR/ARRIBA
55	15 3/4	T17	HOR/ARRIBA
90	20 3/4	T21	SOLO HORIZ.
135	30 1/2	T21	SOLO HORIZ.
180	44 1/8	T21	SOLO HORIZ.

Conexión eléctrica

La base es una base bayoneta (BAY-B1) la cual mantiene la U el tubo de arco en una posición horizontal.

Características de color

La luz producida por una lámpara de sodio baja presión es un amarillo monocromático (ver figura 3-33). La distribución de potencia espectral consiste de dos líneas a 589 nm (aproximadamente 95% de la salida). Debido a la característica del amarillo monocromático, no existe rendimiento de color. Todos los colores aparecen como diferentes tonos de gris y café excepto los objetos amarillos.

Designación de la lámpara

La designación de SOX se usa para indicar una lámpara de sodio de baja presión. La designación también incluye la potencia nominal de la lámpara, tal como SOX 180 (180 watts).

Características de funcionamiento

Depreciación del flujo luminoso. El flujo luminoso aumenta ligeramente durante la vida de la lámpara. Se dice que el flujo luminoso es constante con un rango de temperatura de operación de -10 C a +40 C. El efecto en el flujo luminoso cuando la lámpara se opera fuera de este rango de temperatura no ha sido publicado.

Vida

La posición de encendido de la lámpara es crítica para la vida e esta, ya que esta falla debido a la migración de sodio hacia los electrodos. Esta migración causa un aumento en los watts consumidos por la lámpara durante su vida, la cual da como resultado que falle el electrodo.

WATTS NOMINALES	LUMENES LAMPARA	WATTS DE LAMPARA (100 h)	EFICACIA LAMPARA (100 h)	WATTS DE LAMPARA (18000 h)	EFICACIA (18000h)
35	4640	36	129.2	44	105.7
55	7700	53	145.3	62	124.2
90	12500	90	138.9	122	102.5
135	21500	130	165.4	178	120.8
180	33000	176	187.5	241	136.9

TEMA III

LAMPARAS COMPACTO FLUORESCENTES

Las lámparas compactas fluorescentes (CFLs) son un buen substituto permanente de las lámparas incandescentes debido a su alta eficacia. Su excelente rendimiento de color y amplia variedad de tamaños, formas y potencias las hace factibles para innumerables aplicaciones nuevas y retrofit.

Las CFLs fueron introducidas a inicios de la década de los ochentas como una económica alternativa a la substitución de lámparas incandescentes.

Comparándolas con las incandescentes las CFLs usan de una tercera a una cuarta parte de la energía para producir la misma cantidad de luz y duran cuando menos 10 veces más, proporcionando una atractiva recuperación de la inversión.

LA TECNOLOGÍA.

Una lámpara compacta fluorescente tiene una sola terminal, posee un tubo de diámetro reducido el cual se dobla para disminuir su tamaño. El hecho de que el tubo presente un diámetro menor hace costeable la utilización de fósforos de alta calidad mejorando la emisión lumínica y el rendimiento de color.

Como todas las lámparas de descarga en gas, las CFLs requieren de un balastro para su encendido y regulación de corriente eléctrica durante su operación. Muchas CFLs usan balastros magnéticos, a pesar de que los balastros electrónicos -que son más ligeros y operan a las lámparas más eficientemente- son cada vez más utilizados. Adicionalmente se encuentran disponibles en el mercado balastros dimmeables para tipos específicos de CFLs.

Los balastros dimmeables se pueden aplicar inmediatamente en nuevos arreglos y en algunos casos puede emplearse en situaciones retrofit.

Las CFLs están disponibles en una amplia variedad de formas y tamaños que pueden ser agrupados en tres categorías principales:

* **T-4 (diámetro de 1/2").** Lámparas de encendido por precalentamiento con 2 y 4 tubos, son una alternativa económicamente viable para substituir a las lámparas incandescentes. A pesar de que las lámparas T-4 tienen cuatro pins, arrancadores en su base y usan balastros

mayor que presentan las CFLs permite una ahorro tanto en el material como en los costos de reemplazo del sistema de iluminación. Sin embargo, la vida de una lámpara fluorescente es sensible al tiempo promedio de operación por cada encendido del conjunto lámpara-balastro.

Generalmente, una lámpara fluorescente que se enciende con mayor frecuencia tendrá una vida más corta que una lámpara con encendidos menos frecuentes. Los tiempos de vida están basados en períodos de 3 horas de operación por cada encendido.

Color.

Prácticamente todas las CFLs producen luz con un excelente rendimiento de color, similar al de las incandescentes. Además, las CLFs están disponibles en diversas temperaturas de color para lograr varios efectos: lámparas de 2700 K dan una atmósfera "incandescente" cálida, lámparas de 3500 K produce luz blanca-neutral, lámparas de 4100 K proveen un ambiente más frío.

Reducción de carga térmica.

Reduciendo la carga por concepto de alumbrado las CFLs reducen también la carga del aire acondicionado, produciendo un ahorro adicional. Los ahorros en energía y demanda provenientes de la reducción de la carga térmica pueden alcanzar del 10 al 30% del ahorro total por concepto de alumbrado provisto por las CFLs, dependiendo del clima y de las cargas de aire acondicionado y calefacción del lugar en estudio. Las cargas por aire acondicionado en edificios comerciales son generalmente mayores a las cargas por calefacción, además, el alumbrado y el aire acondicionado coinciden al momento de su operación lo que no ocurre con el alumbrado y la calefacción.

Ahorros.

El dinero ahorrado por la reducción en el consumo de energía, en la cantidad de lámparas reemplazadas y en los costos por reemplazo de lámparas puede permitir un rápido retorno de la inversión y proveer constantes ahorros en los costos operativos.

Los usuarios pueden esperar una ahorro del 65-75% en los costos totales del sistema de

iluminación. Ahorros adicionales pueden resultar al reducir la carga térmica.

Aplicaciones.

Las lámparas T-4 de baja potencia con un buen sustituto para las lámparas incandescentes en condiciones retrofit. Las lámparas de tubo gemelo se pueden usar tanto para iluminación de acento como para dar el nivel de iluminancia recomendado para una tarea en particular.

Debido a su elevada emisión lumínica las lámpara de triple y cuádruple tubos se emplean generalmente en luminarios empotrables y para baños de pared.

En nuevas construcciones las CFLs T-5 de alta potencia en luminarios de 60 x 60 cms. pueden reemplazar los tubos convencionales logrando una iluminación similar empleando la mitad del espacio.

Las CFLs no son recomendables para instalarse en techos con más de 4 metros de altura ni cuando se necesita un haz de luz muy cerrado.
Debido a que pocas CFLs son dimmeables se tienen límites de aplicación en este aspecto.
Las CFLs bipin y autobalastradas requieren de 1 a 3 segundos para encender. Si se necesita iluminación instantánea se recomienda seleccionar balastros electrónicos o magnéticos de encendido rápido.

El encendido de lámparas de baja potencia (menos de 10 W) puede anularse cuando la temperatura ambiente está por debajo de 4°C, limitando algunas aplicaciones en exteriores. También temperaturas extremas -hacia arriba y hacia abajo- en las paredes de la lámpara pueden reducir la emisión lumínica en más del 20%

- una consideración que se debe hacer al emplear CFLs en exteriores y en luminarios que no permiten una buena ventilación.

La posición en la cual se operan las CFLs también afecta su emisión lumínica. La emisión lumínica se mide con la base de las lámparas hacia arriba pero cuando operan con la base hacia abajo se presenta una reducción típicamente del 15 al 20% en la emisión de luz. Algunas de las nuevas CFLs usan una amalgama -aleación de mercurio- que minimiza los impactos de la temperatura y posición de operación en la cantidad de luz que emiten las lámparas.

Para lograr el tamaño compacto y bajo precio muchos balastros compactos fluorescentes

son fabricados con un Factor de Potencia Normal (NPF). Aunque su demanda de energía es la misma, los balastros NPF drenan casi el doble de corriente que los balastros de Alto Factor de Potencia.

Algunas CFLs, así como, las computadoras y otros equipos electrónicos poseen una Distorsión Armónica Total (THD) muy elevada. Si la THD de la corriente en un circuito trifásico sobrepasa el 30-35%, el cable del neutro se puede sobrecalentar. Sin embargo no es común que las CFLs provoquen sobrecalentamiento en el neutro pues representan generalmente una carga muy pequeña dentro de un sistema eléctrico. De hecho, CFLs retrofit usualmente reducen el consumo de energía cuando menos en un 50%, liberando la capacidad del conductor neutro. Aún mas, algunos modelos están disponibles con una THD menor al 25%.

III.3.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE ALTA PRESION (FUENTES DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD).

III.3.a.- LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Elemento productor de luz.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es construido de cuarzo, el cual permite transmitir la radiación ultravioleta (ver figura 3-35). El tubo de arco contiene Mercurio y una pequeña cantidad de argón, neón y Kriptón. Cuando la lámpara es energizada se genera un arco entre el electrodo principal y el encendido, en cuanto se ioniza el mercurio, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye.

Cuando la resistencia interna del tubo de arco es menor que la resistencia externa, el arco se establece entre los electrodos principales. El mercurio continua ionizándose, incrementándose la emisión luminosa, la luz producida es típica de las líneas de mercurio (404.7, 435.8, 546.1, 577.9), además genera energía ultravioleta.

El tubo de arco es operado desde una a 10 atmósferas de presión.

TIEMPO DE ARRANQUE = 5 min. (80%) 7-10 min. (100%)
TIEMPO DE REENCENDIDO = 7 min. (80%)

Bulbo exterior.- Las funciones principales del bulbo exterior son tres:

1.- El vidrio primario actúa como un filtro de rayos ultravioleta, el cual previene contra quemaduras en la piel y ojos.
2.- Proporciona también un ambiente constante para el tubo de arco. La presión del tubo de arco es afectada por el rápido cambio de temperatura y el movimiento del aire.
3.- Este proporciona una superficie para el recubrimiento fosforico, el cual es colocado en el interior del bulbo exterior para corregir el rendimiento de color de la lámpara de vapor de mercurio: Una lámpara con recubrimiento fosforico requerirá de un luminario muy grande para tener un buen control óptico ya que el bulbo exterior se convierte en el elemento productor de luz.

Conexión eléctrica

Se utiliza una base tipo mogul para las lámparas para potencias mayores de 100 watts; las

lámparas de 40, 50, 75 y 100 watts se fabrican con bases medianas.

Características de color

La lámpara clara de vapor de mercurio tiene un color predominante azul-verde, característico de las líneas del espectro de mercurio. La figura 3-36 muestra las curvas DPE. Para corregir el color de la lámpara, se aplica el recubrimiento fosforico en la pared interna del bulbo exterior.

Los colores primarios adicionados por el recubrimiento fosforico son el rojo y naranja. Las lámparas de vapor de mercurio blancas o con recubrimiento fosforico se recomiendan para todas las aplicaciones donde el color es importante. Existen comercialmente tres tipos de lámparas de vapor de mercurio blancas:

1.- Color mejorado: muy pobre en color rojo, color marginal, no recomendada.
2.- Blanco de lujo, DX: incrementa el color rojo, buen color, se recomienda.
3.- Blanco cálido de lujo, WWX: excelentes rojos, excelente color, altamente recomendado; menos lúmenes.

Designación de las lámparas

La designación para las lámparas de vapor de mercurio es muy diferente a las lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. Las únicas partes que tienen significado importante son la designación H, la cual identifica a la lámpara como de vapor de mercurio (Hg mercurio), y la potencia. Los números y letras marcados son arbitrarios.

H 33 GL - 400/DX
H - Indica que es una lámpara de vapor de mercurio.
33 - Números que se usan para los balastros de 400 watts.
GL - Son dos letras convencionales que describen las características físicas de la lámpara, tales como: tamaño, forma, material y acabado.
400 - Indica la potencia nominal de la lámpara.
DX - Indica el color de las lámparas; en el ejemplo: "blanco de lujo".

El bulbo se designa en términos de una letra y una combinación de números. La letra o letras son utilizadas para designar la forma del bulbo (ver figura 3-37).

PAR: parabólico
BT: tubular abultado
PS: forma de pera
R: reflector

T: tubular
E: elíptico
B: abultado
A: estandar

Los números representan los diámetros máximos de la lámpara en octavos de pulgada.

BT-37
Diámetro = 37"/8 = 4 5"/8
Forma: Tubular abultado

La posición de encendido es función de la posición del electrodo de arranque. El electrodo de arranque debe estar siempre colocado en la parte superior de la lámpara para evitar que el mercurio se deposite en el electrodo de arranque.

Características de funcionamiento

Depreciación lumínica

La gráfica de depreciación lumínica para una lámpara de vapor de mercurio es algo drástica y es función del balastro y de la potencia. (ver figura 3-38). La emisión lumínica también es función del suministro y regulación del voltaje a la lámpara (ver figura 3-39).

Vida

La vida de la lámpara de vapor de mercurio puede ser descrita en términos de su vida útil o de su vida nominal, típicamente, la vida nominal de las lámparas se establece en base al 50% de la curva de mortandad. Debido a su rápida depreciación de lúmenes , la vida de la lámpara de vapor de mercurio se establece cuando aún hay mas del 50% de lámparas encendidas, para mantener una salida de lúmenes más razonable (ver figura 3-40).

Distribución de energía

La distribución de energía para las lámparas de vapor de mercurio se muestra en la figura 3-41.

Eficacia de las lámparas

La eficacia de la lámpara varía con la potencia de esta. A mayor potencia de lámpara, mayor eficacia.

40/50 W: 25 a 30 lm/W
75,100,175,250 W: 34 a 48.4 lm/W
400 W: 55 a 60 lm/W
1000 W: 57 a 63 lm/w
H 33 GL-400/DX CON 22500 lm
Eficacia = 22500/400 = 56.3 lm/W

Lámparas de vapor de mercurio autobalastradas

Las lámparas de vapor de mercurio autobalastradas contienen ya sea un componente de estado sólido para arranque, o un filamento incandescente que actúa como balastro. La lámpara con componente de estado sólido no debe utilizarse en un luminario totalmente cerrado, debido al calor generado por este tipo de lámpara. En general, la lámpara de vapor de mercurio autobalastrada, son 50% menos eficaces en comparación con las lámparas normales de mercurio, pero 50% más eficaces que las lámparas incandescentes. Estas lámparas deben limitarse a sustituir lámparas incandescentes, donde el cambio de lámparas es difícil y el adicional un balastro es impráctico.

Dispositivos ahorradores de energía

Recientes desarrollos en los balastros electrónicos para lámparas de vapor de mercurio permiten atenuarlas actualmente. Los balastros electrónicos han sido estudiados desde que apareció la lámpara de vapor de mercurio. Existen todavía varios problemas, entre ellos el alto costo; pero se sabe que con un balastro electrónico la eficacia de la lámpara y la eficacia total del sistema aumentan considerablemente. Otras ventajas que se esperan del alastro electrónico son: el menor tamaño y peso, menor ruido, aumento de la vida de la lámpara y mayor facilidad para atenuar

III.3.b.- LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

Elemento productor de luz

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene los mismos principios

de operación y tipo de construcción del de la lámpara de vapor de mercurio (ver figura 3-42). El tubo de arco contiene además del mercurio, argón, neón y Kriptón; yoduros de metales. (los aditivos primarios son el mercurio, sodio y escandio; otros son el talio, indio y cesio). Estos aditivos proporcionan colores adicionales a las líneas típicas del mercurio, esto es, rojo, naranja y amarillo.

El color de la lámpara de aditivos metálicos esta balanceado a través del espectro. Debido a que la lámpara de aditivos metálicos mejora el color sin necesidad de un recubrimiento fosforico, la lámpara se aproxima a una fuente puntual, lo cual da como resultado que se facilite su control óptico. Para la posición horizontal de encendido, el tubo de arco es curveado ligeramente, para tener una temperatura más uniforme dentro del tubo de arco (ver figura 3-42).

Tiempo de encendido = 9 min (80%)
Tiempo de reencendido = 10 a 15 min (80%)

Cubierta

La cubierta exterior (bulbo) sirve solo para dos funciones.

1.- Filtro de la luz ultravioleta
2.- Ambiente constante para el tubo de arco (mantiene la temperatura constante y evita las corrientes de aire)

No se necesita un recubrimiento fosforico para el buen rendimiento de color y además debe evitarse ya que afecta en forma negativa el control óptico; esto es, la lámpara ya no se aproxima a una fuente puntual.

Conexión eléctrica

La lámpara de aditivos metálicos usa una base mogul para todas las potencias. Las lámparas para posición de operación horizontal que contienen el tubo de arco curvo (ver figura 3-42) tienen un pasador en la base para posicionarlas. Existe un portalámpara especial que asegura el posicionamiento adecuado del tubo de arco cuando la lámpara es asegurada en el portalámpara adecuadamente. El tubo de arco curvo siempre debe ser colocado con la curva hacia arriba en un plano vertical.

Características del color

La lámpara de aditivos metálicos producen energía en todas las longitudes de onda a través del

espectro visible. Esto es, su distribución de energía espectral esta bien balanceada, lo que significa que la lámpara produce un buen rendimiento del color sin la necesidad de un recubrimiento fosforico (ver figura 3-43). La apariencia del color es una función del control de calidad de los aditivos dentro del tubo de arco. La consistencia del color de una lámpara a otra es función del balastro, del voltaje aplicado y edad de la lámpara. Donde es una consideración importante de diseño el tener igualdad de color entre las lámparas, estas deben considerarse en grupo, debido al cambio de color con el tiempo.

Designación de la lámpara

Las designaciones para lámparas de aditivos metálicos no han sido normalizadas. El ingeniero debe tener cuidado al especificar las lámparas con designaciones no estandar para evitar que algún fabricante sea descartado.

La designación de la letra M o MH debe ser usada para identificar la lámpara de aditivos metálicos.

MH	400	BU
metal aditivo	watts	posición de operación de la lámpara

Las lámparas de aditivos metálicos son especialmente sensibles a la posición de encendido. Los datos de los fabricantes deben ser consultados para conocer los requerimientos de la posición de encendido.

El bulbo es designado por una letra y una combinación de números. Las lámparas de aditivos metálicos se fabrican con bulbos BT y E (ver figura 3-37). El número representa el diámetro exterior máximo del tubo en octavos de pulgada.

BT-37 diámetro = 37"/8 = 4 5/8"

Características de operación

Depreciación de lúmenes

La curva de depreciación de lúmenes para una lámpara de aditivos metálicos es substancialmente mejor que la curva para una lámpara de vapor de mercurio. La salida de lúmenes al final de la vida de la lámpara de alta potencia es 75% (ver figura 3-44).

Vida

La vida varía como una función de los watts de la lámpara y el lapso del tiempo que la lámpara ha estado en el mercado. Por ejemplo, la lámpara MH 175/Hor estaba comercialmente disponible en 1972. La práctica normal en la industria de las lámparas es introducir todas las lámparas nuevas al mercado con un promedio de 7500 hrs.

Cuando los informes sobre mortandad y vida sean desarrollados, lo cual requiere pruebas a largo plazo, la vida de la lámpara se espera se incremente a un mínimo de 15000 hrs. Los catálogos de lámparas usuales de todos los fabricantes deben ser consultados para obtener el promedio de vida de las lámparas.

Distribución de energía

La distribución de energía para una lámpara de aditivos metálicos se muestra en la figura 3-45.

Eficacia de las lámparas

Las eficacias de las lámparas varían con la posición de operación y los watts de la lámpara. Mientras mayor es la potencia, mayor es la eficacia

175 W: 80 a 85.7 lm/W
250 W: 82 lm/W
400 W: 85 a 100 lm/W
1000 W: 100 a 115 lm/W
1500 W: 96.7 a 100.33 lm/W
NOTA: Los rangos de valores son debido a variaciones entre fabricantes.

Dispositivos de ahorro de energía

El atenuado de lámparas de aditivos metálicos es un desarrollo reciente. La lámpara de 400 W puede ser atenuada (5 min) en un 47% del total de energía consumida, lo cual resulta en un 22% de reducción de lúmenes. La lámpara de aditivos metálicos de 1000 watts puede ser atenuada (15 min) en un 35% de su energía total consumida, o 14.6 de su rendimiento de lúmenes. Cuando ocurra un desarrollo tecnológico adicional, el costo de atenuación deberá disminuir y el rango incrementarse.

III.3.c.- LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION

Elemento productor de luz.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es pequeño en diámetro para mantener una temperatura de operación alta. Debido a que el diámetro es pequeño, no hay electrodo de arranque dentro del tubo de arco.

El sodio operando a una presión alta y a alta temperatura tiene un efecto corrosivo sobre el vidrio ordinario o cuarzo. Por eso, el tubo de arco está hecho de cerámica de aluminio. El tubo de arco contiene xenón, una amalgama de mercurio, y sodio operando a una presión de 200 mm. de mercurio.

Tiempo de encendido = 3 min. (80%)
Reencendido = 1 min. (80%)

Envolvente (bulbo)

La envolvente ayuda a mantener el tubo de arco dentro de una temperatura ambiente constante y protege al tubo de arco de corrientes de aire.

Conexión eléctrica

La conexión eléctrica es una base mogul. La lámpara requiere un pulso de energía de 2500 a 5000 volts para el encendido de la lámpara. Esto se realiza por medio de un dispositivo de arranque electrónico, que suministra el pulso de alto voltaje para abatir la resistencia y encender la lámpara.

Características de color

La lámpara de sodio de alta presión produce energía en todas las longitudes de onda (figura 3-46). Sin embargo la mayor porción de energía esta concentrada en la parte amarillo naranja del espectro. Las características de color de la lámpara cambia los objetos rojos a naranja y obscurece el color aparente de los objetos azul y verde, incrementando la presión en el tubo de arco parece mejorar la apariencia de color de rojos, azules y verdes. La consistencia del color de una lámpara a otra es mejor que con las lamparas de aditivos metálicos. Sin embargo, los cambios de color pueden ocurrir debido a las variaciones de voltaje y diferencias en balastros.

Designación de las lámparas

La designación de las lámparas de sodio de alta presión no han sido normalizadas por la industria de lámparas. El Ingeniero debe tener precaución en no especificar o usar nombres comerciales que provoquen que lámparas aceptables queden descartadas. Las lámparas de sodio alta presión están disponibles en bulbos E, BT y T (ver figura 3-37). Se utiliza una combinación de letras y números para designar la configuración del bulbo.

Características de operación

Depreciación de lúmenes

La curva de depreciación de lúmenes de la lámpara de sodio alta presión es una de las mejores de las lámparas del tipo de descarga de alta intensidad. El rendimiento lumínico al final de la misma, para altas potencias es 80% (ver figura 3-47).

Vida

La vida varía en función de la potencia, el circuito del balastro y del fabricante. El rango es desde 15000 a 24000 hrs. Para las lámparas de alta potencia más comunes.

Distribución de energía

La distribución de energía para las lámparas de sodio alta presión es mostrada en la figura 3-48.

Eficacia de las lámparas

La eficacia de las lámparas de sodio alta presión varía como función de la posición de operación y de la potencia de la misma.

70 W : 77 a 82.9 lm/W
100 W : 88 a 95 lm/W
150 W : 100 a 106.7 lm/W
250 W : 102 a 120 lm/W
400 W : 118.8 a 125 lm/W
1000 W : 140 lm/W

Las lámparas de sodio alta presión también están disponibles en potencias que pueden ser operadas con balastros de mercurio.

Las potencias disponibles son: 150, 215, 310 y 360 watts. Los informes de los fabricantes deben ser consultados para una adecuada selección del balastro para la lámpara.

Dispositivos de ahorro de energía

Es posible atenuar algunas potencias de lámparas de sodio alta presión. La lámpara de 1000 watts puede ser reducida a un 38% de su potencia total en aproximadamente 15 minutos, con una reducción en la salida de luz en un 20% de los lúmenes nominales.

****

*

PROCEDIMIENTO DE CALCULO ZONAL

*

ING. CARLOS GARCIA ROMERO

CALCULO DE ILUMINACION DE INTERIORES

INTRODUCCION.

El procedimiento para el cálculo de iluminación de interiores, aunque resulta fácil para el diseñador experimentado, puede resultar complicado para el principiante. En esencia, el método involucra el planteamiento de ecuaciones preliminares, la determinación de parámetros básicos y cálculos.

Una dificultad durante el estudio de este método, puede ser la carencia de familiaridad con la terminología. Aunque los conceptos en estas notas se van explicando conforme son presentados, existen otras definiciones que pueden requerir la consulta a otras referencias.

Antes de abordar el tema, es útil la descripción del contenido de las notas.

1.- INTRODUCCION.- Se hace una breve definición del sistema, explicando por qué es llamado "Método de Cavidad Zonal".

2.- CALCULO DE ILUMINACION.- Se da una exposición de las relaciones básicas a través de ecuaciones o fórmulas.

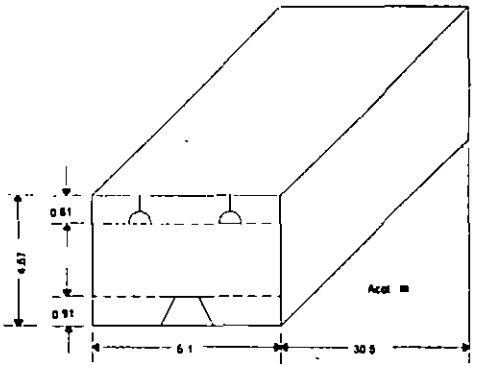
La ecuación básica se desarrolla para incluir en ella un cierto número de factores que modifican el comportamiento de la luz entre el luminario y el plano de trabajo que va a ser iluminado.

NOTA: Estos factores se definen en la medida en que se van presentando, pero la forma de determinarlos se explica hasta que la ecuación está completamente desarrollada.

3.- ECUACIONES DE TRABAJO.- Son las expresiones matemáticas previamente determinadas, es decir, son las fórmulas "desarrolladas" que se requieren para los cálculos.

4.- DETERMINACION DE FACTORES.- Se explica el procedimiento paso por paso para la determinación exacta de los factores "desconocidos" los cuales se emplean posteriormente en las "ecuaciones de trabajo".

El desarrollo de cada uno de los factores se ilustra mediante ejemplos basados en el siguiente caso típico:



(1) Local industrial
(2) Nivel de iluminación mínimo: 1,180 luxes
(3) Lámpara a utilizar: VSAP de 250 W (LU250/U)
(4) Luminario a utilizar: Luminario No. 16, LIGHTING HANDBOOK, IESNA
(5) Condición de suciedad: "media"
(6) Mantenimiento del sistema de iluminación: cada 24 meses

2.- CALCULO DE NIVELES DE ILUMINANCIA POR EL METODO DE CAVIDAD ZONAL.

El Método de Cavidad Zonal para el cálculo de niveles de iluminancia fue desarrollado por la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). para determinar los niveles de iluminación promedio proporcionado por los luminarios dentro de un espacio cerrado. Este método es preferido sobre otros no porque sea en todos los casos más exacto, sino porque es relativamente simple y flexible. Sus resultados son generalmente más representativos de un caso real y puede aplicarse a cualquier tipo de sistema de iluminación en locales regulares (rectangulares ó cuadrados) ó de formas especiales.

El término "Cavidad Zonal" se deriva de la suposición de que el espacio está dividido en cavidades sobrepuestas (máximo tres) y considera el comportamiento de la luz en cada cavidad antes de que la luz alcance el plano de trabajo. Este último es el plano en el cual se desarrolla la tarea visual.

En estas notas se explica el fenómeno físico y el procedimiento paso a paso del cálculo de iluminación a través de ejemplos.

2.1.- CALCULO DE ILUMINACION.

El cálculo de iluminación está basado en la determinación de la cantidad de iluminación ó nivel de iluminancia dado en luxes:

$$(1) \qquad \text{LUX} = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$$

Esta es la ecuación básica de iluminancia y en ella se asume que toda el flujo luminoso dado en lúmenes incide en el plano de trabajo. En la práctica, existen un gran número de parámetros que afectan al sistema de iluminación. El método de cavidad zonal involucra cuatro parámetros principales que deben ser considerados por el proyectista mediante la aplicación de factores adicionales en la ecuación (1):

a) Coeficiente de Utilización **(CU)**
b) Depreciación de los lúmenes de la lámpara **(DLL)**
c) Depreciación por polvo en el luminario **(DPL)**
d) Depreciación por suciedad del local **(DPSL)**

Entre los anteriores, el que requiere un procedimiento más largo y complejo es el coeficiente de utilización.

2.2.- COEFICIENTE DE UTILIZACION (CU).

Las lámparas de un luminario generan una cierta cantidad de lúmenes, pero únicamente parte de esos lúmenes sale del luminario. El resto es absorbido por los diferentes elementos que forman el propio luminario (a la relación entre lúmenes que salen y lúmenes totales producidos por las lámparas se le denomina eficiencia del luminario y se da usualmente en porciento). La luz que escapa sufre pérdidas posteriores debidas a la geometría del local y a la reflectancia de sus superficies. Entonces, el CU es la relación entre la luz generada por la

lámpara y la luz que finalmente incide en el plano de trabajo. Así la ecuación (1) se modifica:

$$\text{(2)} \qquad \text{LUXES} = \frac{(\text{LUMENES})(\text{CU})}{\text{AREA}}$$

2.3.- FACTOR DE PERDIDA DE LUZ (FPL).

El paso del tiempo impone una reducción gradual en los niveles de iluminancia. Los lúmenes emitidos por la lámpara disminuyen cuando ésta envejece; además, la suciedad en lámparas y luminarios reduce la eficiencia y la suciedad del local atenúa la reflectancia. Debido a que el nivel de iluminación usualmente es calculado como un valor mantenido (un nivel mínimo recomendado), la iluminancia proyectada requiere un nivel inicial mayor; por tanto, la ecuación (2) debe ser modificada mediante la inclusión de "factores de depreciación" compensadores.

2.4.- DEPRECIACION DE LOS LUMENES DE LA LAMPARA (DLL).

Compensa las pérdidas de los lúmenes de salida. El factor DLL es proporcionado por el fabricante de la lámpara.

2.5.- DEPRECIACION POR POLVO EN EL LUMINARIO (DPL).

Compensa las pérdidas ocasionadas por la acumulación de polvo en lámparas y luminarios. El valor depende del diseño del luminario y de las condiciones ambientales; por ejemplo, la pérdida es mucho mayor en una metalúrgica que en una oficina con aire acondicionado y filtrado. El factor DPL se determina con exactitud aceptable mediante el empleo de tablas ó gráficas.

2.6.- DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL LOCAL (DPSL).

Compensa las pérdidas que ocasiona la suciedad en la reflectancia de las superficies del local. El DPSL se determina mediante tablas.

Integrando todos estos factores la ecuación (2) queda como sigue:

$$\textbf{(3)} \qquad LUXES = \frac{(LUMENES)(CU)(DLL)(DPL)(DPSL)}{AREA}$$

siendo FPL el producto de todos los factores de depreciación:

$$\textbf{(4)} \qquad FPL = (DLL)(DPL)(DPSL)$$

Entonces, la ecuación (3) puede ser expresada como:

$$\textbf{(5)} \qquad LUXES = \frac{LUMENES(CU)(FPL)}{AREA}$$

3.– ECUACIONES DE TRABAJO.

El cálculo de iluminación implica la determinación del número total de lúmenes y por tanto de la cantidad de luminarios requeridos para producir un nivel de iluminancia previamente seleccionado. Entonces, es conveniente transformar la ecuación 5 para determinar el total de lúmenes requeridos:

$$\textbf{(6)} \qquad \textbf{LUMENES TOTALES} = \frac{\textbf{(LUXES)(AREA)}}{\textbf{(CU)(FPL)}}$$

Cada luminario tiene un número conocido de lámparas y cada lámpara genera una cantidad dada de lúmenes. Por tanto, la cantidad de lúmenes producidos dentro de cada luminario es:

(7) LUMENES POR LUMINARIO = (N° DE LAMPS) (LUMENES POR LAMPARA).

El paso final consiste en determinar el número requerido (N) de luminarios:

$$(8) \qquad N = \frac{\text{LUMENES TOTALES}}{\text{LUMENES POR LUMINARIO}}$$

Es mejor para el principiante usar las ecuaciones (6), (7) y (8), en secuencia. Sin embargo estos pasos pueden integrarse en una sola ecuación:

$$(9) \qquad N = \frac{(LUXES)(AREA)}{(CU)(FPL)(LUMENES\ LAMPARA)(LAMPARAS/LUMINARIO)}$$

Una vez determinado N, el proyectista puede trasladar esta información al arreglo ó disposición de luminarios. conocido comúnmente como "lay out.". La geometría del local y/o las condiciones de instalación pueden implicar ligeras modificaciones en el número de luminarios

4.- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION.

El CU es el porcentaje de luz generada por un sistema de iluminación que alcanza finalmente el plano de trabajo. Este valor depende de las siguientes consideraciones:

- La eficiencia del luminario y su curva de distribución luminosa.
- Las proporciones geométricas del local (la relación de superficies verticales y superficies horizontales).
- Las reflectancias de las superficies del local y las interreflexiones dentro de "Cavidades Zonales" definidas.

El CU apropiado se extrae de tablas calculadas y proporcionadas por el fabricante del luminario. Cada luminario tiene su propia tabla de CU. La figura siguiente es un ejemplo de una tabla típica Antes de que el CU se pueda extraer, es necesario determinar varios factores de entrada. Estos factores involucran cálculos preliminares y/o referencia a otras tablas

Los factores de entrada son

1 - Porciento de la reflectancia efectiva de la cavidad del techo (PCT)

2 - Porciento de reflectancia de la pared (Pw)

3 - Relación de la cavidad del local (RCL) o (RCR).

(Para cualquier altura específica, RCR's m s grandes indican locales m s pequeños).

Coeficiente de Utilización

PCT* →	80			70			50			30			
Pw* →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50
RCR ↓	Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso (P = 20)												
0	63	63	63	62	62	62	59	59	59	56	56	56	54
1	58	56	54	57	55	54	54	53	52	52	51	50	
2	53	50	48	52	49	47	50	48	46	48	47		
3	48	45	42	47	44	42	46	43	41	44			
4	44	40	37	43	40	37	42	39	37				
5	40	36	33	39	36	33	38	35					
6	36	32	30	36	32	29	35						
7	33	29	26	33	29	26							
8	30	26	23	30	26								
9	27	23	21	27									
10	25	21											

Estos son los CU's. Note como decrecen cuando las reflectancias disminuyen y las RCR's aumentan.

Las "reflectancias efectivas" se extraen de otras tablas y son una modificación de las reflectancias reales de las superficies del local. Estas últimas pueden ser especificadas, medidas ó en ocasiones estimadas. Sin embargo, es necesario determinar primero las relaciones de cavidad.

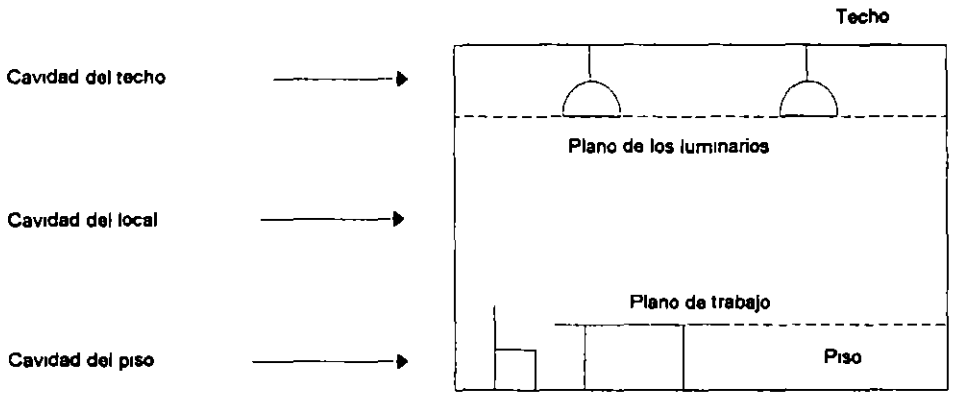
5.- DETERMINACION DE RELACIONES DE CAVIDAD.

Supongamos un local rectangular dividido en tres cavidades horizontales, cada una limitada verticalmente por las paredes

(1) "Cavidad del Techo".- Es la distancia entre el techo y un plano imaginario en la cara inferior de los luminarios.

(2) "Cavidad del Local".- Es la distancia entre el plano de los luminarios y un plano imaginario a la altura de las superficies de trabajo (escritorios, mesas, etc.).

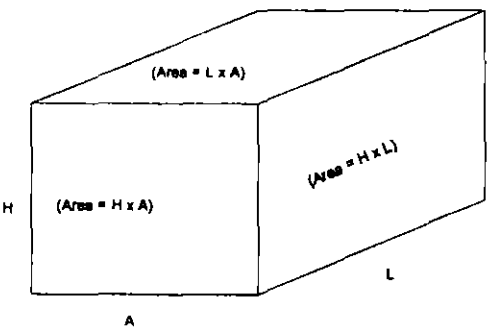
(3) La "Cavidad del Piso".- Es la distancia entre el plano de trabajo y el piso.



NOTA: Si los luminarios están empotrados en el techo, o si la superficie de montaje es poco profunda, no existe cavidad del techo. Si el plano de trabajo coincide con el piso, no existe cavidad del piso. Siempre existe una cavidad local.

Dentro de estas cavidades, la luz interreflejada se comporta de una forma que depende de la relación de área vertical sobre horizontal; por lo tanto, el primer paso para determinar ese comportamiento implica la determinación de las relaciones de área vertical sobre área horizontal en cada una de las cavidades Esas son llamadas "Relaciones de Cavidad" (RC).

Para entender estas relaciones RC, suponga una cavidad cuyas dimensiones se muestran en la figura adjunta



(1) El área de cada pared frontal o posterior es (HxA); o, el área combinada es 2(HxA).

(2) El área de cada pared lateral es (HxL); combinada, 2(H+L).

(3) El área total de paredes es: $\left[2(HxA)+2(HxL)\right]$ ó también: 2H (L+A).

(4) El área del techo y del piso es (LxA); en ambas, es 2(LxA).

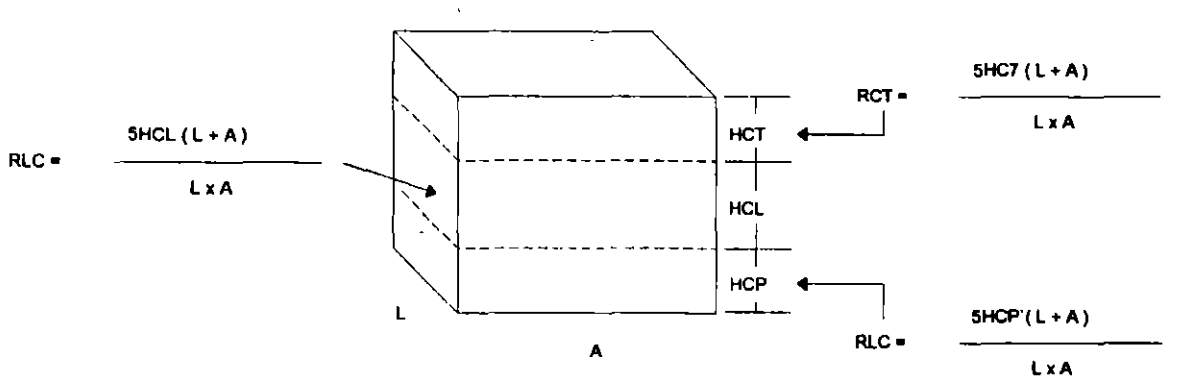
(5) Por tanto, la relación de áreas verticales sobre horizontales (la relación de cavidad) es:

$$RC = \frac{5H(L+A)}{2(LxA)} = \frac{H(L+A)}{LxA}$$

Tomando como referencia al CU de la tabla previa, se notará que la columna izquierda tiene valores de relación de Cavidad del Local (RCL) o (RCR) de 1 a 10. Si se sustituyen las dimensiones de locales reales en la ecuación, las relaciones de cavidad para la mayoría de locales caerá entre 0.2 y 2.0. Para establecer valores de RC que faciliten la entrada a las tablas de CU, las RC's se multiplican arbitrariamente por 5, un artificio que no modifica la relación:

$$RC = \frac{5H(L+A)}{LxA}$$

Se puede ahora determinar las tres relaciones de cavidad; normalmente RCL ó RCR por sus siglas en inglés.



Como la longitud y el ancho son constantes, se puede calcular la RCL y en función de ésta, RCT y RCP (cada uno es proporcional al otro de acuerdo a su valor de H):

$$RCT = RCL\frac{HCT}{HCL} \qquad RCP = RCL\frac{HCP}{HCL}$$

Ejemplo:

HCT = 0.61m, HCL = 3.05 m y HCP = 0.91m ; L = 30.5m y A = 6.1m

$$RCL = \frac{5x3.05(30.5+6.1)}{30.5(6.1)} = 3.0; RCT = 3.0\left(\frac{0.61}{3.05}\right) = 0.6; RCP = 3.0\left(\frac{0.91}{3.05}\right) = 0.9$$

6.- DETERMINACION DE LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES.

Para obtener los datos suficientes para la determinación del CU se necesita un paso más: la determinación de las "Reflectancias Efectivas de Techo y Piso".

Especialmente cuando no se tiene experiencia en esta clase de cálculos, es importante notar las diferencias entre las reflectancias reales de una superficie y las reflectancias efectivas de la cavidad. Cuando la luz sale del luminario lo hace en varias direcciones. Cualquier haz de luz "rebota" un número considerable de veces de una superficie a otra. Cada rebote causa algunas pérdidas (por absorción) y la dispersión posterior de la parte no absorbida en más rayos en muchas otras direcciones. Este es el proceso de interreflexión que produce reflectancias en las cavidades, las cuales pueden diferir de las observadas en las superficies básicas (techo ó piso) de las cavidades respectivas.

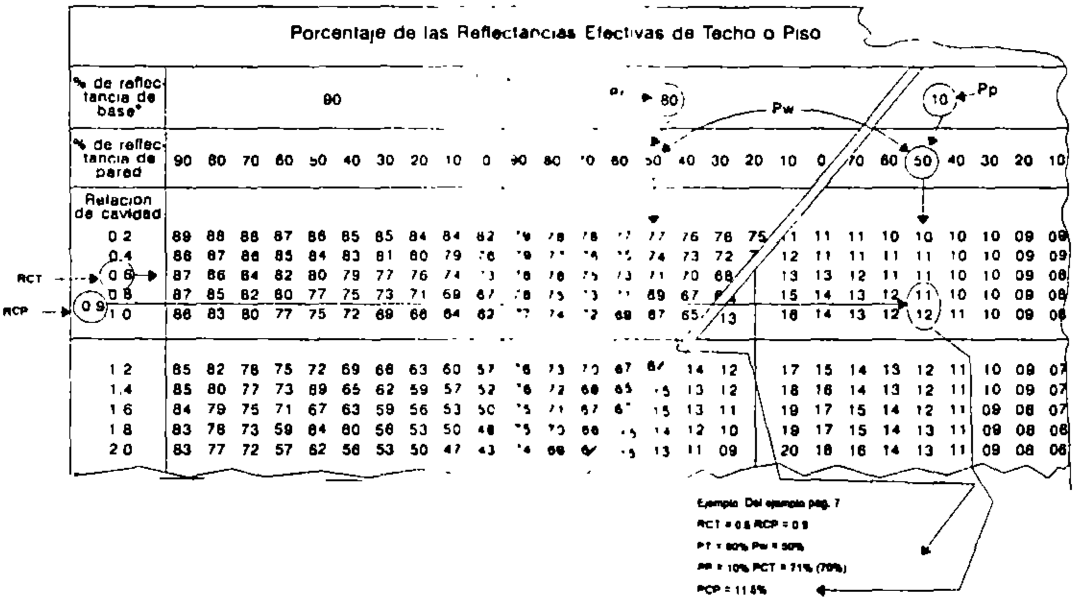
Las reflectancias efectivas de las cavidades se extraen de la Tabla 1 (una parte de ésta se muestra como ejemplo).

Para obtener la reflectancia efectiva de la Cavidad del Techo (PCT):

(1) Entre a la columna izquierda de la tabla con RCT.
(2) Entre a la línea superior con la reflectancia real del techo.
(3) Entre a la segunda línea con la reflectancia real de la pared.
(4) Obtenga la reflectancia efectiva de la Cavidad del Techo por medio de la intersección de (1) con (2) y (3).

Para obtener la reflectancia efectiva de la Cavidad del Piso (PCP):

(1) Entre a la columna izquierda de la tabla con RCP.
(2) Entre a la línea superior con la reflectancia real del piso.
(3) Entre a la segunda línea con la reflectancia real de la pared.
(4) Obtenga la reflectancia efectiva de la Cavidad del Piso en la intersección de (1) con (2) y (3).



Porcentaje de las Reflectancias Efectivas de Techo o Piso

% de reflectancia de base*	90										80										10						
% de reflectancia de pared	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	70	60	50	40	30	20	10
Relacion de cavidad																											
0 2	89	88	88	87	86	85	85	84	84	82	79	78	78	77	77	76	76	75	11	11	11	10	10	10	10	09	09
0.4	86	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	[illegible]	76	75	74	73	72	[illegible]	12	11	11	11	11	10	10	09	09
0 6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	76	78	75	73	71	70	68		13	13	12	11	11	10	10	09	08
0 8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	78	75	73	[illegible]	69	67	[illegible]		15	14	13	12	11	10	10	09	08
1 0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	13		16	14	13	12	12	11	10	09	08
1 2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	[illegible]	14	12		17	15	14	13	12	11	10	09	07
1.4	85	80	77	73	89	65	62	59	57	52	76	72	68	65	[illegible]	13	12		18	16	14	13	12	11	10	09	07
1 6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	[illegible]	15	13	11		19	17	15	14	12	11	09	08	07
1 8	83	78	73	59	64	60	56	53	50	48	75	70	66	[illegible]	14	12	10		19	17	15	14	13	11	09	08	06
2 0	83	77	72	57	62	56	53	50	47	43	74	66	[illegible]	[illegible]	13	11	09		20	18	16	14	13	11	09	08	06

Ejemplo Del ejemplo pág. 7
RCT = 0.6 RCP = 0.9
PT = 80% Pw = 50%
PP = 10% PCT = 71% (70%)
PCP = 11.5%

7.- SELECCION DE LAMPARAS Y LUMINARIOS.

El planteamiento de un sistema de iluminación presupone que el diseñador ha estudiado el problema y ha determinado al menos una selección tentativa de la

combinación lámpara–luminario. Los parámetros que deberá haber considerado previamente incluyen:

a) Funciones y/o actividades en el local.
b) Iluminación mantenida recomendada.
c) Geometría del local y reflectancias de las superficies..
d) Eficiencia energética e inversión atractiva.
e) Consideraciones estructurales, etc.

La selección del luminario debe ser previa a la investigación del CU en tablas, ya que éste está calculado para cada luminario en particular. Al mismo tiempo, es ventajoso determinar los lúmenes de salida de la(s) lámpara(s) propuesta(s), dato que se obtiene de la información del fabricante de lámparas.

Supongamos que continuamos con la recopilación de datos, usando los que fueron determinados en los ejemplos previos y que usaremos ahora:

(1) Lámparas VSAP de 250 Watts Lucalox (LU250/BU).
(2) Luminario de HID, curva de distribución amplia, tipo directo. (No. 16).

Para este cálculo, interesa conocer los lúmenes iniciales de la lámpara LU250/BU. Consultando el catálogo de lámparas, la determinación de los lúmenes es directo:

LAMPARAS GENERAL ELECTRIC DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD

PARA USARSE EN CUALQUIER POSICION DE ENCENDIDO EXCEPTO EN LAS ANOTADAS

LINEA No	BULBO (Bombilla)	BASE (Casquillo)	FAVOR ORDENAR POR ESTE NUMERO DE CATALOGO	Precio de Lista	DESCRIPCION (ver notas al apéndice pág 21)	Carga total en cm	Largo a Centro de Luz en cm	Vida aprox. en hrs	LUMENES APROX. INICIALES	LUMENES APROX. MEDIOS
LAMPARAS LUCALOX (R) (de Vapor de Sodio en Alta Presión)										
250 WATTS										
18	E-18'	401 MOGUL MECANICA (E38/42)	LU250	1 750 00	CLARO	24 78	[illegible]	[illegible]	27 500	24 750
19			LU250/S	——	CLARO	24 78	14 8	24 000	10 000	27 000
20	E-28'		LU250/D	——	DIFUSO	22 88	12 7	24 000	26 000	23 400
400 WATTS										
21	E-18'	401 MOGUL MECANICA (E38/42)	LU400	1 820 00	CLARO	24 78	14 4	24 000	50 000	45 000
22	E-27'		LU400/D	——	DIFUSO	28 73	17 8	24 000	47 500	42 750

Nótese, otra vez, que todo el trabajo de las páginas previas ha sido para establecer los datos que son preliminares para la obtención del coeficiente de utilización y no son, por sí mismos, una parte del cálculo de iluminación. Sin embargo, con ellos ya es posible entrar a la tabla de la cual se puede extraer el CU.

8.- EXTRACCION DEL CU.

El proyectista no calcula los CU's; los CU´s se establecen a partir de pruebas fotométricas en los laboratorios del fabricante o en laboratorios independientes. A continuación se muestra una sección de la tabla 3 de CU´s que corresponde al luminario del ejemplo:

Tipo de luminario	Distribucion típica y % de lúmenes de la lámpara		pcc →	80			70			50			30		
			pw →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
	CAT DE luz	MÁXIMO ESPACIAMIENTO	RCR ↓	Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso → NOTE											
Reflector con ventilación para distribución intermedia con lámpara clara de descarga de alta intensidad	III 1.0	1% / 76%	0	91	91	91	89	89	89	84	84	84			
			1	84	81	79	82	80	78	79	77	76			
			2	77	73	70	76	72	70	73	70	68			
			3	71	66	63	69	65	62	67	64	61			
			4	65	60	56	64	59	56	62	58	55			
			5	59	54	50	59	54	50	57	53				
			6	54	49	45	54	49	45	52	48				
			7	50	44	40	49	44	40	48	43				
			8	45	40	36	45	40	36	44	39				
			9	41	36	32	41	36	32	40	35				
			10	38	33	29	37	32	29	37	32				
Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara clara de descarga de alta intensidad	III 1.5	0.5% / 77.5%	0	92	92	92	90	90	90	86					
			1	85	82	80	83	81	79	79					
			2	77	73	70	77	72	69	73					
			3	70	65	61	68	64	60	66					
			4	63	58	53	62	57	53	60					
			5	57	51	47	56	51	47	55					
			6	51	45	41	51	45	41	49					
			7	46	40	35	45	39	35	4					
			8	41	35	31	41	35	31						
			9	37	31	27	37	31							
			10	33	27	24	33	27							

Ejemplo: de p ga. anteriores
PCT = 71%–(70%)
pw = 50%
pcp = 11.5%
RCL = RCR = 3.0
si se emplea el luminario No. 16
CU = 0.68
Este valor es correcto cuando PCP = 20%. Para este ejemplo PCP = 11.5% por lo tanto es necesario aplicar una corrección

Para extraer el CU:

(1) Entre a la columna de RCR con el valor apropiado.
(2) Entre a la línea superior con PCT.
(3) Entre a la segunda línea con PW.
(4) Obtenga el CU en la intersección de (1), (2) y (3).

En ocasiones es necesario interpolar valores de CU para obtener el buscado. Los valores de CU varían casi linealmente, por lo que es válido hacer una interpolación lineal.

Las tablas de CU están calculadas para locales que tengan una reflectancia de la Cavidad del Piso de 20%. Si el PCP que se tiene varía notablemente de 20%, es necesario corregir el CU con un "Factor Multiplicador".

9.- AJUSTE DEL CU.

La tabla 3 se usa para este propósito. El procedimiento de entrada es exactamente el mismo que el descrito para el uso de la tabla de CU: RCR en la columna izquierda y las reflectancias efectivas de las Cavidades de Techo y Piso a lo largo de las líneas superiores. El "Factor Multiplicador" se extrae de la intersección.

El CU "ajustado" es simplemente el producto de ese factor y el CU original.

$$CU_{AJUSTADO} = CU_{ORIGINAL} \times \text{FACTOR MULTIPLICADOR}$$

Este es el valor que debe ser usado en la ecuación (6) para calcular los lúmenes totales.

Factores utilizados para reflectancias efectivas de piso diferentes al 20%

% de reflectancia efectiva de cavidad de techo pcc	80				70				50			30		
% de reflectancia de pared Pw	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10
Para 30% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1 00)														
Relación de cavidad de local														
1	1 092	1 082	1 075	1 068	1 077	1 070	1 064	1 059	1 049	1 044	1 040	1 0		
2	1 079	1 068	1 055	1 047	1 068	1 057	1 048	1 039	1 041	1 033	1 027	1		
3	1 070	1 054	1 042	1 033	1 061	1 048	1 037	1 028	1 034	1 027	1 020			
4	1 062	1 045	1 033	1 024	1 055	1 040	1 029	1 021	1 030	1 022	1 015			
5	1 056	1 038	1 026	1 018	1 050	1 034	1 024	1 015	1 027	1 018	1 012			
6	1 052	1 033	1 021	1 014	1 047	1 030	1 020	1 012	1 024	1 015	1 009			
7	1 047	1 029	1 018	1 011	1 043	1 026	1 017	1 009	1 022	1 013	1 007			
8	1 044	1 026	1 015	1 009	1 040	1 024	1 015	1 007	1 020	1 012	1 006			
9	1 040	1 024	1 014	1 007	1 037	1 022	1 014	1 006	1 019	1 011	1 005			
10	1 037	1 022	1 012	1 006	1 034	1 020	1 012	1 005	1 017	1 010	1 004			
Pcp — Para 10% de reflectancia efectiva de cavidad de piso														
Relación de cavidad de local	(Muy aproximado a Pcp = 11 5)													
1	923	929	935	940	933	939	943	948	956	960				
2	931	942	950	958	940	949	957	963	962	968				
RCL 3	939	951	961	969	945	957	966	973	967	975				
4	944	958	969	978	950	963	973	980	972	980				
5	949	964	976	983	954	968	978	985	975					
6	953	969	980	986	958	972	982	989	977					
7	957	973	983	991	961	975	985							
8	960	976	986	993	963									
9	963	978	987											
10	965													

Ejemplo
El CU extraído en la p g 11 es 0 68
El factor de multiplicación de esta tabla es = 0 957

CU Ajustado = 0 68 x 0 957
= 0 651
o con dos decimales
CU = 0 65

10.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ.

Anteriormente se definieron tres factores que contribuyen a la reducción de los niveles de iluminancia: DLL, DPL y DPSL. Cada uno es una predicción, en porciento, de la cantidad de luz que "sobrevivirá" estos efectos reductores sobre un tiempo determinado. El producto de todos estos es llamado el factor de pérdida de luz (FPL).

11.- DETERMINACION DE LA DEPRECIACION DE LOS LUMENES DE LA LAMPARA (DLL).

La depreciación de los lúmenes para cualquier lámpara puede predecirse con exactitud a través de gráficas y/o tablas. En estas notas, se considerará DLL

como la depreciación que se espera cuando la lámpara haya sido operada por un tiempo igual al 70% de su vida nominal promedio.

La determinación de DLL es una simple extracción de la tabla 4.

TIPO DE LAMP	WATTS	MEAN LUMEN FACTOR*	(%) DLL**
HID			
MERCURY*			
H175DX39-22	175	84	78
H250DX37-5	250	81	
H400DX33-1	400	[illegible]	
H1000DX36-15	1000		
LUCALOX ®			
TODAS LAS POTENCIAS ESTANDAR (LU50 - LU1000)		90	82
LUH150	150	90	83
LUH215	215	90	83

Ejemplo:
Suponga el uso de una l mpara LUCALOX de 250 Watts (LU250)

DLL = 0.82

12.- DETERMINACION DE LA DEPRECIACION POR POLVO EN EL LUMINARIO (DPL).

Esta depreciación se establece en base a una "suposición" de acuerdo con la "condición de suciedad", al tipo de luminario analizado y en la práctica de mantenimiento del usuario. Es posible alcanzar una exactitud razonable mediante el uso diario de gráficas (como la mostrada abajo) las cuales el IES ha desarrollado para seis categorías de luminarios (ver tabla 5).

Para determinar DPL:

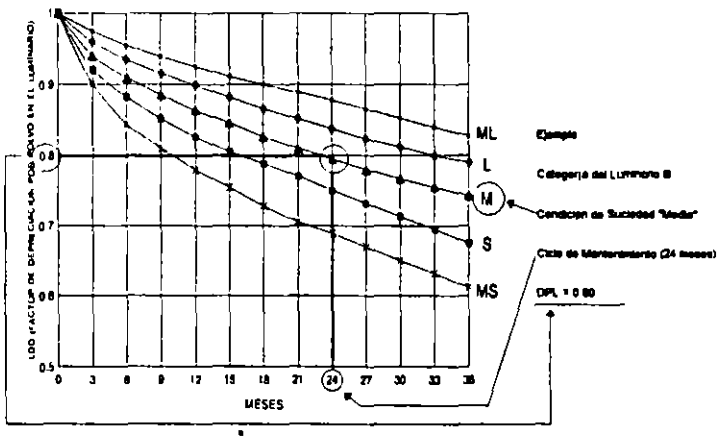
(1) Entre a la línea inferior con el "ciclo de mantenimiento asumido" (en meses).

(2) Siga hacia arriba hasta la intersección con la "condición de suciedad" esperada.

(3) Siga hacia la izquierda hasta la escala vertical.

(4) Extraiga el DPL.

CATEGORIA III



13.- DETERMINACION DE LA DEPRECIACION POR SUCIEDAD DEL LOCAL (DPSL).

La determinación de DPSL es similar a la del DPL, pero usando una tabla distinta a la tabla de CU´s. Esta involucra la identificación previa del tipo de curva de distribución del luminario (directo, semi–directo, etc.).

Para determinar DPSL, usaremos la tabla 6:

A) Refiérase a la pequeña gráfica en la parte superior izquierda.

(1) Entre a la línea inferior de la gráfica con el ciclo de mantenimiento propuesto en meses.

(2) Siga hacia arriba hasta la intersección con la curva que pertenece a la "condición de suciedad" ambiental esperada.

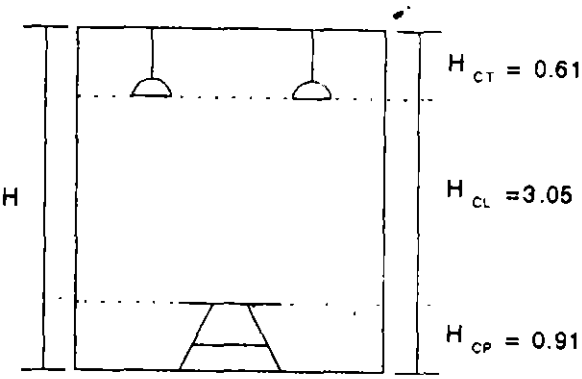
El resumen del ejemplo desarrollado se puede integrar en un hoja de trabajo como la presentada a continuación. Al final de las notas se proporciona una en blanco para usarse en otros ejemplos.

1.- DMENSIONES DEL LOCAL

L = 30.5 m;

A = 6.1 m;

H = 4.57 m



2 - REFLECTANCIAS (%) TECHO = 80 (P_T) PAREDES = 50 (P_W) PISO = 10 (P_P)

3.- RELACIONES DE CAVIDAD

$$R_L = \frac{5\,H_{CL}\,(L + A)}{L \times A} = \frac{5 \times 3.05\,(30.5 + 6.1)}{30.5 \times 6.1} = 3.0; \quad R_{CL} = 3.0$$

$$R_{CT} = \frac{H_{CT}}{H_{CL}} = 3.0 \quad \frac{0.61}{3.05} = 0.6; \quad R_{CT} = 0.6$$

$$R_{CP} = \frac{H_{CP}}{H_{CL}} = 3.0 \quad \frac{0.91}{3.05} = 0.9; \quad R_{CP} = 0.9$$

4.- REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDADES DE TECHO Y PISO P_{CT} = 71 P_{CP} = 11.5

5.- COEFICIENTE DE UTILIZACION: 0.68 x 0.957 = 0.651

6 - LUMINARIO No. 16 ; $\frac{\text{SEPARACION}}{\text{ALTURA DE M.}}$ = 1.5 ; CATEGORIA DE MANTO: III ; CICLO DE LIMPIEZA: 24 meses

7 - TIPO DE LAMPARA: LU250/U; LUMENES: 27500; $\frac{\text{LAMPARAS}}{\text{LUMINARIO}}$ = 1 ; $\frac{\text{LUMENES}}{\text{LUMINARIO}}$ = 27500

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ

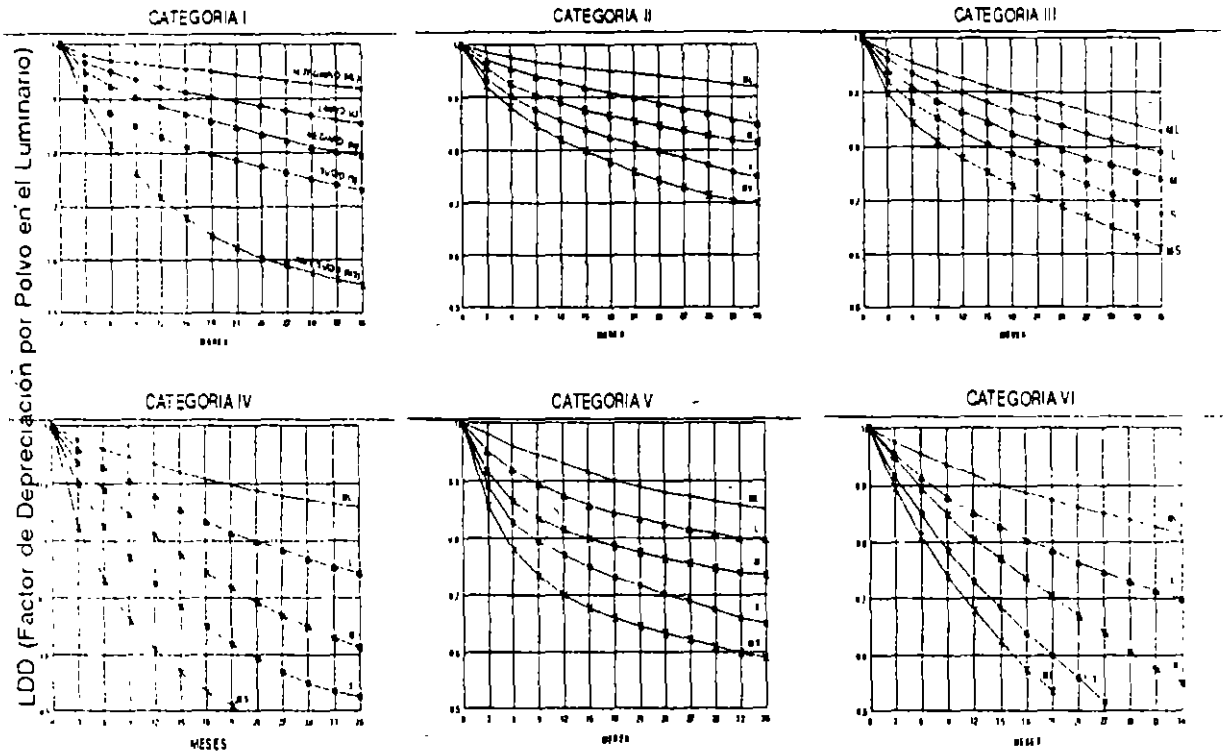
DLL = 0.82 ; DPL = 0.80 ; DPSL = 0.94

FPL = DLL x DPL x DPSL = 0.82 x 0.80 x 0.94 = 0.617 0.62

9.- NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO: 1180 LUXES

10.- NUMERO DE LUMINARIOS $= \frac{\text{LUXES x AREA}}{\frac{\text{LUMENES}}{\text{LUMINARIO}} \times \text{CU} \times \text{FPL}} = \frac{1180 \times 186.05}{27500 \times 0.65 \times 0.62} = 19.81$ 20

Tabla 5. Factores de Depreciación por polvo en el luminario (DPL)



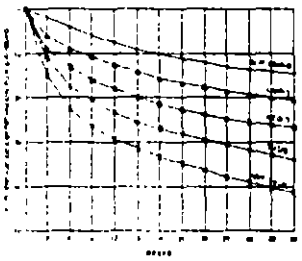


Tabla 6. Factores de Depreciación por Suciedad del Local (DPSL)

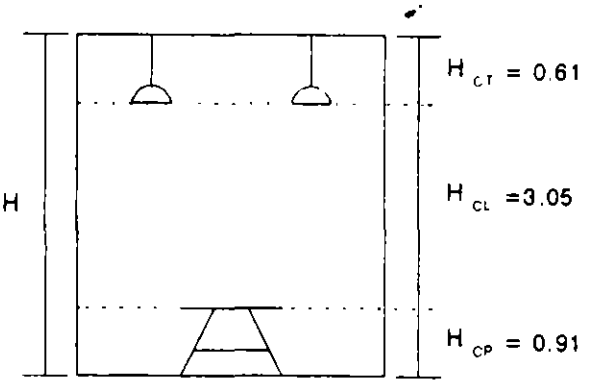
	Tipo de Distribución del Luminario																			
	Directo				Semi-Directo				Directo-Indirecto				Semi-Indirecto				Indirecto			
Porcentaje de Depreciación por Suciedad	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
RCR																				
1	98	.96	.94	.92	.97	.92	.89	.84	.94	.87	.80	.76	.94	.87	.80	.73	90	.80	70	60
2	.98	96	.94	.92	.96	.92	.88	.83	.94	.87	.80	.75	.94	.87	.79	.72	.90	.80	.69	59
3	.98	.95	.93	.90	.96	.91	.87	.82	.94	.86	.79	.74	.94	.86	.78	.71	.90	.79	68	58
4	.97	.95	.92	.90	.95	.90	.85	.80	.94	.86	.79	.73	94	.86	.78	.70	.89	.78	67	56
5	.97	.94	.91	.89	.94	.90	.84	.79	.93	.86	.78	.72	.93	.86	.77	.69	89	.78	.66	55
6	.97	.94	.91	.88	.94	.89	.83	.78	.93	.85	.78	.71	.93	.85	.76	.68	89	77	66	54
7	.97	.93	.90	.87	.93	.88	.82	.77	.93	.84	.77	.70	.93	.84	.76	.68	89	.76	65	53
8	.96	.93	.89	.86	.93	.87	.81	.75	.93	.84	.76	.69	.93	.84	.76	.68	.88	76	64	52
9	.96	.93	.88	.85	.93	.87	.80	.74	.93	.84	.76	.68	.93	.84	75	.67	.88	.75	63	51
10	.96	.93	.87	.83	.93	.86	.79	.72	.93	.84	.75	.67	.92	.83	.75	.67	.88	.75	62	50

1 - DMENSIONES DEL LOCAL

L = [30.5] m,

A = [6.1] m;

H = [4.57] m



2.- REFLECTANCIAS (%) TECHO = [80] (P_T) PAREDES = [50] (P_W) PISO = [10] (P_P)

3 - RELACIONES DE CAVIDAD

$$R_{CL} = \frac{5\,H_{CL}\,(L + A)}{L \times A} = \frac{5 \times (\quad + \quad)}{\quad \times \quad} = \quad ; \; R_{CL} = [\quad]$$

$$R_{CT} = \frac{H_{CT}}{H_{CL}} = 3.0 \quad \frac{\quad}{\quad} = \quad ; \; R_{CT} = [\quad]$$

$$R_{CP} = \frac{H_{CP}}{H_{CL}} = 3.0 \quad \frac{\quad}{\quad} = \quad ; \; R_{CP} = [\quad]$$

4 - REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE CAVIDADES DE TECHO Y PISO P_{CT} = [ ] P_{CP} = [ ]

5.- COEFICIENTE DE UTILIZACION: [ ]

6 - LUMINARIO No. 16 ; $\frac{\text{SEPARACION}}{\text{ALTURA DE M.}}$ = ___ CATEGORIA DE MANTO: ___ CICLO DE LIMPIEZA: 24 meses

7 - TIPO DE LAMPARA: LU250/U; LUMENES: ____; $\frac{\text{LAMPARAS}}{\text{LUMINARIO}}$ = ___; $\frac{\text{LUMENES}}{\text{LUMINARIO}}$ = ____

8.- FACTORES DE PERDIDA DE LUZ

DLL = ; DPL = ; DPSL =

FPL = DLL x DPL x DPSL = x x = [ ]

9.- NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO: [ ] LUXES

$$10 - \text{NUMERO DE LUMINARIOS} = \frac{\text{LUXES} \times \text{AREA}}{\frac{\text{LUMENES}}{\text{LUMINARIO}} \times \text{CU} \times \text{FPL}} = \frac{\quad \times \quad}{\quad \times \quad \times \quad} = [\quad]$$

$$\text{LUXES} = \frac{\text{No. DE LUMINARIOS} \times \frac{\text{LUMENES}}{\text{LUMINARIO}} \times \text{CU} \times \text{FPL}}{\text{AREA}} = \frac{\quad \times \quad \times \quad \times \quad}{\quad} = [\quad]$$

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

BALASTROS PARA LAMPARAS

Presentado por : ING. ERNESTO MENDOZA ESTRADA

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M 2285
Teléfonos 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

BALASTROS

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso requieren de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si esta corriente no se controlara seguiría incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama BALASTRO.

De acuerdo con las normas nacionales, un balastro "Es un dispositivo que, por medio de inductancias o resistencias solas ó en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su operación correcta y también cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámpara fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos".

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

a) Para lámparas fluorescentes
b) Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID)
c) Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID)

También pueden clasificarse de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo ó normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor (mayor de 0.9).

El balastro en general tiene como funciones:

1) Proporcionar la tensión ó tensiones de encendido y operación de la lámpara.
2) Limitar la corriente de operación de la lámpara.
3) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
4) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor).
5) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.
6) En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro.
7) En circuitos de ER proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara.

Aunque los requisitos de encendido y operación de las lámparas de descarga en gas se pueden satisfacer con una infinidad de modalidades, a continuación comentaremos el principio y las características de operación de los tipos de balastros de mayor aplicación.

1.- BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

Los sistemas fluorescentes se dividen en tres grandes categorías de acuerdo con su encendido:

1.a.- ENCENDIDO PRECALENTADO (EP).

Por el diseño de este tipo de lámparas, se requiere que sus electrodos sean calentados antes del arranque. En serie con los filamentos y en paralelo con la lámpara debe colocarse un dispositivo arrancador (también conocido como cebador) que puede ser manual o automático. Al energizar el circuito, la corriente pasa a través del balastro, de los filamentos y del arrancador. Durante este período de encendido el balastro únicamente proporciona la corriente necesaria para calentar los cátodos de la lámpara.

Cuando el dispositivo bimetálico con que van dotados estos arrancadores abre el circuito, o cuando se abre por operación manual, automáticamente se provoca que la corriente ya no pase a través del mismo, sino a través de la lámpara, lográndose así el encendido de ésta.

En este encendido se usan tres tipos principales de circuitos:

1) REACTOR SERIE.

Este circuito es utilizado cuando el voltaje de encendido de la lámpara es igual ó menor al voltaje de línea. Debido a la alta inductancia, este circuito es de bajo factor de potencia, pero con un capacitor apropiado se puede hacer la corrección al valor deseado. Debido al costo adicional del capacitor el reactor serie de alto factor de potencia se recomienda cuando el número de lámparas es grande, de modo que pueda afectar al factor de potencia de toda la instalación.

2) AUTOTRANSFORMADOR DE ALTA REACTANCIA PARA UNA LAMPARA.

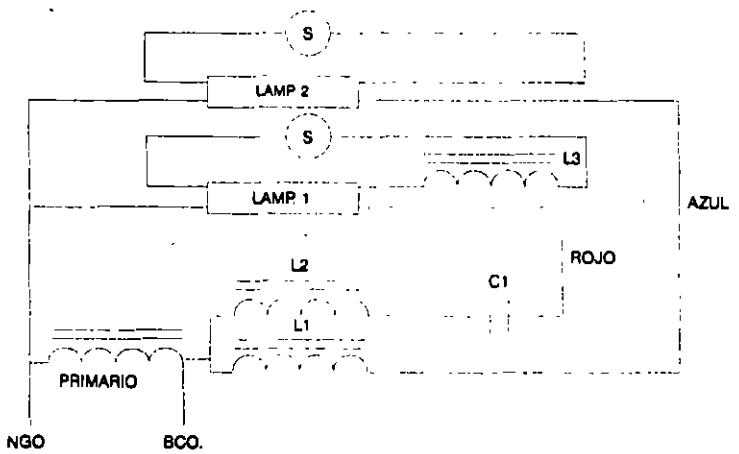
Se usa cuando se quieren aprovechar las ventajas de un reactor serie pero la tensión de alimentación al balastro es diferente a la de arranque de la lámpara.

Este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en el reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado.

3) AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (ATRAS ADELANTE).

Para este arreglo se combina la primera sección del circuito con reactancia inductiva X_{L1} y la segunda sección con reactancia inductiva X_{L2} conectada en serie con un reactancia capacitiva X_{C1}, predominando esta última. En serie con esta segunda sección se conecta un devanado auxiliar de compensación con X_{L3} para proveer de una corriente mayor en el arranque, lográndose un encendido más satisfactorio y una duración mayor de las lámparas.

Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico.



1.b.- ENCENDIDO INSTANTANEO (EI).

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por esta razón los balastros de encendido instantáneo son de mayor tamaño y aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores (con lo cual se reduce el mantenimiento) son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara.

En este encendido se usan tres tipos de circuitos principalmente:

1) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

Se usa cuando se requiere encender una sóla lámpara con factor de potencia corregido.

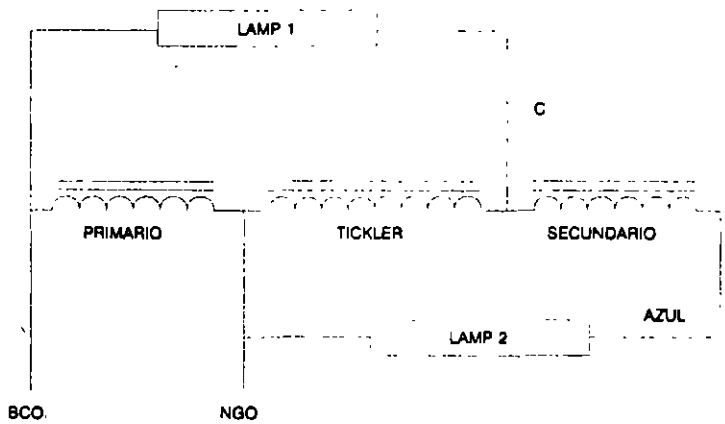
2) ATRAS-ADELANTE (SECUENCIA SERIE).

En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente y una vez que ésto se ha llevado a cabo se aplica tensión y corriente a la segunda lámpara.

Los circuitos con lámparas de El son recomendables para lugares donde hay problemas de variaciones de tensión ó en lugares fríos, ya que las limitaciones de voltajes de encendido no son muy estrechas y los balastros se diseñan para tener tensiones de circuito abierto (OCV) muy altas.

3) ADELANTADO-ATRASADO (LEAD-LAG).

En este circuito las lámparas operan independientemente una de la otra. Se emplean principalmente en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja. Este tipo de balastros son de mayor tamaño y mayor peso en comparación con los de secuencia serie.



1.c.- ENCENDIDO RAPIDO.

En este tipo de balastros se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de El porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplica una tensión entre cátodos de tal manera que se inicie el arco. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque.

Los circuitos más usados para este encendido son:

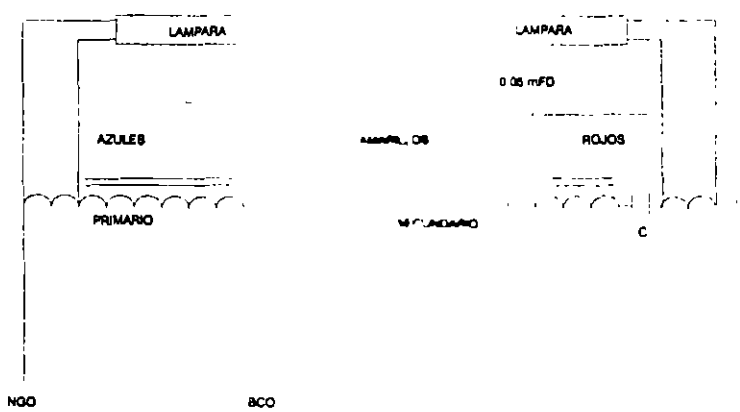
a) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

El circuito es similar al de encendido precalentado, excepto por la inclusión de dos devanados que suministran un voltaje entre 2.5 y 4 volts para calentar los electrodos. El OCV es de tal valor que enciende la lámpara sólo cuando los electrodos están calientes. Si se aumentara el valor del OCV para asegurar el encendido, la lámpara arrancaría como si fuera del tupo EI y su vida se acortaría notablemente.

b) AUTOTRANFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (SECUENCIA SERIE).

En este circuito las lámparas encienden una después de la otra. Tiene la ventaja de que con sólo proporcionar un OCV 25% mayor que el requerido para encender una sóla lámpara es suficiente para encender las dos.

Los balastros con este circuito tienen factor de potencia corregido, bajas pérdidas, bajo costo y producen menor interferencia debido a que los filamentos siempre están calientes.



Dentro de las desventajas de los circuitos de I.R está la dificultad de arranque con frío y humedad, la necesidad de una tierra física para aterrizar el reflector, la limitación para instalar los balastros remotos y los falsos contactos en las bases principalmente.

1.1.- BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

En general se puede decir que los balastros híbridos son aquellos que combinan un conjunto núcleo- bobinas como los mencionados anteriormente, con un dispositivo de estado sólido. Existen dos tipos principalmente:

1) CON AYUDA DE ARRANQUE.- Son balastros de ER que no proveen calentamiento continuo a los cátodos. El encendido se logra por medio de una tensión transitoria proporcionada por el dispositivo de estado sólido, similar al ignitor para lámparas de VSAP. Con esto se logra reducir la potencia de línea sin disminución apreciable de la emisión luminosa. Se requiere de un cuidadoso diseño para evitar disminuir la vida de las lámparas.

2) CON CORTADOR DE FILAMENTOS.- Son balastros de ER que proveen durante el arranque de un calentamiento normal a los filamentos. Una vez encendida y estabilizada la lámpara el dispositivo de estado sólido reduce gradualmente el calentamiento hasta eliminarlo por completo. Con esto se abate notablemente la potencia de línea sin una disminución apreciable de emisión luminosa ni de vida de lámpara.

1.2.- BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente tienen la ventaja de contar con un termoprotector que evita sobrecalentamientos internos.

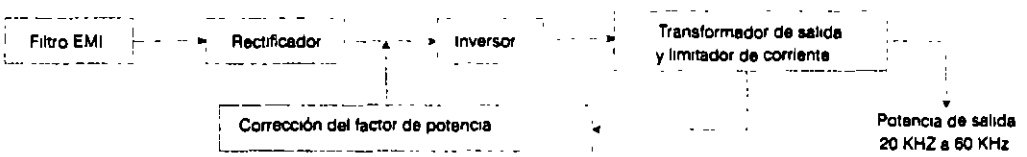
Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lamparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que puedan vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

1.3.- BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

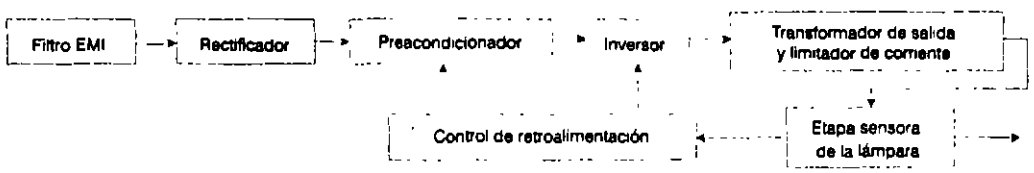
Son balastros de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a mejorar la eficacia de las lámparas. Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable. A su vez, los de potencia variable puede tener dos ó tres escalones definidos ó bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastros y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados son muy eficientes y cuestan entre 4 y 5 veces más que los normales. Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México.

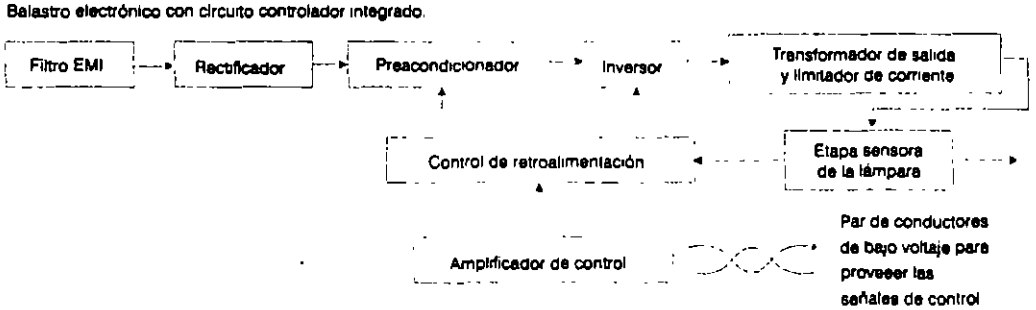
Balastro electrónico discreto.



Balastro electrónico con circuito integrado.



Balastro electrónico con circuito controlador integrado.



2.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID.

Estos balastros operan a las lámparas de Vapor de Mercurio en Alta Presión (VMAP), de Vapor de Aditivos Metálicos (VAM) y de Vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP), aunque en esta categoría suele incluírse a las lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP) que estrictamente pertenecen a las lámparas de Baja Intensidad de Descarga (LID).

Los balastros para lámparas de HID se diseñan y fabrican con una clasificación térmica mayor que la de los balastros fluorescentes (típicamente Clase H ó 180°C aunque los hay también clase C ó 200°C) y con núcleos magnéticos de materiales que soportan densidades típicas de saturación magnética (1.7 a 1.85 Teslas). Además, como su aplicación es predominantemente en exteriores se diseñan para ser más resistentes al medio ambiente.

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente dentro de la carcaza de un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo ó por medio de los herrajes soldados al propio balastro. Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se aloja el conjunto núcleo-bobinas, el capacitor y en su caso el ignitor. Pueden tener también termoprotector integrado. Los de tipo bote se usan para montaje exterior remoto. Pueden instalarse en la punta o sobre las caras de los postes ó también en la base. Las distancias a las cuales se pueden instalar estos balastros depende del tipo y potencia de la lámpara y del calibre del conductor. Como las lámparas de VSAP requieren de un ignitor que genera un pulso de voltaje alto pero con poca energía, las distancias son menores que para otros balastros, pero pueden llegar hasta 15 metros. Los fabricantes proporcionan información sobre los calibres y las distancias recomendadas para cada tipo de lámpara de modo que se garantice que la tensión de lámpara no caiga más de 1%.

Otra forma de clasificar a los balastros de HID es de acuerdo con la relación de fase. Cuando la corriente en la lámpara va atrasada con respecto al voltaje, se trata de un balastro atrasado. Cuando en serie con la lámpara está conectado un capacitor la corriente está adelantada con respecto al voltaje y entonces el balastro es adelantado.

Los circuitos más comunes son:

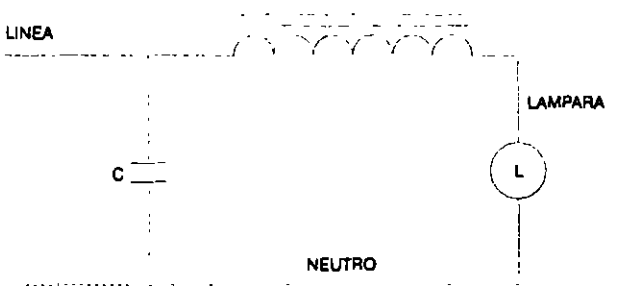
a) Reactor Serie
b) Autotransformador Alta Reactancia
c) Autotransformador Autorregulado
d) Potencia Constante

2.a.- REACTOR SERIE (R).

Es el tipo más sencillo y consta básicamente de una inductancia (reactancia inductiva) formada por una bobina en un núcleo de hierro con una pequeña interrupción ó entrehierro en la trayectoria magnética. La función del entrehierro es obtener un cierto grado de linealidad, lo que mejora considerablemente la regulación.

Este balastro, también llamado bobina de choke se puede usar únicamente cuando la tensión de línea es mayor que la tensión de encendido de la lámpara. Como el circuito es muy inductivo, el factor de potencia es muy bajo (50%), pero puede corregirse si se conecta en paralelo un capacitor (el precio aumenta 20%). Por su simplicidad de construcción es el balastro más pequeño, más barato, más ligero y más eficiente a tensión nominal. Sin embargo, su regulación deja mucho que desear: ± 5% de variación en la tensión de línea provoca ± 12% en la potencia de lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última y en la potencia de línea y las pérdidas propias del balastro. Esto condiciona su uso a redes con excelente regulación.

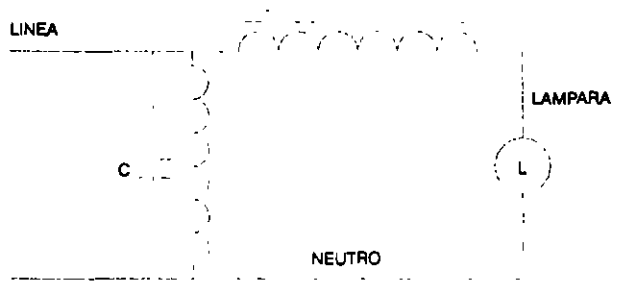
El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse.



2.b.- AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX).

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransfomador más un reactor serie combinados en una sóla estructura (Figura 9). Aunque el devanado primario y el secundario comparten un cierto número de vueltas,

estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y con mayores pérdidas.



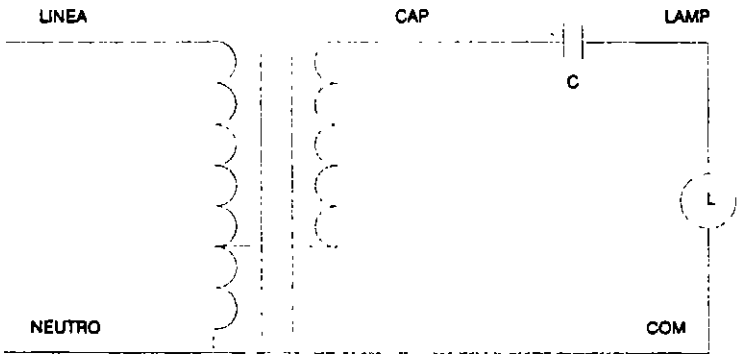
2.c.- AUTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).

El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de choke en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético está diseñado de modo que sólo parte del flujo magnético del primario enlaza al secundario; el resto del flujo es derivado de regreso al primario. El núcleo en el lado secundario puede o no tener una restricción magnética que modifique la forma de onda del voltaje inducido en el secundario.

Tanto en circuito abierto como en operación los flujos primario y secundario son diferentes. En serie con la lámpara se conecta un capacitor, por lo que el circuito trabaja en adelanto. Controlando la corriente a través del primario en atraso, se obtiene fácilmente un alto factor de potencia.

El contar con una capacitancia en combinación con una inductancia provee al circuito de mejor control sobre la operación de la lámpara. En este circuito, que siempre es de alto factor de potencia, las características en general son mejores que en los circuitos atrasados. Con ± 10% de variación en la tensión de línea se obtiene ±5% en la potencia de lámpara. La corriente de encendido es menor que la corriente nominal y el voltaje ce extinción es más bajo que en los circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se les compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal.

El precio es típicamente 50% mayor que el del reactor serie de bajo factor. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 aunque típicamente no rebasa el 1.85.



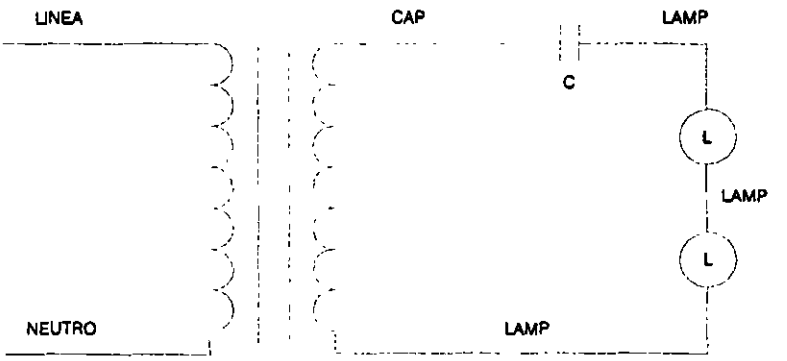
2.c.- TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW).

Tiene el mismo circuito eléctrico que un transformador común, con una bobina primaria y otra secundaria aisladas eléctricamente entre sí y con respecto al núcleo, lo que se deriva en una condición de seguridad para el usuario. La diferencia con un transformador reside en el núcleo, el cual contiene un fuerte puente magnético entre primario y secundario, que da en principio una distribución de flujo semejante a la de un autotransformador. La bobina secundaria cierra el circuito de la lámpara por medio de un capacitor, por lo que el secundario opera en adelanto.

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas de las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos.

En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Teslas). Debido a ésto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango: ± 13% en la tensión de línea repercute en ± 3% de la potencia de lámpara, lo que lo hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho menor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 3 veces más que el reactor serie de bajo factor.



2.d.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Los balastros para lámparas de Vapor de Mercurio pueden fabricarse con cualquiera de los circuitos mencionados. En general la tensión de la lámpara es casi constante a lo largo de su vida, pero depende del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe con la tensión de lámpara.

2.e.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

Las lámparas de VAM son muy parecidas a las de VMAP. Su tensión y corriente son muy similares para potencias iguales. Sin embargo los aditivos metálicos que contiene la primera presentan, debido a su comportamiento durante la ionización, dos requisitos que deben ser satisfechos por los balastros:

a) Se requiere de una elevada tensión de circuito abierto (OCV) para que se inicie el arco. a una temperatura determinada.

b) Durante el ciclo de calentamiento se presenta un período de baja conducción eléctrica en el plasma del tubo de arco, en donde la lámpara requiere de una tensión de reignición en cada medio ciclo que no puede proporcionar un balastro de VMAP.

De usarse un balastro para VMAP en el momento de presentarse el fenómeno de reignición, la lámpara se apagaría, se enfriaría para reencender nuevamente, y el ciclo se repetiría indefinidamente. Esta condición se agrava conforme la lámpara envejece y aunque el

balastro de VMAP sea en ocasiones capaz de encender una lámpara nueva, generalmente se presentan problemas después de unas cuantas horas de operación.

Para evitar estas deficiencias se desarrolló el balastro AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO CON PICO, diseñado específicamente para lámparas de VAM. El circuito de este balastro es idéntico al CWA para VMAP, pero con algunas diferencias en el secundario. Una parte del núcleo que está bajo el devanado secundario tiene uno o más entrehierros que proveen una restricción magnética y una saturación localizada. Estos entrehierros producen un OCV de gran factor de cresta si se le compara con el del OCV de un balastro para mercurio, lo que ayuda al encendido de la lámpara; también provee una tensión de sostenimiento que permite a la lámpara superar el período crítico de la reignición.

Este balastro generalmente provee una buena regulación, que se encuentra entre la del CWA y la del R: ± 10% en la tensión de línea provocará ± 10% en la potencia de lámpara. El resto de sus características son tan buenas como las del autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido, y voltaje de extinción bajo (70% del nominal). Su circuito eléctrico es igual al CWA típico.

2.f.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

A diferencia de las lámparas de VMAP y VAM las lámparas de VSAP no pueden alojar en su interior un electrodo de arranque. Por ello, los balastros para lámparas de VSAP cuentan con un circuito electrónico auxiliar que genera pulsos de tensión elevada (2500 - 3500 volts) durante el período de encendido. Este dispositivo llamado IGNITOR es de estado sólido y se polariza a través de uno de los devanados del balastro. Los circuitos disponibles para estas lámparas pueden ser de los 4 tipos mencionados, con algunas variantes:

a) Circuitos Atrasados.- Como el reactor serie común

b) Alta Reactancia.- Equivalente a los tipos mencionados

c) Autotransformador Adelantado Regulado.- Es similar a los circuitos para VMAP, pero cuenta con entrehierros especiales para generar una mayor reactancia de dispersión

c) Atrasado Regulado.- Es similar en comportamiento al CW para VMAP, pero su circuito es un transformador de tres devanados: el primero sirve para alimentar al

balastro, el segundo es un secundario auxiliar que incluye al capacitor y actúa junto al primario para regular el voltaje del tercer devanado, el cual se conecta en serie con la lámpara funcionando como un choke.

2.g.- BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION.

Debido a la baja presión en el tubo de arco las lámparas VSBP requieren necesariamente de un balastro tipo autorregulado. En estas lámparas la potencia se mantiene prácticamente constante, por lo que el balastro debe ser capaz de mantener a la corriente sin variaciones a pesar de los cambios en la tensión de línea. El más usado es el autotransformador alta reactancia con alto factor de potencia. La regulación se mide comparando los valores de corriente contra variaciones de tensión de ± 5%, medidos en proporción inversa para mantener constante la potencia.

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38% menos. Tienen además las siguientes ventajas:

1) Operan a una temperatura considerablemente menor que los normales.
2) Mantienen la potencia de lámpara en sus rangos nominales.

.....

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

FOTOMETRIA

Presentado por : ING. JOSE LUIS BONILLA G.

1996

INFORMACION FOTOMETRICA

- Curva Fotométrica.

Esta contiene toda la información necesaria, en la cual se determina la operación del luminario, así como los coeficientes de utilización.

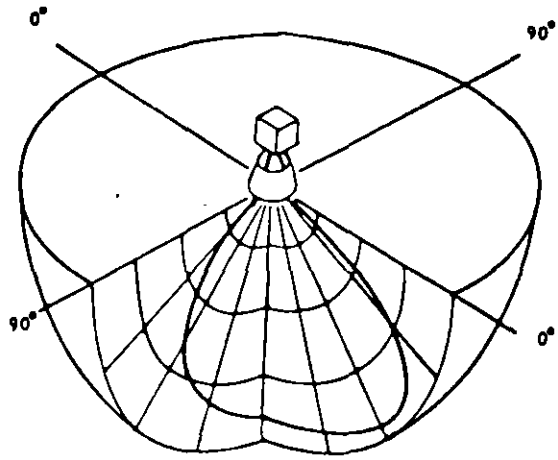
- Distribución de Candelas.

El nivel de iluminación es obtenida a través de un fotómetro que mide candelas, de 0° - 180° a una distancia de prueba de 7 metros. El luminario se mueve sobre ejes con el objeto de obtener la lectura de la candela promedio en todos los planos del luminario.

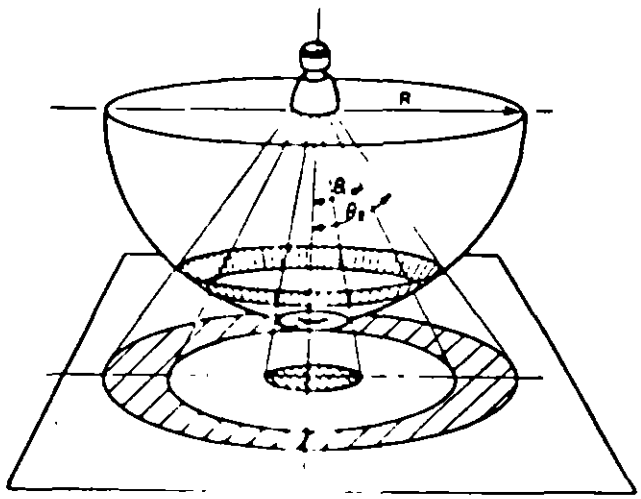
Las lecturas en candelas de luminario son trazadas sobre una gráfica polar, refiriéndolas al nadir o línea recta hacia abajo. Partiendo de esta información, los lumens de salida del luminario son calculados, así como el coeficiente de utilización (CU), el criterio de espaciamiento(S/MH), y el promedio de brillantez del luminario.

- Información de Distribución.

La información de la distribución es también proporcionada en forma tabular en la hoja de información fotométrica. El proporcionar la distribución de la candela promedio permite calcular el flujo luminoso en cualquier ángulo del nadir (0°) a 180°, es proporcionada generalmente en zonas de 10°, si bien es mejor utilizar pequeñas zonas donde las candelas cambien rápidamente. La suma de todos los lumens en la zona de 0° a 180° es el flujo luminoso total de salida del luminario.



Cuando la distribución de candela es asimétrica, se pueden trazar curvas para dos o más planos verticales. Si la distribución es elíptica, las curvas tienen una separación de 90 grados, como se muestra en el dibujo.



Los datos de distribución dividen la distribución vertical de una luminaria en zonas de 5 grados. Este dibujo muestra la manera como se ven estas zonas cuando se proyectan sobre el plano de trabajo

INTERPRETACION DE UNA CURVA EN CANDELAS

DEFINICION.- Una curva polar representa la variación de la intensidad luminosa de un luminario o lámpara en un plano a través del centro de luz. La unidad de medición es la candela.

USOS.- Puede utilizarse en el método de punto por punto, para determinar la iluminación en un punto específico abajo del luminario.

$$\text{Footcandles} = \frac{\text{Candela (cd)}}{\text{Distancia}^2 (D^2)}$$

También puede ser utilizada para determinar la eficiencia.

$$\frac{\text{Total lumens}}{\text{Lumens de lámpara}} = \text{Eficiencia \%}$$

Ejemplo: De la curva del luminario de 400W, VSAP.

- Para calcular la eficiencia del luminario

$$\frac{\text{Total Lumens}}{\text{Lumens de lámpara}} = \frac{38{,}438}{50{,}000} = 76{,}876 = 76.9\%$$

- Lecturas en la curva:

  0° (directamente en el nadir) leemos aprox. 15,600

  45° aproximadamente 12,000

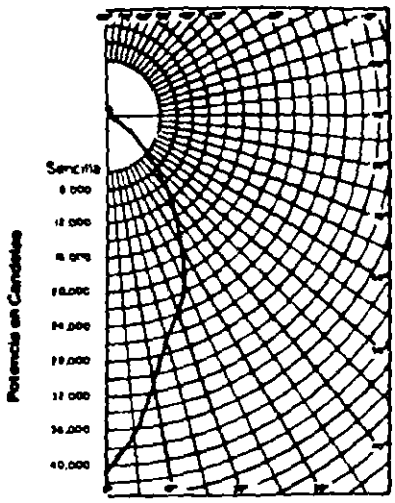
- Cálculo en Footcandles:

  20' directamente abajo del luminario (nadir)

$$\frac{15{,}600}{20^2} = 39 \text{ Fc} = 39 \times 10.76 = 419.25 \text{ luxes}$$

400W Vapor de Sodio Alta Presión
Unidad Sencilla

Tipo de Lámpara: Vapor de Sodio Alta Presión
Lumens de la Lámpara: 50 000/lampa
Probado de acuerdo con los procedimientos de la I.E.S



Haz Cerrado

Balastro No 0500095
Reflector No 0500010-1

Angulo Zona Medio	Potencia en Candelas	Lumens de Zonas: Zona	Lumens
0	40865	0-10	3525
5	37102	10-20	7584
15	28704	20-30	10022
25	21648	30-40	8613
35	13716	40-50	5674
45	7202	50-60	3520
55	3925	60-70	380
65	382	70-80	69
75	84	80-90	24
85	21	90-100	13
90	12	100-110	13
95	12	110-120	12
105	12	120-130	23
115	12	130-140	58
125	25	140-150	559
135	75	150-160	232
145	890	160-170	11
155	502	170-180	3
165	38	Total	40256
175	36		

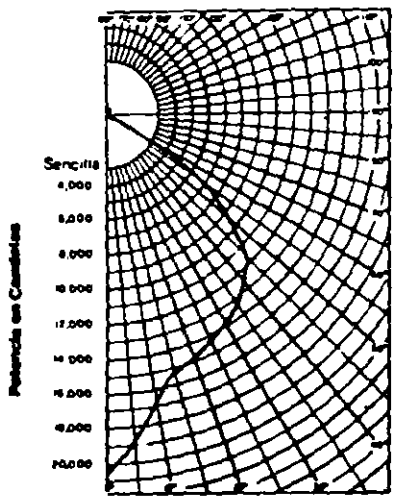
Tabulación Zonal

Grados de Zona	Lumens	% Total de Lumens de la Lámpara
0-30	21131	42 3
0-60	38838	77 7
0-90	39331	78.7
90-180	924	1 8
0-180	40256	80.5

Promedio de Brillantez en Foot-Lamberts

Angulo Vertical	Foot-Lamberts
65°	1179
70°	883
75°	428
80°	313
85°	320

Para unidades cerradas usar el multiplicador 89
Espaciamiento máximo entre luminarios relacion 1 0 7 altura de montaje



Haz Medio

Balastro No 0500095
Reflector No 0500010-13

Angulo Zona Medio	Potencia en Candelas	Lumens de Zonas: Zona	Lumens
0	20835	0-10	1795
5	18895	10-20	4368
15	15375	20-30	6632
25	14325	30-40	8468
35	13485	40-50	9144
45	11814	50-60	8208
55	6918	60-70	1449
65	1460	70-80	378
75	358	80-90	70
85	84	90-100	18
90	15	100-110	18
95	15	110-120	15
105	15	120-130	15
115	15	130-140	20
125	18	140-150	239
135	28	150-160	178
145	381	160-170	8
155	381	170-180	2
165	28	Total	39015
175	28		

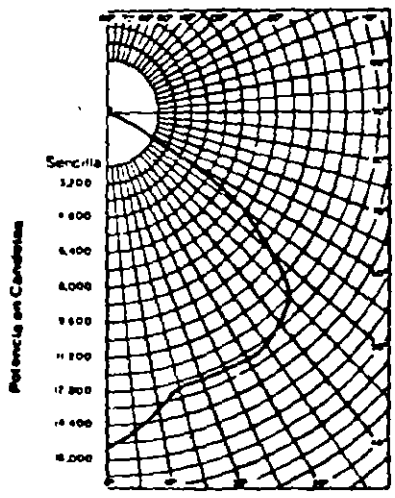
Tabulación Zonal

Grados de Zona	Lumens	% Total de Lumens de la Lámpara
0-30	12793	25 6
0-60	36811	73.2
0-90	38508	77.1
90-180	507	1 0
0-180	39015	78.1

Promedio de Brillantez en Foot-Lamberts

Angulo Vertical	Foot-Lamberts
65°	8132
70°	3803
75°	2458
80°	1705
85°	1307

Para unidades cerradas usar el multiplicador 89
Espaciamiento máximo entre luminarios relacion 1 1 altura de montaje



Haz Abierto

Balastro No 0500095
Reflector No 0500010-6

Angulo Zona Medio	Potencia en Candela	Lumens de Zonas: Zona	Lumens
0	15618	0-10	1391
5	14646	10-20	3734
15	13150	20-30	6088
25	13150	30-40	8257
35	13150	40-50	9395
45	12138	50-60	8968
55	7788	60-70	1728
65	1740	70-80	432
75	408	80-90	80
85	73	90-100	18
90	15	100-110	18
95	15	110-120	15
105	15	120-130	15
115	15	130-140	17
125	18	140-150	129
135	23	150-160	146
145	205	160-170	8
155	315	170-180	2
165	27	Total	38438
175	25		

Tabulación Zonal

Grados de Zona	Lumens	% Total de Lumens de la Lámpara
0-30	11213	22.4
0-60	35834	71.7
0-90	38074	76 2
90-180	364	0 7
0-180	38438	76.9

Promedio de Brillantez en Foot-Lamberts

Angulo Vertical	Foot-Lamberts
65°	7312
70°	4518
75°	2802
80°	1074
85°	1479

Para unidades cerradas usar el multiplicador 91
Espaciamiento máximo entre luminarios relacion 1 1 3 altura de montaje

Coeficiente de Utilización / Reflectancia Efectiva de Cavidad de Piso 20% (pFC)

% Reflectancia Efectiva Techo (pcc)	Pared (pw)	Radio de Cavidad de Cuarto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	50	.885	.821	.761	.711	.661	.615	.569	.530	.493	.460
80	30	.863	.768	.721	.665	.611	.564	.519	.480	.443	.410
	10	.845	.780	.689	.630	.575	.530	.484	.444	.407	.378
	50	.868	.808	.750	.701	.650	.607	.563	.524	.488	.456
70	30	.848	.775	.712	.659	.608	.560	.514	.478	.440	.408
	10	.829	.752	.683	.625	.571	.525	.480	.442	.407	.378
	50	.828	.778	.727	.680	.634	.592	.550	.513	.479	.448
50	30	.813	.752	.695	.644	.596	.552	.508	.470	.434	.404
	10	.800	.730	.669	.618	.566	.521	.478	.439	.404	.374
	50	.795	.750	.705	.662	.619	.580	.537	.503	.470	.440
30	30	.784	.731	.679	.632	.585	.543	.500	.484	.429	.400
	10	.773	.713	.657	.607	.559	.518	.471	.435	.401	.371
	50	.766	.726	.685	.645	.605	.567	.528	.494	.461	.433
10	30	.758	.709	.663	.619	.576	.535	.494	.459	.425	.398
	10	.747	.698	.644	.596	.552	.510	.468	.432	.398	.369
0	0	.732	.681	.631	.585	.539	.498	.456	.421	.387	.358

% Reflectancia Efectiva Techo (pcc)	Pared (pw)	Radio de Cavidad de Cuarto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	50	.844	.769	.701	.638	.579	.526	.476	.430	.392	.341
80	30	.819	.730	.656	.583	.521	.467	.417	.373	.334	.283
	10	.797	.697	.617	.542	.479	.427	.378	.332	.294	.244
	50	.828	.756	.690	.627	.569	.518	.470	.425	.368	.338
70	30	.803	.718	.646	.577	.518	.463	.413	.370	.331	.282
	10	.783	.690	.612	.537	.478	.423	.374	.330	.294	.244
	50	.791	.726	.668	.608	.553	.503	.457	.414	.378	.329
50	30	.772	.697	.631	.564	.507	.456	.408	.364	.327	.277
	10	.757	.671	.600	.530	.471	.418	.371	.328	.291	.242
	50	.759	.701	.647	.589	.538	.491	.444	.405	.369	.321
30	30	.748	.678	.616	.552	.497	.448	.401	.358	.322	.274
	10	.732	.656	.590	.523	.466	.415	.367	.325	.289	.240
	50	.732	.677	.628	.572	.524	.479	.436	.395	.361	.315
10	30	.720	.658	.601	.541	.489	.440	.395	.353	.318	.270
	10	.709	.641	.579	.515	.460	.410	.364	.323	.286	.238
0	0	.694	.626	.565	.501	.446	.397	.350	.309	.274	.225

% Reflectancia Efectiva Techo (pcc)	Pared (pw)	Radio de Cavidad de Cuarto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	50	.828	.751	.680	.613	.554	.500	.448	.402	.365	.314
80	30	.803	.711	.632	.558	.496	.439	.388	.343	.305	.255
	10	.780	.677	.594	.518	.451	.398	.347	.301	.264	.215
	50	.811	.737	.670	.604	.544	.492	.442	.397	.360	.310
70	30	.787	.699	.624	.553	.490	.438	.384	.340	.302	.254
	10	.766	.670	.589	.512	.448	.394	.344	.299	.263	.215
	50	.776	.709	.648	.584	.529	.477	.430	.388	.350	.303
50	30	.757	.679	.609	.540	.481	.428	.377	.336	.298	.250
	10	.742	.652	.578	.505	.444	.390	.341	.297	.261	.214
	50	.746	.684	.627	.567	.514	.465	.417	.377	.342	.295
30	30	.732	.660	.595	.529	.471	.421	.372	.329	.293	.246
	10	.718	.638	.568	.498	.436	.387	.337	.295	.258	.211
	50	.719	.661	.608	.551	.500	.454	.409	.367	.333	.288
10	30	.707	.641	.581	.518	.464	.413	.367	.324	.289	.242
	10	.695	.623	.558	.491	.434	.382	.334	.293	.257	.209
0	0	.680	.608	.548	.478	.420	[illegible]	.321	.279	.244	.197

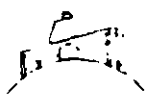
Accesorios

Cat. No.
UNEH-26
Descripción:
Juego Standard para montaje de unidad Doble

Cat. No.
0500327
Descripción:
Juego de partes para reflectores 0500010-3, 6 y 11

Cat. No.
0500328
Descripción:
Juegos de partes para reflectores 0500010-1, 2 y 13

Cat. No.
0500329
Descripción:
Juego de partes para reflectores 0500010-4, 5, 7 y 8



BALASTRO REMOTO
Señale las especificaciones del Balastro

0500073

Tabla V Reflectancia efectiva de techo

% Reflectancia de Techo o Piso	90				80				70			50 1)			30				10		
2) % Reflectancia Pared	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	[illegible]	30	29	29	28	10	10	9
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8
1.0	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5
3.0	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.4	80	61	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
3.6	79	60	47	36	[illegible]	53	[illegible]	33	48	37	28	38	30	21	26	21	15	10	13	8	5
3.7	79	60	46	35	[illegible]	[illegible]	[illegible]	32	[illegible]	37	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.8	79	59	45	35	60	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4
4.0	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	25	21	14	9	13	8	4
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4
4.6	77	55	40	29	58	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	
5.0	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4

3) Radio de Cavidad de Techo o Piso

ALTURA DE MONTAJE : DEPENDIENDO DE LA ALTURA DE - MONTAJE SE DEBERA CONSIDERAR. CUAL ZONA DE LA CURVA DEBERA TENER EL MAYOR PORCENTAJE DE FLUJO.

- DE 0° - 60° SE RECOMIENDA PARA - MONTAJES BAJOS (MENOS 4.5 MTS.)
- DE 0° - 45° PARA MONTAJES MEDIOS (DE 4.5 MTS. A 7.5 MTS.)
- DE 0° - 30° PARA MONTAJES ALTOS (MAS DE 7.5 MTS.)

ESPACIAMIENTO/ALTURA DE MONTAJE : PARA OBTENER UNA BUENA UNIFORMIDAD EN EL PLANO DE TRABAJO. - SE DEBE RESPETAR LA RELACION - S/HM PROPIA DEL LUMINARIO.

a) CONOCER PUNTO DE LA CURVA - DONDE SE REDUCE EL FLUJO LUMINOSO A LA MITAD DEL TOTAL. (POR EJEMPLO 17°).

b) DIVIDIR EL PUNTO CONOCIDO - ENTRE 34 (17/34 = 0.5)

INTERPRETACION DE UNA CURVA ISOFOOTCANDLE

DEFINICION.- Es una línea plana de cualquier juego de coordenadas para mostrar todos los puntos de una superficie donde la iluminación es la misma.

USOS.- Se puede leer directamente los niveles en footcandles en puntos específicos abajo de un luminario montado a determinada altura.

Ejemplo: Referirse a la curva 820373. Cada círculo (de A hasta E), representan un punto abajo del luminario donde los niveles en footcandles son los mismos.

Para leer los niveles de footcandles, solamente se necesita conocer la MH del luminario. Por ejemplo, 1 10' de altura de montaje (MH), el círculo A representa 5 fc; sin embargo, a 20' de MH el círculo A representa 1.2 fc. Todos los valores son leidos en la tábla que aparece en la parte inferior de la curva.

El cuadriculado de la ilustración puede ser usado para determinar la distancia fuera del centro de los círculos que están directamente abajo del luminario. El lado de cada cuadro en la ilustración es siempre igual a la altura de montaje (MH) del luminario.

para un luminario montado a 10' el círculo A cae ligeramente afuera del punto colocado directamente abajo del luminario. El círculo D está a 30' de este punto.

VMVS2C100GPC
LAMP-100W Clear HPS
9500 LUMENS

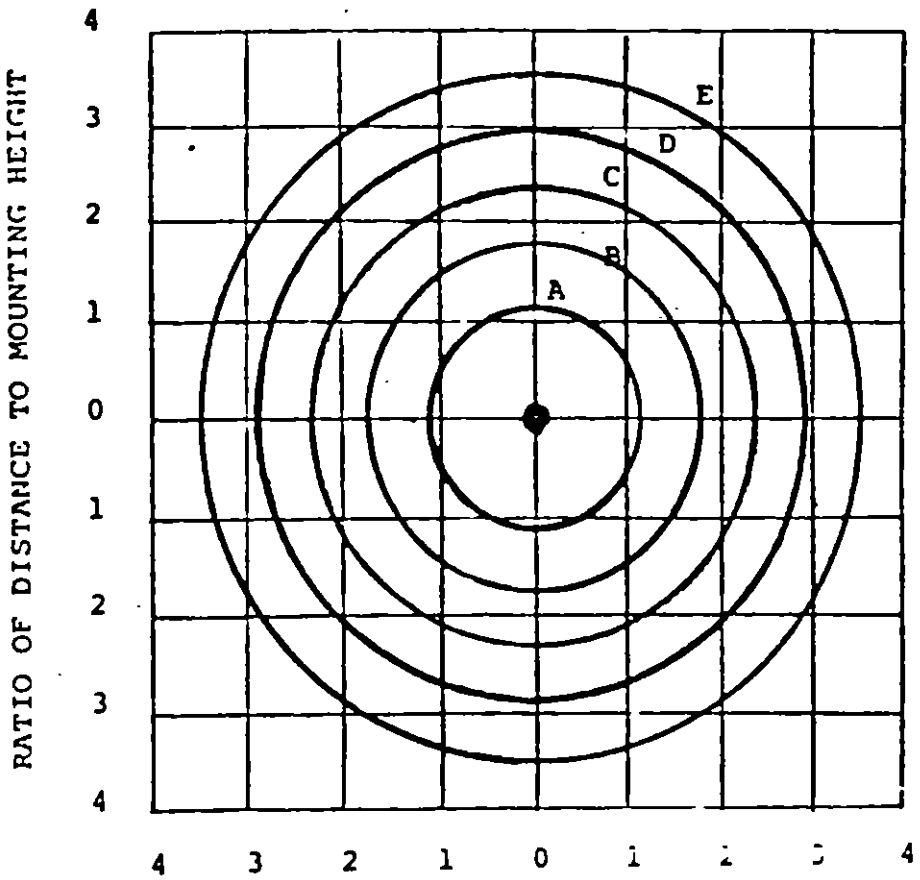
LIGHTING PRODUCTS DIVISION
SYRACUSE, N. Y. 13201

CROUSE-HINDS

Figures shown are initial horizontal footcandle values at ground level.

Drawn By: VDM
Approved By:
Designed By:

Scale:
Date: 6/18/79
Drwg. No: 820373



Footcandle Values for Isofootcandle Lines

A	B	C	D	E	Mtg. Ht.
5.0	2.0	1.0	0.5	0.20	10'
3.5	1.4	0.7	0.3	0.14	12'
2.0	0.8	0.4	0.2	0.08	16'
1.2	0.5	0.2	0.1	0.05	20'

ENGR. 105-500

INFORMACION FOTOMETRICA DE LUMINARIOS FLUORESCENTES

Aunque los principios básicos son los mismos, la fotometría de los gabinetes fluorescentes es algo más complicado, ya que no son simétricos con relación al eje vertical. Lo que generalmente se hace en este caso, es establecer una curva de distribución para puntos situados sobre un plano vertical, a lo largo del eje del luminario y luego establecer otra curva sobre un plano vertical en ángulo recto con respecto al primero. Estas son las dos curvas que generalmente se publican para mostrar la distribución luminosa del luminario, se muestra en la figura. Sin embargo, para poder suministrar una información lo más completa para realizar los cálculos de iluminación, en los laboratorios de fotometría también determinan las curvas para planos que forman ángulos de 45° c los dos planos ya citados. Luego, por medio de fórmulas y tablas convenidas en la industria, se determina la cantidad de lumens que corresponde a cada zona.

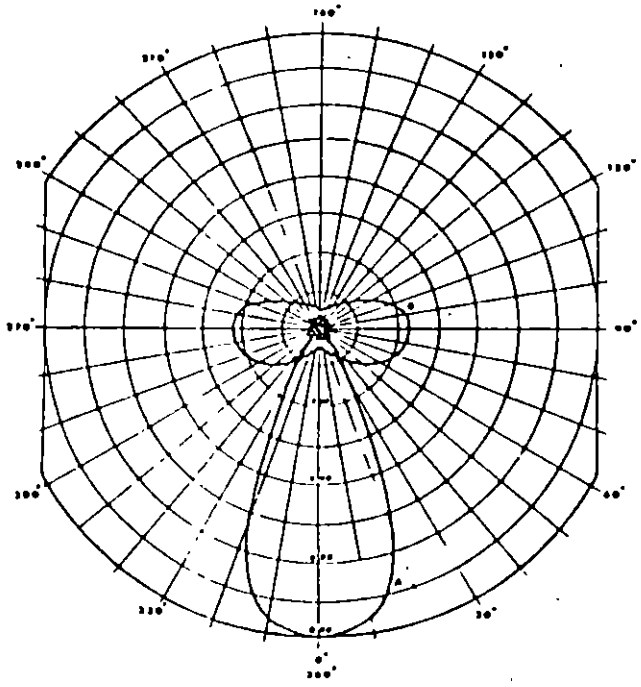
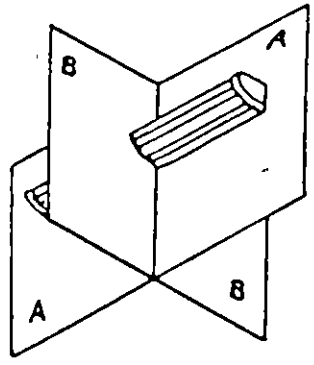


Fig. 2-30. Comparación de curvas de distribución luminosa. El artefacto B emite mayor cantidad de lumenes que el artefacto A.



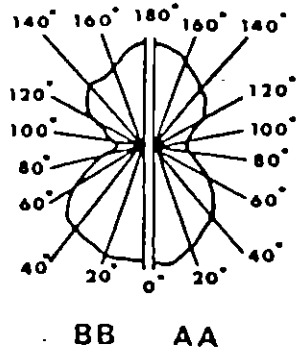
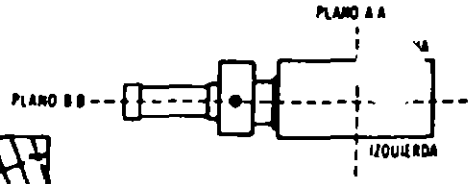


Fig. 2-32. Curvas de distribución luminosa de un artefacto fluorescente.

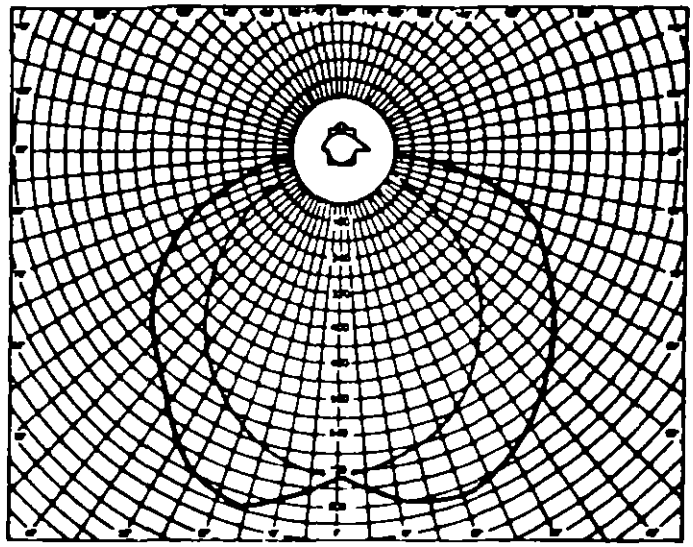
Datos fotométricos

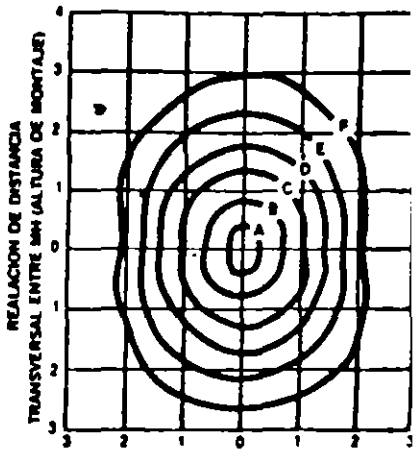
Illuminator de dos lámparas con Reflector (sin Guarda)

Lámparas: (2) 39 watt BIAX* fluorescente.



GRADOS	CANDELAS EN PLANO A A IZQ	DER	PLANO B B LADO
0	729	729	729
10	782	797	703
20	820	821	658
30	797	777	582
40	648	709	468
50	567	632	370
60	474	535	239
70	340	469	109
80	201	312	21
90	102	118	
100	9	7	
110			
120			
130			
140			
150			
160			
170			
180			





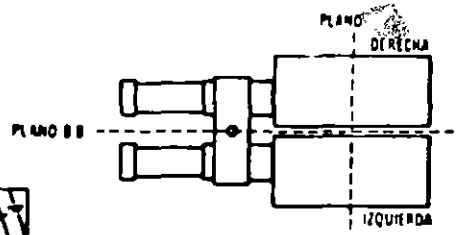
LEYENDA
—— PLANO A-A
A TRAVES DEL EJE DE LAMPARA
----- PLANO B-B
A LO LARGO DEL EJE DE LA LAMPARA

VALORES PARA LINEAS ISOFOOTCANDLE

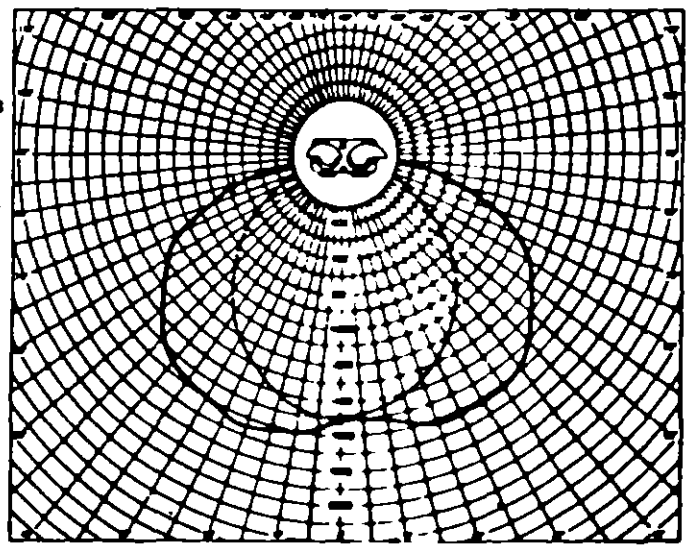
A	B	C	D	E	F	M H (en mts)
10 0	5 00	2 00	1 00	0 50	0 25	2.44
6 4	3 20	1 28	0 64	0 32	0 16	3 05
4 4	2 22	0 89	0 44	0 22	0 11	3.66
2 5	1.25	0 50	0 25	0 13	0 06	4 88

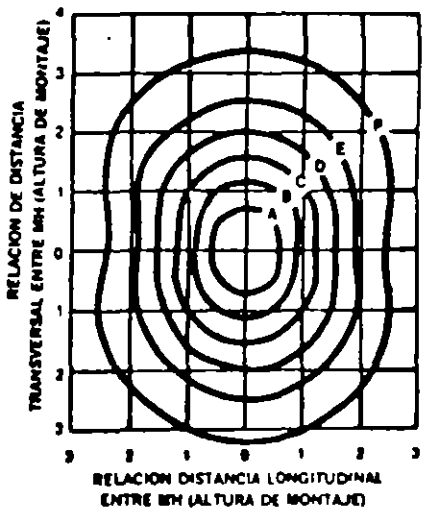
Illuminator de cuatro lámparas con Reflectores (Sin Guarda)

Lámparas: (4) 39 watt BIAX* fluorescente.



GRADOS	CANDELAS EN PLANO A A IZQ	DER	PLANO B B LADO
0	1486	1486	1486
10	1601	1520	1448
20	1633	1615	1346
30	1570	1602	1199
40	1530	1558	1000
50	1343	1390	763
60	1162	1208	492
70	803	921	225
80	375	488	45
90	136	168	2
100	13	18	1
110	2	8	
120	1	4	
130			
140	2		1
150		1	1
160			1
170	2	1	1
180	2	2	2



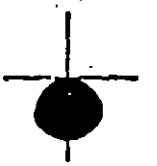
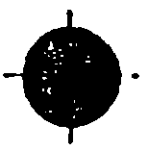


LEYENDA
—— PLANO A-A
A TRAVES DEL EJE DE LAMPARA
----- PLANO B-B
A LO LARGO DEL EJE DE LA LAMPARA

VALORES PARA LINEAS ISOFOOTCANDLE

A	B	C	D	E	F	M H (en mts)
8 0	4 00	2 00	1 00	0.50	0.20	3 05
5 6	2 78	1 39	0 69	0 35	0.14	3 66
3 1	1 56	0 78	0 39	0 20	0 08	4 88
2 0	1 00	0 50	0 25	0.13	0.05	6 09

*BIAX es un marca comercial de la Compañia General Electric.

CLASIFICACION	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100%	
SEMI-DIRECTA	10-40%	60-90%	
DIRECTA INDIRECTA*	40-60%	60-40%	
GENERAL DIFUSA	60-40%	40-60%	
SEMI-INDIRECTA	60-90%	10-30%	
INDIRECTA	90-100%	0-10%	

* SOLO CLASIFICACION IES

Figura 1. CLASIFICACIONES CIE-IES.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

LUMINARIOS

Presentado por : ING. CARLOS GARCIA ROMERO

1996

TEMA

LUMINARIOS

La palabra "Luminario" es el término correcto para describir lo que comunmente se conoce como "accesorio de iluminación" (lighting fixture). La palabra "accesorio" (fixture) implica equipo permanentemente instalado. Más de 100,000 diferentes tipos y estilos de luminarios se hacen hoy en día. Los más importantes y usados se describen en este capítulo.

VII.1.- COMPONENTES DE LOS LUMINARIOS

Un luminario es una unidad de iluminación completa consistiendo de una o más lámparas con algunos o con todos los componentes siguientes:

a) Porta lámparas y sockets para posocionar y conectar las lámparas a la fuente.
b) Balastros para encender y operar las lámparas.
c) Reflectores para dirigir la luz en la dirección deseada.
d) Componentes difusores y de escudo tales como lentes, difusores, y louvers para distribuir la luz y evitar el reflejo.
e) Housings para proteger los componentes mencionados junto con las conexiones y otros equipos eléctricos.

Los componentes del luminario trabajan juntos para determinar el funcionamiento del luminario.

Se usan dos medidas para estimar el funcionamiento del luminario:

a) Eficiencia del luminario.- Mide el porcentaje de lumens de lámpara que dejan el luminario, comparado con la razón de lumens totales de lámpara. Asì un luminario abierto tendrá generalmente una mayor eficiencia que el mismo luminario equipado con lente (difusor) ya que este absorverá la luz.

b) Coeficiente de utilizaciòn del luminario.- Usado en calculos de iluminación para

describir el porcentaje de lumens de lámpara que llegan a la superficie de trabajo. Esta característica depende de las dimensiones del cuarto, así como del tipo del luminario y de los valores de las tablas impresas en los catálogos de fabricantes de luminarios.

VI.2.- TIPOS DE LUMINARIOS

Los luminarios pueden ser clasificados en grupos dependiendo de una o más características, incluyendo la distribución de luz, altura de montaje, su función específica, reflector o tipos de lentes, y el nombre del diseño.

VI.2.a.- CLASIFICACION POR DISTRIBUCION DE LUZ

Una de las más importantes características de un luminario es su patrón de distribución. Los patrones más comúnes de distribución, como se muestra en la figura 1, son:

a) Luz directa.- Con el luminario montado encima del área a iluminar y con su salida directa descendente.

b) Luz indirecta.- El luminario dirije toda su luz hacia el techo o pared, transmitiendola al àrea iluminada para reflejar la luz hacia el área de trabajo.

c) Directa.- En el cual la luz es principalmente dirigida al lugar de trabajo pero tambièn tiene una distribuciòn indirecta.

d) Semi directa.- En el cual la distribución indirecta es el porcentaje más grande de la salida.

e) Directa/Indirecta.- En el cual las dos distribuciones son aproximadamente iguales.

f) General difuso.- El luminario radía luz en igual cantidad en todas direcciones.

g) Direccional.- En el cual la luz es dirigida a una dirección específica.

h) Asimétrico.- En el cual la luz es dirigida con más intensidad hacia un lado que hacia el otro.

VI.2.b.- CLASIFICACION POR TIPO DE MONTAJE

La manera en que un luminario está montado o conectado es una característica común de clasificación. Los montajes más comúnes se muestran en la figura 2 y se enlistan a continuación:

a) Luminarios empotrados.- Se meten dentro de la pared o techo. Un luminario semiempotrado se mete solo parcialmente en la superficie dejando el resto visible.

b) Luminarios para sobre poner (surface-mounted).- Se describen usualmente como "montes de pared" o "montes de techo". Estos luminarios son totalmente visibles.

c) Luminarios pendientes.- Están suspendidos del techo por un cable, tubo o cadena que también lleva el cable eléctrico a la lámpara. A estos algunas veces se les llama luminarios suspendidos especialmente cuando se necesita suspender más de un miembro.

d) Bracket de pared (Wall-Bracket).- Están montados en la pared con un seguro que generalmente es parte del diseño de todo el luminario.

e) Luminarios Post-top.- Están diseñados para montarse encima de un poste para exteriores.

f) Luminario tipo "under cabinet" ilumina "countertops".

g) Luminarios tipo track.- Están montados en un riel electrificado.

h) Luminarios tipo mueble integrado.- Están montados permanentemente para divisiones de oficinas o para ser parte de sistemas de estaciones de trabajo.

i) Luminario portátil.- Puede ser trasladado fácilmente y conectado a una salida eléctrica estandar.

VI.2.c.- CLASIFICACION POR FUNCION O NOMBRE TRADICIONAL

Muchos luminarios tienen nombres relacionados con su función, tales como downlights, wall washer, luces de paso, lámparas de mesa y luz de pizarrón. Se debe recordar que los usos reales de un luminario no se limitan a los sugeridos por sus nombres.

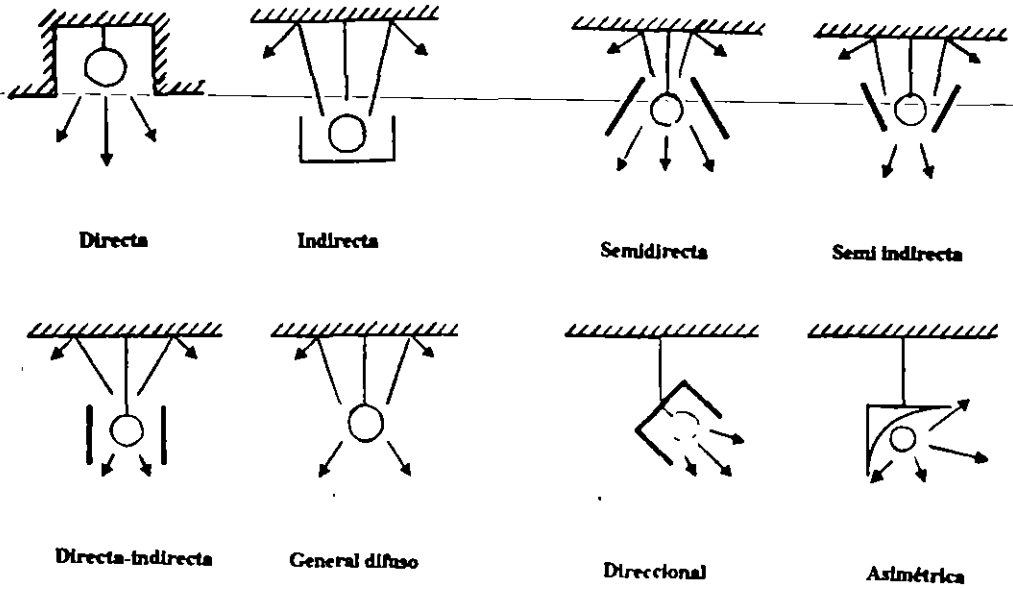


Figura 1.Tipos de distribución de luz

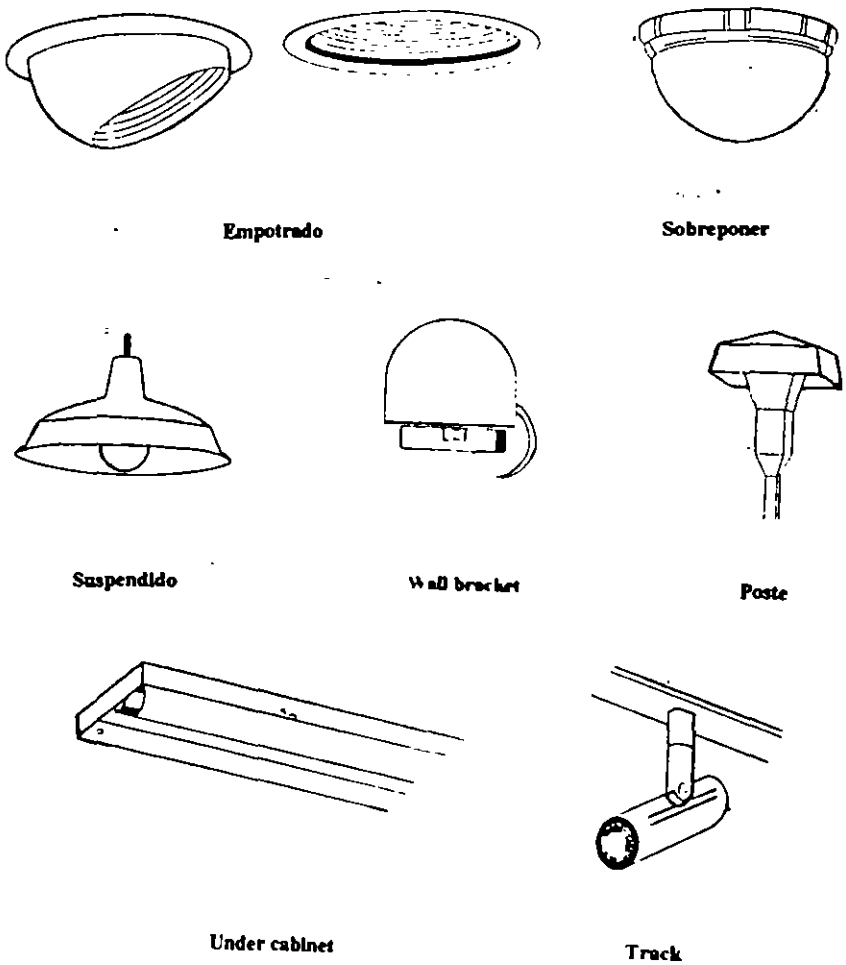


Figura 2.Tipos de montajes

Otros luminarios tienen un diseño tradicional o historico, y algunos luminarios modernos se usan de forma familiar o tradicional, por ejemplo, los candelabros, los candeleros o los faroles.

VI.2.d.- CLASIFICACION POR SU FORMA

Es común referirse a un luminario por su forma, especialmente si son llamativos, estos se muestran en la figura 3 y se enlistan a continuación:

a) El "Shoebox" es moderno para luminarios de carreteras.

b) El Cabeza de cobra (cobra head) es un luminario refractor convencional para iluminación de calles.

c) El "Lollipop shape" son luminarios en forma de globo colocados en al final del poste.

d) El "Wall slot" da la apariencia de un luminario continuo corriendo paralelamente a la pared.

e) El "metal troffer" es el luminario fluorescentes para empotrar más usado.

f) El "top hat" es un downlight empotrable.

VI.2.f.-CLASIFICACION POR EL TIPO DE COMPONENTES

En muchos casos, el nombre del luminario incluye una descripción de un componente específico que hace al luminario notable.

Ejemplos comunes se describen a continuación y se muestran en la figura 4.

a) Troffer parabólicos.- Usados para fluorescentes equipados con louvers diseñados para eliminar luz extraña y esconder a las lámparas de la luz directa.

b) Troffer prismático.- Llamado así por sus lentes difusores sobre la cara del troffer.

c) Fresnel.- Llamado así por su tipo de difusor usado para luz suave, y para lamparas teatrales de haz variable.

d) Elipsoidales.- Llamados así debido a los reflectores elipsoidales encontrados en downlights empotrables pequeños.

e) Wraparound.- Usados para luminarios fluorescentes envuesto de difusores prismáticos.

VI.3.- TIPOS Y ESTILOS DE SISTEMAS DE ILUMINACION GENERAL

Existen miles de diferentes tipos de luminarios en los sistemas de iluminación actuales, pero pueden ser divididos dentro de categorias generales, incluyendo la iluminación arquitectónica, oficinas generales e iluminación comercial, iluminación industrial, iluminación decorativa, iluminación interior especial e iluminación exterior para edificios para excaleras de escape y seguridad.

VI.3.a.- ILUMINACION ARQUITECTONICA

La iluminación arquitectónica se refiere a la iluminación de equipo oculto de la vista o integrado al diseño del edificio, creando efectos de iluminación sin una fuente aparente. El equipo de iluminación arquitectónica es ampliamente usado en todo tipo de edificios y es común encontrarlos en edificios contemporaneos.

1. DOWNLIGHT.

Los Downlights también llamados "botes", son usados en muchos lugares residenciales y comerciales. Los Downlights son generalmente empotrados, luminarios directos usualmente utilizados para iluminar lugares contemporaneos de alta calidad, tales como lobbies de hoteles

y salas residenciales. Pueden ser equipados con incandescentes, con tungsteno halógeno, HID, o con lámparas fluorescentes de baja potencia. Se mencionan a continuación los diferentes tipos de Downlights que también se muestran en la figura 5.

a) Deflectores para usarse con reflector o con lámparas PAR.

b) Conos parabólicos para usarse con incandescentes y algunas lámparas fluorescentes compactas.

c) Conos elipsoidales para usarse con incandescentes, HID, o con lámparas de tungsteno halógeno.

A los Downlights de bajo voltaje se les llama algunas veces pin spots, para iluminación de acento para pequeñas aberturas.

Los Downlights son seleccionados en base al tamaño de apertura, al espacio disponible encima del techo, al esparcimiento deseado del haz y a su costo. El ángulo de Cut-off, el ángulo en el cual la fuente de luz es visible, son criterios importantes para los Downlights, mientras más alta sea la altura de montaje el ángulo de Cut- off será más pequeño para prevenir problemas de reflejo.

2. WALL WASHERS Y WALL SLOTS

Los "wall washers" y los "wall slots" son luminarios designados para la iluminación amplia de las paredes de un cuarto.

Los "wall washers" están diseñados para iluminar las paredes uniformemente del techo al piso; los "wall slots" están diseñados para estar al raz del techo, creando un efecto de textura en la superficie de paredes irregulares, tales como piedra o ladrillo.

Al estar al raz se puede lograr que el techo tenga la apariencia de flotar encima de las paredes.

Algunos ejemplos importantes se mencionan a continuación:

a)El "wall washer" eyelid empotrable da muy buena iluminación a la pared mientras proteje al cuarto de la vista de la fuente de luz.

b) El Downlight-Wall Washer está diseñado para dispersar luz hacia una pared mientras aparece un Downlight en el otro lado del cuarto.

c)Wall washer semi empotrado incluyendo luminarios tipo track, generalmente tiene un difusor que uniformiza la luz en la pared.

Los "wall slots" con louver utilizan un louver o un deflector para ocultar la fuente de luz dentro del canal.

La selección entre el "wall washer" y el "wall slots" dependen de el efecto deseado. Para paredes con pinturas, donde la luz debe ser dispersada uniformemente, el "wall washer" es el más común. Los "wall slots" son mejores para dar la textura de una superficie vertical.

3. ILUMINACION DE ACENTO

La iluminación de acento es similar en operación a los Downlights, pero están diseñados para resaltar objetos tales como pinturas, mercancias o detalles especiales de diseños arquitectónicos. Las principales luces de acento se muestran en la figura 6.

a) Luminario de acento empotrable y ajustable tipicamente usa fuentes de luz tipo PAR, R, o de bajo voltaje; el ajuste de la luz se hace dentro del luminario.

b) El proyector framing empotrable utiliza difusores, shutters, y/o proyectores patrones para efectos especiales.

c) Luminario semiempotrado "eyeball"tiene una bola ajustable que es visible debajo del techo, y es fácil de ajustar.

Luminarios "pull down" emplean housings ajustables para que puedan ser colocados y orientados.

4. ILUMINACION DE TECHO Y PAPED

La iluminación de techo se usa para iluminar techos desde una fuente escondida. Esta requiere de una fuente de luz lineal como fluorescentes o de lámparas incandescentes de bajo voltaje.

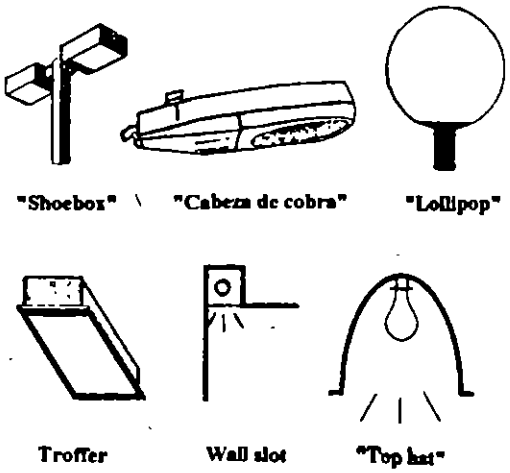


Figura 3.Formas reconocibles de luminarios

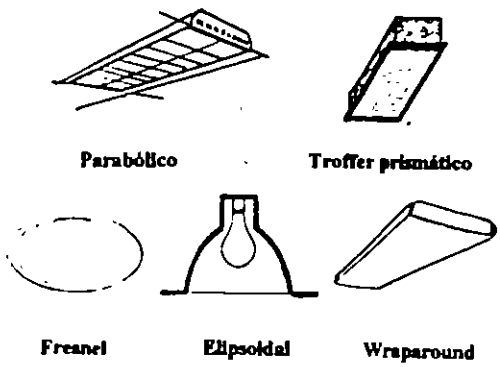


Figura 4.Luminarios nombrados según sus componentes

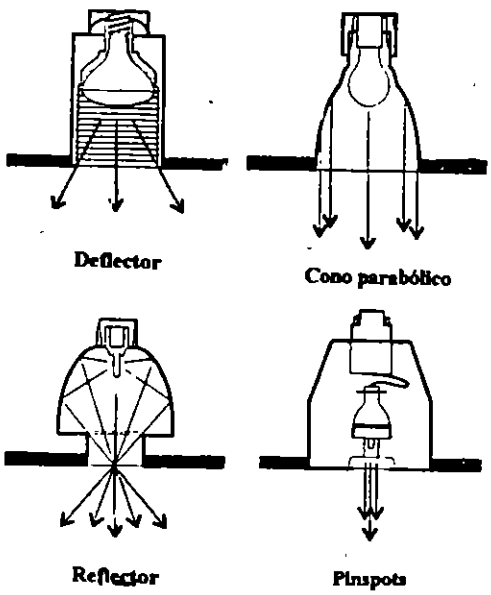


Figura 5.

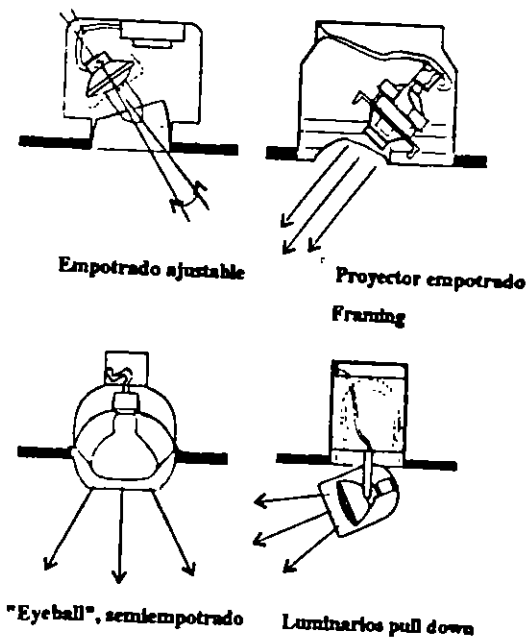


Figura 6.Luces de acento

La iluminación de pared consiste en fuentes escondidas de luz para iluminar paredes, detallar estantes etc.

La iluminación de pared también emplea fuentes lineales.

La figura 7 muestra este tipo de iluminación.

5. LUCES DE PASO

Las luces de paso son luminarios compactos diseñados para empotrarse en paredes para la iluminación de escaleras. Un nuevo luminario utiliza incandescente de bajo voltaje para ser empotrado a los lados de los pasamanos. Existen luminarios para usarlos con incandescentes estandar, para bajo voltaje y con compacto fluorescente.

VI.3.b.-ILUMINACION COMERCIAL Y PARA OFICINAS

Los sistemas de iluminación comercial y de oficinas generales son diseñados para iluminar areas amplias con niveles relativamente uniformes. La mayoría de las instalaciones son integradas dentro de techos suspendidos, con cada luminario tomando el lugar de un panel en la rejilla del techo.

1. TROFFERS.

Los Troffers son luminarios tipo caja que generalmente se ponen en plafones falsos de tal forma que el luminario quede encima del techo y la cara del luminario quede nivelado con el techo.

b)Las lámparas.- Comunmente fluorescentes, se colocan dentro del housing y la luz sale al espacio por la cara del lumianrio.

Los troffers están diseñados para ajustarse a los sistemas de plafones falsos existentes; los tamaños comunes son 1 por 4 pies, de 2 por 4 pies, y de 2 por 2 pies, además de que se tienen otros tamaños. El housing del troffer es un poco más pequeño que la rejilla, y esta soportada por una pestaña en el perímetro que descansa en los rieles del plafón falso.

A los troffers se les nombra dependiendo del método empleado para obtener su distribución de luz como se muestra en la figura 8.

El llamado difusor prismático usa un lente prismático plano formado por pequeños prismas triangulares en la superficie exterior para asegurar una amplia distribución.

El llamado difusor plano usa un lente de plástico translúcido para expandir la luz y esconder a las lámparas de la vista.

El louver parabólico es un troffer abierto con louvers en forma de parábola para enfocar la distribución de luz hacia abajo y para esconder las lámparas de la vista.

El louver "egg crate" es otro troffer abierto que lleva un set fino de louvers para esconder a la fuente de luz de la vista y para limitar la distribución de luz a una zona estrecha.

El troffer para fluorescente es por mucho el más usado en oficinas, escuelas e iluminación de lugares comerciales. Como el trabajo realizado en estos lugares cambian continuamente, el diseño del troffer es de gran interes para los fabricantes de luminarios.

En años anteriores los troffers tuvieron varias improvisaciones en sus componentes incluyendo los sistemas de reflectores y louvers más eficientes. Una especial area en el desarrollo de los troffers ha sido el diseño de sistemas de iluminación para usarse en lugares con intensivo trabajo de computadora y con terminales de video.

VI.3.c.- LUMINARIOS COMERCIALES

Los luminarios comerciales son un amplio rango de luminarios fluorescentes diseñados para iluminación comercial en general. Estos luminarios son especialmente colocados al raz del techo o suspendidos por cadenas, y son fuentes efectivas de bajo costo para iluminación de lugares de trabajo, existen diferentes tipos:

a) Luminarios surface-mounted, son troffers con cuatro lados terminados. Son disponibles con difusores o con louvers.

b) Los luminarios Wrap arounds tienen difusores que rodean completamente las lámparas fluorescentes.

c) Los luminarios strip lights tienen un chasis expuesto y lámparas visibles.

d) Los luminarios fluorescentes con louvers tienen extremos pintados y abertura con louvers.

1. SISTEMAS DE ILUMINACION SUSPENDIDA

Aunque los luminarios comerciales puedan ser usados como luminarios suspendidos, existe una clase especial de alta calidad y bien terminados luminarios diseñados para usarse en oficinas y escuelas. La mayoría de estos productos tienen distribución indirecta y algunos están diseñados especificamente para trabajos con terminales de video (ver fihura 9).

VI.3.d.- ILUMINACION INDUSTRIAL Y DE TRABAJO

La iluminación industrial y de tiendas emplea luminarios diseñados para tener durabilidad, eficiencia y bajo costo. Muchos de estos luminarios son disponibles en versiones para corrosión o ambientes explosivos. Existen varios tipos de luminarios industriales.

Los fluorescentes industriales exponen a las lámparas con un reflector poco profundo.Los accesorios incluyen protectores de lámpara y cables y housings resistentes a la corrosión.

Los luminarios tradicionales de pie para incandescentes, compacto fluorescentes y lámparas HID son llamados frecuentemente "RLMs" o "Luces de Fábrica" (Ver figura 10).

Los luminarios montables tipo globo se usan para HIDs, compactas fluorescentes y lámparas incandescentes. Se les llama "Jelly Jars".

Los luminarios industriales para HID con reflectores de alta eficiencia están diseñados para alturas de montaje específicas, como unidades para distribución amplia en alturas de bahía baja o unidades para distribución angosta en alturas de bahía alta.

Luminarios para propósitos especiales son diseñados para aplicaciones específicas como iluminación de almacenes o iluminación para inspecciones de fabricación.

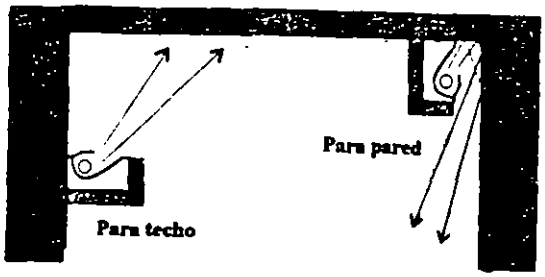
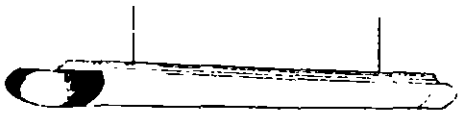
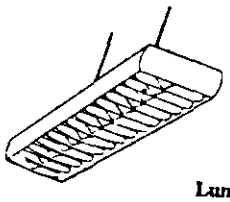


Figura 7.Iluminación de techo y pared

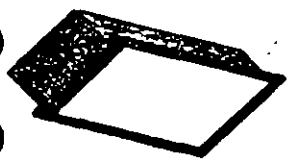


Luminario indirecto

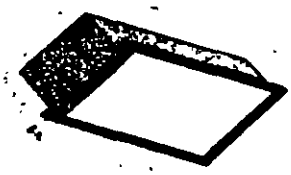


Luminario directo

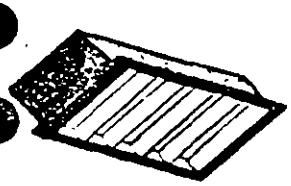
Figura 9.Luminarios suspendidos



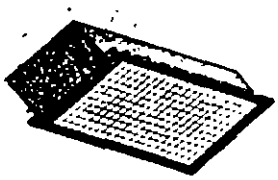
Difusor prismático



Difusor plano

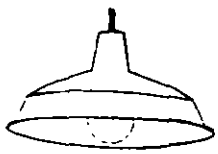


Louver parabólico

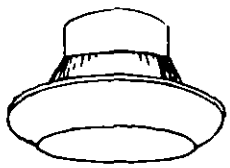


Louver "egg-crate"

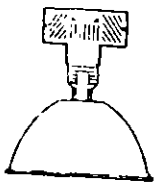
Figura 8.Troffers



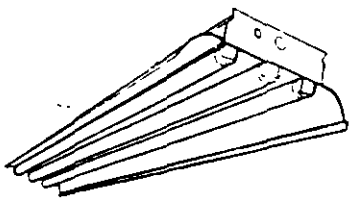
RLM



Bahía baja



Bahía alta



Fluorescente industrial

Figura 10.Luminarios industriales

1. ILUMINACION PARA EXHIBICIONES

El equipo para iluminación de exhibiciones se diseña para la iluminación de mercancías.

Aunque cualquier tipo de iluminación puede ser usado para estos propósitos, existen muchos sistemas de iluminación diseñados especificamente para estas funciones.

2. SISTEMAS DE ILUMINACION TRACK Y CABLEADO

La iluminación track consiste de una tira de aluminio resaltado con aislación plástica interna y conductores eléctricos. Los luminarios llamados track lights se soportan y toman su energía de la tira de aluminio. Estos luminarios pueden ser posicionados en cualquier lugar a lo largo del track, ofreciendo un sistema muy flexible.

La mayoría de los tracks opera a 120 Volts, y pueden tener de uno a cuatro circuitos separados para regular la potencia.

La iluminación open-wire utiliza cables desnudos o tubos energizados a bajo voltaje para encender la iluminación. Como la iluminación track es fácil de instalar y muy flexible.

3. ILUMINACION SEMI-TEATRAL

Para la iluminación de efectos especiales siempre se desea utilizar verdaderos instrumentos teatrales o semi-teatrales. Los equipos más utilizados se describen abajo; y uno de ellos se muestra en la figura 11.

Los spots de bajo voltaje son equipados generalmente con lámparas PAR de 6 ó 12 Volts.

Los Elipsoidales utilizan lentes, obturadores y/o filtros de color para producir diferentes efectos especiales.

El fresnel emplea lentes y variables haces de luz para producir un intensa distribución apropiada especialmente para artículos de arte.

4. ILUMINACION DE VITRINAS

Existe un problema especial para la iluminación en vitrinas, y es que necesita fuentes de luz lineales y pequeñas; esto ha llevado a que se necesite equipo especial de iluminación.

Debido a la proximidad de las lámparas y los objetos, el infrarojo y radiación ultravioleta del sistema de iluminación pueden ser factores determinantes. La mayoría de los sistemas de ilumianción de vitrinas son diseñados para minimizar el calor.

Las lámparas "T" incandescentes de bajo voltaje son las más antiguas y baratas de la iluminación para vitrinas, sin embargo son las más calientes y las menos eficientes.
Sistemas de iluminación de bajo voltaje de Incandescentes y halógenas tienen un diámetro menor y producen menos calor que las lámparas T.

Sistemas de fibra óptica de fuente remota son los más caros de la iluminación para vitrinas.
Los sistemas de tubos fluorescentes son un poco mas lárgas en diámetro, sin embargo son menos caros y producen muy poco calor.

VI.3.e.- ILUMINACION DECORATIVA Y ORNAMENTAL

La iluminación ha evolucionado de la vela, gasolina y gas; muchos de los ornamentos tradicionales han entrado a la era de la iluminación eléctrica con muy pocos cambios en sus diseños y además siguen siendo populares en sus formas clásicas.

Los candelabros son luminarios suspendidos formales y muy elaborados. Originalmente diseñados para velas, fueron acoplados a las lámparas eléctricas no hace mucho en la historia de la iluminación eléctrica.

Los candeleros de pared son luminarios que se montan en la pared y que originalmente sostenian velas. Se usa más frecuentemente para iluminación difusa de la pared adyacente o del techo.

Los faroles son luminarios decorativos usados tradicionalmente para exteriores y para iluminación de pasillos.

El aumento de la modernización en la arquitectura trajo consigo el uso de nuevas tecnologías y nuevos materiales. Dos luminarios de pie comunes vienen de esta tradición:

Los luminarios de metal o de vidrio decorativo colgantes son modernas interpretaciones de candelabros.

Los brackets de pared son modernas interpretaciones de los candeleros de pared. Algunos de estos luminarios se muestran en la figura 12.

1. ILUMINACION PORTATIL

La iluminación portátil se define como el equipo de iluminación que puede ser colocado y conectado en cualquier lugar deseado. La mayoría de la iluminación residencial es portátil, así como en algunos lugares de trabajo. ALgunos de los luminarios portátiles más comunes se describen a continuación.

a) Las lámparas de mesa y piso son estilos tradicionales utilizados en casas y en lugares semejantes,tales como los cuartos de un hotel, para tareas locales e iluminación en general.

b) Los Torchieres son lámparas de piso de alta potencia diseñadas para iluminación de techos. Estas proveen iluminación general reflejada.

c) Las lámparas de escritorio tienen muchos diseños importantes, tales como las lámparas clásicas para arquitectos o las lámparas fluorescentes ajustables usadas por dibujantes e ingenieros.

d) La iluminación de acento portátil se usa para resaltar objetos individuales, tales como plantas o cuadros.

VI.3.f.- SISTEMAS DE ILUMINACION ESPECIALES PARA INTERIORES

Existen numerosos tipos de iluminación interior muy creativos y decorativos, la mayoría creados en los últimos 20 años de un acelerado interés en el diseño y tecnología de la iluminación.

Muchos de estos luminarios tienen una fácil clasificación por ser productos unicos.

a) Sistemas modulares de bajo voltaje emplean muchas lámparas pequeñas (menos de 5 watts cada una) para crear un efecto centellante usado en pasillos teatrales.

b) Sistemas mobiliarios integrados.- Incorporan luminarios construidos en oficinas de trabajo para la iluminación de tareas o de ambientación.

c) Sistemas de función integrados.- Incorporan iluminación a un solo housing con una o más aplicaciones eléctricas, tales como bocinas, ventiladores o detectores de humo.

Sistemas de fibra óptica de una unidad de iluminación, se usa en exteriores con la fuente en un lugar remoto con las fibras llevando la luz al destino deseado.

VI.3.g.- ILUMINACION DE EXTERIORES

Uno de los avances de la iluminación eléctrica fué el de remplazar las lámparas de gas como fuente de la iluminación de calles, banquetas, parques y otros. El equipo de iluminación de gas dió las bases para el diseño de muchos luminarios; como los mostrados en la figura 13.

1. LUMINARIOS DE POSTE

Los luminarios de poste son usados para iluminar espacios exteriores grandes tales como estacionamientos o carreteras. La mayoría de los postes de alumbrado de calles tienen entre 12 y 40 pies de alto (3.6 y 12 metros). Los postes con más de 40 pies de alto (12 metros) se conocen como luminarios de poste alto, mientras que los luminarios montados a menos de 40 pies (12 metros) se les llama luminarios peatonales altos. Los luminarios para montarse en los postes incluyen:

a) Luminarios decorativos como globos, cubos, bellotas y faroles.

b) Los luminarios de poste alto llevan luminarios "cobra head" o "shoe boxes".

c) Faros de inundación y luces de seguridad.

d) Luminarios con funciones especiales, tales como para estacionamientos o para pistas de aeropuertos.

2. WALLPACKS

Los "wallpacks" son relativamente de bajo costo, de distribución ancha y diseñados para montarse en la superficie de una pared exterior. Emplean generalmente lámparas de HID o fluorescentes y in balastro integrado en un housing resistente al vandalismo. Estos luminarios proveen iluminación segura a bajo costo.

3. FAROS DE INUNDACION (FLOODLIGHTS)

Son luminarios que pueden ser montados en el piso, arriba de edificios o de postes. Pueden ser usados para iluminar patios, edificios y areas de seguridad, o cualquier area exterior amplia.

4. ILUMINACION ARQUITECTONICA EXTERIOR

El crecimiento de la importancia de la iluminación de arquitecturas exteriores ha llevado ha desarrollar importantes y diferentes tipos de luminarios:

a) Los "Bollards" son luminarios pequeños para iluminar carreteras y caminos con baja altura.

b) Los luminarios y postes ornamentales juegan un papel significativo en la apariencia diurna y nocturna en plazas y parques.

c) Los faroles y braquets se usan generalmente cerca de las entradas a edificios, teniendo un estilo complementario a la arquitectura del edificio; de hecho, muchos arquitectos diseñan los faroles especificamente para reflejar los elementos principales del edificio.

Las luces de fachada son luminarios especificamente diseñados para iluminar fachadas y siluetas de edificios durante la noche.

Estos luminarios se muestran en la figura 14.

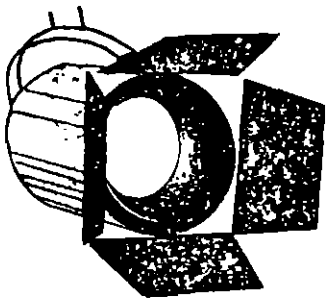
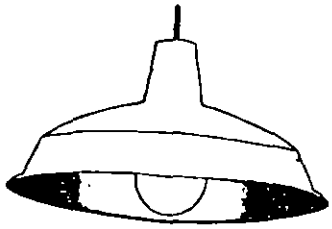
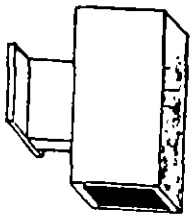


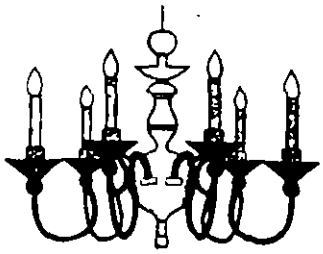
Figura 11.Luminario semi-teatral



Iluminación para fábricas



Wall bracket



Candelabro

Figura 12.Luminarios tradicionales

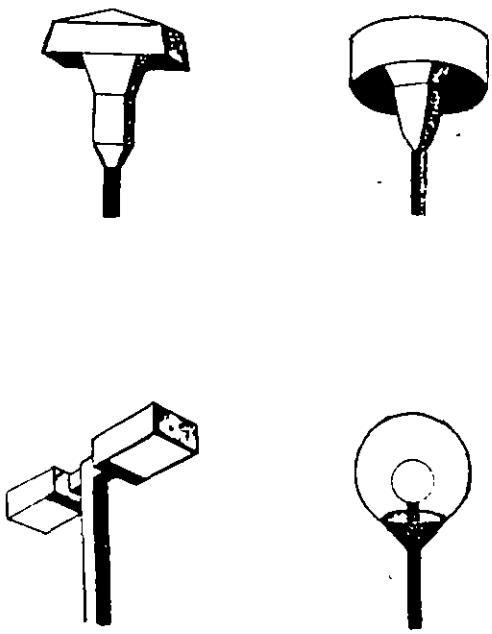
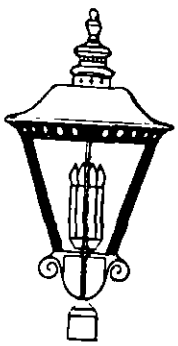
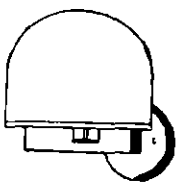


Figura 13.Luminarios para exteriores tipo poste

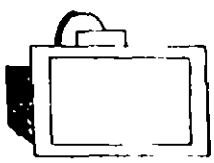


Farol

Bollard



Wall bracket



Fachada

Figura 14.Iluminación arquitectónica para exterior

5. ILUMINACION DE PAISAJES

La iluminación para acentuar el paisaje y no solamente la arquitectura se ha convertido en una importante aplicación del diseño de iluminación. Se ha diseñado equipo especial para condiciones ásperas y humedas para iluminación de paisajes, incluyendo toda una familia completa de diferentes diseños.

6. ILUMINACION DESDE TIERRA

Esta se utiliza generalmente para iluminar hacia arriba plantas y edificios aledaños. Se utilizan muchos tipos:

a) Iluminación desde tierra incluyendo los luminarios tipo sellados y los "direct burial".

b) Los luminarios "box mounted" incluyen "bullets", "wall washers" y luces de paso.

c) Los luminarios "stake mounted" incluyen uplights ajustables, luces de paso y wall washers.

7. ILUMINACION DE JARDINES Y SENDEROS

La iluminación de jardines y senderos tienen luminarios de diferentes tipos montados usualmente en pequeños soportes de menos de 42 pulgadas (1.06 m). Estos luminarios distribuyen la luz hacia abajo para iluminar árboles, caminos, y áreas con pasto. Algunos estilos comunes son el "flower bed light", el "tulip light" y el "pagoda light".

8. ILUMINACION AEREA

La iluminación aérea generalmente se monta arriba de los edificios o de los árboles para iluminar hacia abajo. Un tipo de iluminación aérea se usa para simular la luz de luna dirigiendola por las ramas de un árbol.

9. ILUMINACION ACUATICA

La iluminación acuática se emplea generalmente en albercas y en fuentes, pero se usan variaciones para crear efectos interesantes en manantiales, caidas de agua, jardines de roca, peceras y en muchas más.

VI.3.h.- OTRAS ILUMINACIONES EXTERIORES

Como en la iluminación interior, existen muchos tipos de iluminación exterior, incluyendo algunos tipos especiales diseñados para aplicaciones especiales. Algunos de estos incluyen:
Iluminación de deportes, diseñados especialmente para iluminar campos de juego y estadios.
Equipo de iluminación marítima, diseñados para soportar los efectos corrosivos del agua salada.
Iluminación en la aviación, incluyendo la pista de aterrizaje y diferente equipo de iluminación.
Luces de pared, luces de paso y pasamanos para iluminación de escaleras exteriores.

1. REFLECTORES ESPECULARES

a).- La tecnología

La superficie interna de un luminario fluorescente típico tiene una forma simple con un revestimiento de esmalte blanco. Dentro de estos luminarios, la luz efectúa reflexiones múltiples perdiendo intensidad antes de salir del luminario.

En contraste, la forma compleja y alta reflectancia de los reflectores especulares lleva más luz hacia el lugar donde la tarea se realice. De esta forma estos reflectores nos permiten usar menos lámparas y balastros en un sistema de iluminación fluorescente.

La cantidad de luz reflejada y su comportamiento direccional depende de dos características del material del reflector: su reflectancia especular y su reflectancia total.

Un material con alta reflectancia especular tiene un tiene un terminado espejo. Un material con una alta reflectancia total minimiza la cantidad de luz absorbida por la superficie durante la reflexión.

Los reflectores especulares bien diseñados dirigen la luz producida fuera del luminario con un mínimo de reflexiones.

Los reflectores especulares también tienen reflectancia total, y esto significa que durante las pocas reflexiones efectuadas, una mínima cantidad de luz es absorbida por el material.
El material de los reflectores especulares existen en tres categorías.

Film laminado de plata: Un film de poliester es revestido con plata y mezclado con un sustrato de aluminio para producir la alta reflectancia.

Alumino revestido con dieléctrico: Un revestimiento dieléctrico (formado por metales vaporizados y por materiales dieléctricos inorgánicos) es depositado en vacío en un sustrato de aluminio anodizado. El funcionamiento es similar al film de poliester revestido de plata.

Aluminio Pulido: Hecho de un aluminio anodizado altamente especular, estos reflectores tienen un valor de reflectancia menor, pero son menos costosos que los reflectores revestidos con plata o con dieléctrico.

b).- Ventajas

Eficiencia Incrementada: Un reflector especular bien diseñado combinado con delamping puede aumentar la eficiencia del luminario en un 20% ó 30%.

La eficiencia del luminario se define como el porcentaje de luz producido por la lámpara que no es absorbida por el interior del luminario y que realmente lo abandona.

El incremento en la eficiencia se debe a tres factores: a la habilidad del reflector para dirigir más luz fuera del luminario, mejor funcionamiento de la lámpara que normalmente ocurre en los luminarios con delamping (debido a menores temperaturas de operación),y a los efectos de sombra de la lámpara reducidos.

Menor Carga Térmica: Con un menor número de lámparas y con balastros más fríos los costos por carga térmica se reducen considerablemente, aumentando así los ahorros por iluminación al 20%. Los ahorros por la carga térmica varían con el clima, pero son por lo general mayores que los incrementos producidos por el calor porque las cargas térmicas anuales de un edificio son mayores que las cargas por calor.

Apariencia uniforme y reflejo reducido: Los reflectores especulares producen brillantez uniforme similar a la apariencia original del luminario, de tal modo que prevee la tendencia a remplazar
las lámparas faltantes. El reflector puede reducir también la brillantez del luminario cuando se ve con ángulos mayores. Esto reduce el reflejo y mejora el comfort visual dentro del ambiente de trabajo.

c).- Aplicaciones

Los reflectores especulares se usan más comunmente junto con un selectivo delamping. Quitando dos lámparas de un luminario de cuatro, e instalando un reflector especular, la energía utilizada puede redusirse en un 50% con una mantenida salida de luz reducida en un 25% ó 40%.

Esta reducción en la salida de luz puede se apropiada en espacios que necesiten los niveles de luz recomendados. En otro caso la instalación del reflector puede ser suplementada con lámparas con mayor salida y/o con mejores difusores para recobrar la reducción en salida de luz.

Dependiendo de su posición, deberán ser recolocados dentro del luminario las lámparas restantes y sus sockets para maximizar la eficiencia y mejorar la apariencia. Los balastros de encendido rápido que no se usen, deberán ser desconectados, ya que estos seguirán entregando energía después del delamping.

Donde los niveles existentes de luz sean muy bajos, los reflectores especulares pueden aumentar el nivel promedio de luz en un 15% o más, dependiendo de las condiciones existentes de la superficie del esmalte.

Como en cualquier sistema de iluminación la superficie del reflector debe ser limpiada de acuerdo a las instrucciones del fabricante en intervalos regulares, para mantener el nivel óptimode funcionamiento.

También, para mantener los niveles de luz adecuados y ahorrar en los costos de remplazo, el usuario debe establecer un programa de remplazo y limpieza del luminario en intervalos recomendados.

Los reflectores especulares tienden a concentrar la distribución de luz hacia abajo. Aunque esta concentración puede reducir el reflejo y la brillantez, también reduce el haz de luz. Esto puede

reducir la iluminancia a través del espacio y crear areas oscuras en las paredes.
Cuando se evalue el diseño de un reflector, se tiene que checar la libertad de moverlo y de reinstalarlo. También se tiene que ser cauteloso de los llamados diseños estandar que pueden no optimizar la salida de luz. Si se lleva acabo una recolocación o si el reflector está siendo usado cmo parte de una cerca eléctrica, especifique solamente reflectores y accesorios clasificados U.L.

Use esta lista cuando evalúe un reflector:

a) Prueba de campo del procedimiento de diseño.

b) Impacto en el mantenimiento de los niveles de luz y la amplitud del haz.
c) Apariencia uniforme.
d) Necesidad de recolocación de lámparas.
e) Clasificación U.L.
f) Requerimientos de codigo locales.
g) Garantía en el funcionamiento del reflector.
h) Accesibilidad a los balastros.
i) Selección de nuevas lámparas.
j) Remplazo del difusor/balastro.
k) Desconectar balastros no usados.
l) Remplazo y limpieza por grupos.
m) Cambiar balastros por grupos.

La decisión de usar reflectores especulares debe estar basada en consideraciones económicas, de ingeniería, en calidad de iluminación y estéticas. Para responder todas las preguntas requeridas en la iluminación con reflectores especulares, se necesita la evaluación de todos los componentes del sistema.

Si no puede decidir entre las diferentes alternativas pregunte a un consultor independiente de iluminación.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

CONTROLES

Presentado por : ING. CARLOS MENDOZA E.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Delegación Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M
Teléfonos 512 8955 512 5121 521-7335 521-1987 Fax 510 0573 512 5121 521-4021

TEMA V

CONTROLES

Los componentes eficientes ahorran energía utilizando tecnologías avanzadas para reducir el consumo eléctrico, sin embargo, la eficiencia de un sistema de iluminación no termina con la instalación de estos componentes.

Los controles para iluminación ofrecen un ahorro potencial igual o mayor que los luminarios y lámparas eficientes. Una estimación conservadora nos sugiere que puede existir un ahorro del 30% en el consumo de un edificio comercial utilizando una estrategia de control adecuada.

Los costos del consumo de energía utilizada para iluminación puede ser calculada de la siguiente forma:

Costo de la energía al año = potencia x tiempo de uso = costo promedio de la electricidad

Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación; por otra parte, los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia, as{i como la potencia misma. Cuando se quitan los picos de la curva de carga, los controles pueden llegar a afectar el costo mismo de la energía eléctrica.

V.1.-ESTRATEGIAS DE CONTROL

Los controles para iluminación han sufrido un desarrollo dramático en los últimos 25 años, debido principalmente a la preocupación por el uso eficiente de la energía y al avance de la electrónica de estado sólido.

A su vez, el aumento del costo de la energía y la disponiblidad de dispositivos electrónicos de bajo costo y alta confiabilidad han estimulado un gran número de innovaciones en los controles para sistemas de iluminación.

Dentro de los sistemas de control actuales podemos encontrar desde dispositivos integrales y de tamaño reducido hasta sistemas que utilizan computadoras centrales y que cuentan con funciones de manejo de energía.

Es importante mencionar que aún con el desarrollo de estos sistemas de control, existen otros dispositivos tan simples como el apagador de pared que pueden proporcionarnos un

ahorro significativo de energía, siempre y cuando sean utilizados apropiadamente.

Existen seis estrategias principales en el control de sistemas de iluminación para la reducción del consumo de energía y la demanda pico, como se explica a continuación:

V.1.a.- PROGRAMACION

Esta estrategia nos permite tener un uso racional de la energía al encender el sistema de iluminación solo cuando se necesita y apagarlo cuando no es necesario. La programación puede ser manual, con el uso de apagadores de pared o puede ocupar dispositivos automáticos, como los sensores de presencia o relojes.

V.1.b.- USO DE LA LUZ NATURAL:

La iluminación artificial puede ser regulada, o incluso apagada, cuando las ventanas y domos proporcionan un nivel suficiente de iluminanción natural. Los controles de este tipo requieren de alguna forma de fotosensor y generalmente se utilizan en combinación con un sistema para el mantenimiento del nivel de lúmenes como una estrategia de ahorro, ya que ambas técnicas reducen la iluminancia en los espacios que se encuentran sobre iluminados.

V.1.c.- MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES:

La mayoría de los sistemas de iluminación están calculados para mantener un nivel promedio independiente del tiempo, tomando en cuenta los factores de depreciación del sistema.

Como resultado de lo anterior, estos sistemas producen un nivel superior al necesario hasta que, con el tiempo y la depreciación, se alcanza el nivel deseado.

Los controles automáticos que mantienen el nivel de lúmenes constante, utilizan fotoceldas para monitorear los niveles de iluminancia e incrementar la potencia entregada a la lámpara durante su ciclo de vida. Con este procedimiento, la lámparas nuevas utilizan una potencia reducida, mientras que las demás reciben la potencia nominal. Así, los niveles de iluminancia permanecen constantes y el consumo eléctrico total es menor.

puede reducir el pico de un 5% a un 10%.

V.2.- AHORROS DE ENERGIA POTENCIALES

Los ahorros de los controles automáticos para iluminación, tales como sensores de presencia, fotosensores, controles horarios y para mantenimiento de nivel de lúmenes pueden ser calculados aproximadamente mediante el método "ajuste de la potencia de la iluminación". Aún cuando los controles del tipo horario realmente reducen el tiempo de uso de la iluminación, el ahorro o reducción de la potencia correspondiente puede estimarse.

Estos factores de ajuste no existen todavía en México, pero se usan en los códigos y estándares de eficiencia energética, tales como la norma ASHRAE/IES 90.1-1989, para otorgar crédito a ciertos tipos de controles automáticos.

La tabla 1 muestra los factores de ajuste que pueden ser utilizados para aporoximar los ahorros que se obtendrán con el uso de uno o varios controles automáticos. Por ejemplo, el factor de ajuste para un sensor de presencia es de 0.30; lo cual quiere decir que habrá un ahorro de 30 W de cada 100 W que controle el sensor.

V.3.- INTERRUPTORES

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagándola cuando no se necesita.

Los interruptores pueden ser tan simples como los de pared, o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio, incluyendo la seguridad y los HVAC.

Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; tambien pueden ser utilizados para esquemas de adaptación-compensación y de luz natural. Las secciones siguientes incluyen la descripción de algunos interruptores, tanto manuales como automáticos.

V.3.a.- INTERRUPTORES MANUALES

El dispositivo de control más sencillo y barato es el interruptor de pared. Aunque muchas

de las estrategias para el ahorro de energía se basan en el uso de equipo de control muy sofisticado, la mayoría de las instalaciones cuentan con sistemas de iluminación controladas manualmente. Son de bajo costo y alta confiabilidad, lo que los convierte en una importante opción para cualquier instalación.

La mayoría de los reglamentos exigen controles accesibles a los ocupantes, o en su defecto, sensores de presencia. Lo anterior significa que todos los cuartos de un edificio deben tener su propio interruptor, lo que los hace fundamentales para el ahorro de energía.

Muchas de las instalaciones permanentes cuentan con un interruptor de encendido-apagado cerca de la puerta; los cuartos con dos o más entradas pueden tener dos o más controles para el mismo circuito.

Las alturas recomendadas para la colocación de este tipo de interruptores son: 102, 112 y 137 cm, de las cuales, la menor es accesible para las personas que utilizan silla de ruedas y para niños pequeños.

La figura 1 muestra los diagramas esquemáticos de los interruptores que se utilizan generalmente para las instalaciones de iluminación:

- Un polo-un tiro:este tipo de interruptor controla un circuito y permite apagarlo o encenderlo manualmente; generalmente, la posición hacia arriba significa encendido.
-Dos polos-un tiro: permite el control simultáneo de dos circuitos. Se utiliza cuando la carga eléctrica que opera un interruptor excede de 20 A, por lo que se recomienda dividir al circuito principal en dos.
-Un polo-dos tiros (tres vías): este tipo de interruptores se conecta en pares y nos permite un control del circuito desde dos puntos diferentes. La operación de cualquiera de los interruptores cambia el estado de la iluminación (de encendido a apagado o de apagado a encendido).
-Dos polos-dos tiros (cuatro vías): se instalan en circuitos donde se tienen interruptores de tres vías para tener más puntos de control.

V.3.b.- TIPOS DE INTERRUPTORES DE PARED

Los interruptores de pared incluyen dos modelos muy comúnes, los de palanca y los decorativos (figura 2). Existen otros diseños menos conocidos, ya que son de aplicación especial; existen los de gran tamaño para cuartos de niños y los que cuentan con un indicador de estado.

Dentro de los últimos, existen dos variantes importantes, los de luz piloto y los que cuentan

una lámpara para la ayuda de su localización. Los interruptores con luz piloto encienden el indicador cuando el circuito controlado está encendido, mientras que los que cuentan con la lámpara de ayuda, la encienden para su fácil localización en la obscuridad cuando el circuito está apagado. Estos interruptores son de gran utilidad cuando se operan circuitos remotos, ya que permiten conocer su estado aún cuando la fuente de luz no es visible.

V.3.c.- CONTACTORES

Se utilizan para encender grandes cargas de iluminación centralizadas; por ejemplo, un contactor puede controlar todas las luces de una torre de iluminación de un estadio.

Este tipo de interruptores se utiliza generalmente para grandes grupos de carga de alumbrado exterior.

V.3.d.- INTERRUPTORES DE ESTADO SOLIDO

Algunos dispositivos de control, especialmente los interruptores sensibles al tacto, utilizan triacs como los elementos de conmutación. Cuando están en la posición de apagado, permiten en paso de una pequeña corriente que puede ser peligrosa para el personal de mantenimiento, por lo que se recomienda el uso de un interruptor adicional como medida de seguridad.

Una segunda desventaja que se ha detectado en estos interruptores es la potencia residual que se suministra a las cargas cuando están en la posición de apagado, lo que provoca una disminución en la vida de las lámparas y una interacción inadecuada con otros equipos para iluminación de alta eficiencia. Por ejemplo, la mayoría de los interruptores de este tipo son incompatibles con sistemas fluorescentes o de HID.

V.4.- DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO

Dentro de ellos encontramos a los sensores de presencia, relojes (timers), fotoceldas y otros. Estos dispositivos deben ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarios.

V.4.a.- RELOJES (TIMERS)

La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación.

Existen dos tipos básicos de relojes, como se puede ver en la figura 3:

-Relojes que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Este tipo de dispositivos mecánicos se encuentran en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.

Otros, tienen un mecanismo de cuerda como respaldo de la energía eléctrica.

-Relojes electrónicos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión y que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios. por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.

V.4.b.- SENSORES DE PRESENCIA

Este tipo de dispositivos fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, ya que son de alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación.

Una de sus principales ventajas es que, mientras no detecta movimiento, no hay motivo alguno para encender las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación.
Los modelos más eficientes requieren de que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.

Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación (figura 4):

...ıjuste para controles automáticos		En combinación de los siguientes controles para luz natural		
...ático o	Sin control para luz natural	Encendido-apagado	Multinivel	Dimmer continuo
	n.d.	0.10	0.20	0 30
...loj programable	0.15	0.15	0 25	0.35
Sensor de presencia	0 30	0 35	0.35	0.40
Mantenimiento del nivel de lúmenes	0 10	n.d.	n.d.	n.d.
Reloj programable y mantenimiento de nivel	0.15	0.20	0 30	0 40
Sensor de presencia y mantenimiento de nivel	0.35	0 35	0 40	0 45
Sensor de presencia y reloj programable	0 35	n d.	n d	n d

n d. = no disponible
fuente ASHRAE/IES Standard 90 1-1989

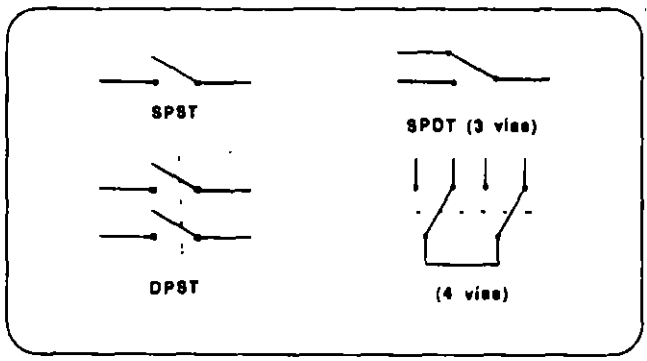


Figura 1.Diagramas esquemáticos de varios interruptores

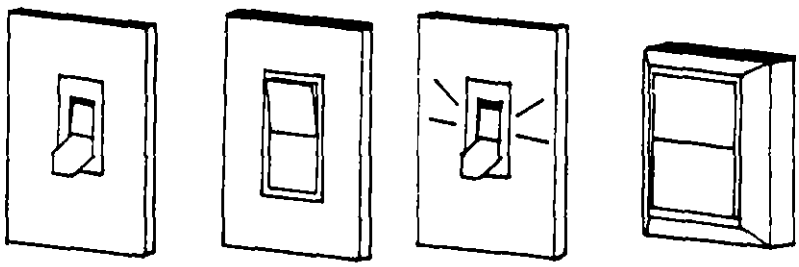


Figura 2.Modelos de interruptores de pared
(de palanca, decorativo, con indicador, con luz piloto)

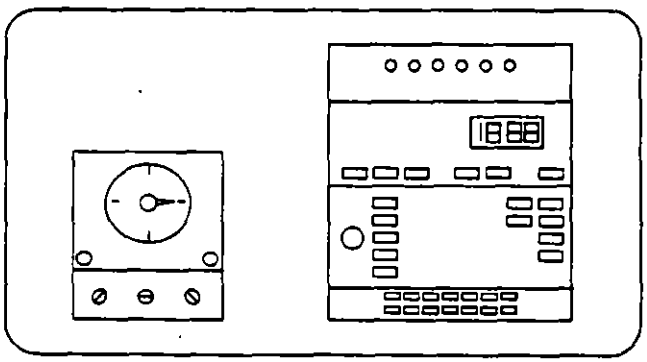


Figura 3.Relojes mecánico y electrónico

-Detectores PIR (passive infrared):perciben y responden a los patrones de calor del movimiento. Los patrones de calor del cuerpo de los animales puede ser diferenciado fácilmente de otras fuentes de calor. Esta tecnología es la que se utiliza para los sistemas de seguridad residenciales y comerciales.

-Detectores ultrasónicos: son de tipo activo, ya que emiten y reciben una señal producida por la oscilación de un cristal de cuarzo, la cual es inaudible. Responden al cambio en el tiempo de retorno de la señal, producido por el movimiento de los ocupantes.

-Detectores por microondas: también son de tipo activo y trabajan en forma similar a los anteriores, pero responden a un cambio en la frecuencia de la señal, también causada por el movimiento de los ocupantes. Hasta este momento, su uso se limita a aplicaciones de seguridad.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

-En el techo, para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencias. En la figura 5 se muestran algunos patrones de detección diseñados especialmente para los sensores colocados en el techo. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clase.

Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.

-En la pared. Este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe aportación de luz natural suficiente; sin embargo, han sido fuertemente criticados, ya que no detectan el nivel de iluminancia en el plano de trabajo.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

Existen factores importantes para la adecuada utilización de estos dispositivos, tales como la selección correcta del sensor, su calibración, el lugar de instalación (techo, pared, etc.) y activación por falsas señales. Un sensor PIR puede operar inadecuadamente cuando no tiene filtros especiales para las radiaciones infrarrojas de la luz natural. Un sensor ultrasónico puede responder a la vibración, como la del aire acondicionado, o al paso de corrientes de aire; los sensores de microondas pueden atravesar las paredes y detectar presencia en el área equivocada.

Otra precaución que se debe tomar para este tipo de sensores es el tiempo de reencendido de algunas lámparas, como las de HID. Existen balastros especiales que pueden operar la lámpara con una potencia reducida (por ejemplo, 35%) cuando el sensor no indica presencia y entregar potencia plena en el momento en que se requiera. Es importante mencionar que lo anterior puede afectar la consistencia en el color de las lámparas de aditivos metálicos.

En general, se deben considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto que considere sensores de presencia:

-Considerar la posibilidad de ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
-Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente
-Forma y dimensiones del área a controlar
-Presencia de barreras u obstáculos
-Ubicación del sensor
-Tipo de sensor (PIR, ultrasónico)
-Ajuste de sensibilidad y tiempo
-Mantenimiento (reemplazo de lámparas)

V.4.c.- FOTOSENSORES

Estos dispositivos sensan el nivel de iluminancia y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control, para después mandar una señal a los interruptores o dispositivos de dimmeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminancia de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

La ubicación de los fotosensores es un aspecto crítico que determina la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminancia en el plano de trabajo (mantenimiento del nivel de lúmenes) o el de la fuente de luz natural (uso de luz natural y estrategia de adaptación-compensación).

V.4.d.- CONTROLES AUTOMATICOS PARA REEMPLAZO DIRECTO:

Estos controles tienen el sensor o reloj, la unidad de control y el dispositivo de interrupción (generalmente un relevador) en la misma unidad, por lo que reemplazan a los interruptores manuales, sin la necesidad de cambiar la instalación.

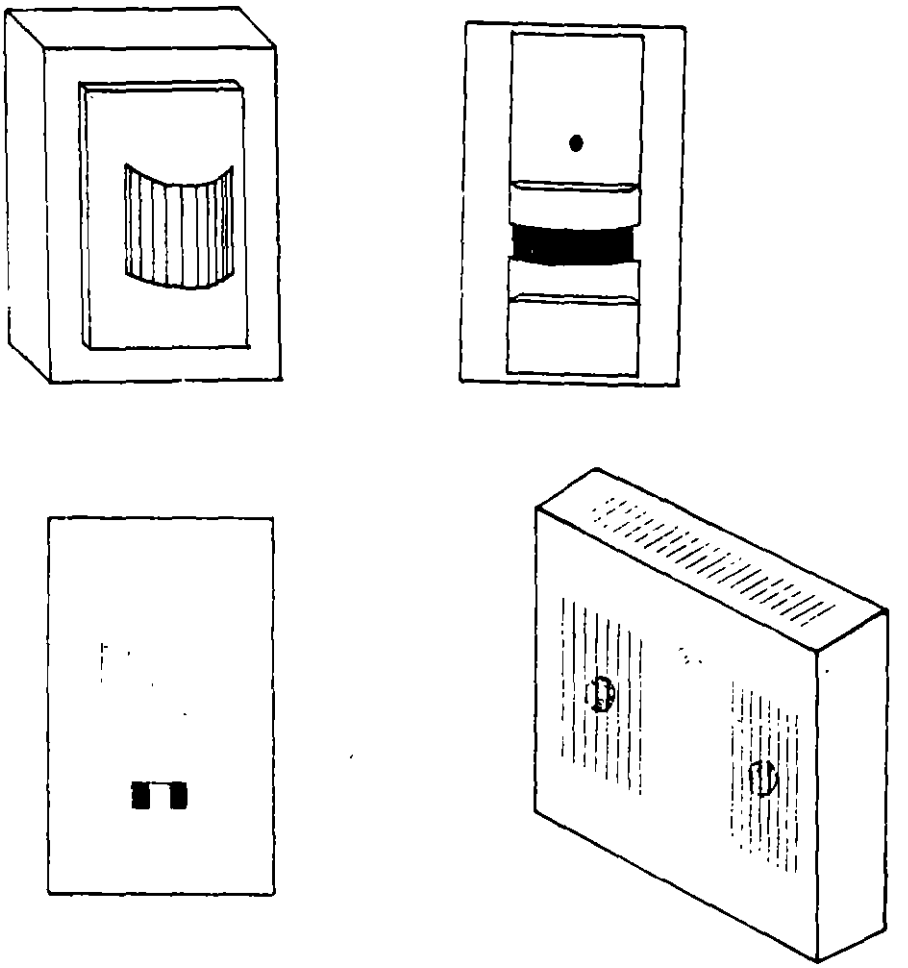


Figura 4.Sensores de presencia (ultrasónico, PIR, modelos retrofit)

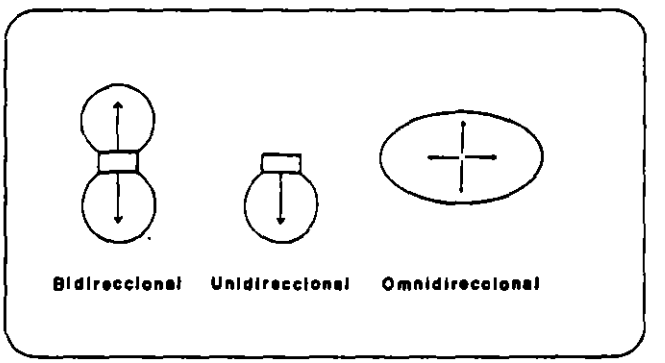


Figura 5.Patrones de detección de sensores de presencia colocados en el techo

V.4.e.- SISTEMAS AUTOMATICOS PARA EDIFICIOS (BAS)

Muchos edificios utilizan este tipo de sistemas, también llamados Sistemas Administradores de Energía (EMS). Son sistemas de programación muy sofisticados que utilizan una central computarizada para regular todas las operaciones del edificio.

Algunos EMS manejan sensores de presencia, fotosensores y controles de tiempo para escoger la combinación más adecuada para el manejo de la energía del sistema de iluminación. A pesar de que estos sistemas son particularmente efectivos para el control de la iluminación, están diseñados para controlar todas las cargas del edificio.

V.4.e.1.- SWEEPING

Es una de las estrategias de control que manejan los sistemas ABS para apagar el sistema de iluminación del edificio a una hora determinada, requiriendo una acción manual para encender las áreas necesarias. Esta estrategia es especialmente útil para grandes edificios donde hay pocas personas trabajando fuera del horario o cuadrillas de limpieza y mantenimiento.

Existen dos tipos de sistemas BAS para control de iluminación, los que trabajan con relevadores de bajo voltaje y aquellos que utilizan una onda portadora por la línea de alimentación (PLC; power line carrier).

V.4.e.2.- SISTEMAS DE INTERRUPCION CON RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE:

Esta opción es útil cuando se quiere instalar un sistema de control poco a poco. Este tipo de relevadores pueden ser los elementos de interrupción principales de los sistemas ABS/EMS, ya que se pueden conectar directamente a las computadoras, controles electrónicos de tiempo, interruptores manuales y otros dispositivos. Algunos sistemas utilizan la línea telefónica para tener un manejo a control remoto.

Estos sistemas utilizan circuitos de bajo voltaje (generalmente 24 V) para mandar los pulsos de control a los relevadores, los cuales abren o cierran el circuito de alimentación de la

iluminación. Los pulsos pueden ser originados por interruptores de bajo voltaje, sistemas EMS computarizados, sensores, etc.

La figura 6 muestra los circuitos típicos para los sistemas de bajo voltaje y los que utilizan el voltaje de línea.

Los sistemas de bajo voltaje tienen varias ventajas, como la capacidad de interconexión con otros dispositivos, flexibilidad para el reacomodo si cambia la distribución del edificio, pueden ser actualizados con facilidad y permiten un control manual; sin embargo, su mayor desventaja es el alto costo inicial del equipo y de la instalación.
Existen dos tipos de instalación para estos sistemas:

-Gabinetes centrales que contienen todos los relevadores del sistema, uno para cada zona o circuito. La ventaja principal de ésta instalación es la facilidad de mantenimiento, separación de circuitos y cambio de configuración. Su costo inicial es elevado y el alambrado es complicado.

-Relevadores locales, cerca de la carga. El alambrado de cada relevador se simplifica pero se debe tener cuidado en la correcta comunicación con la computadora central.

V.4.e.3.- SISTEMAS PLC

Estos sistemas utilizan la línea de alimentación del edifico para transmitir las señales de control, que por lo general provienen de computadoras centrales, sensores u otros dispositivos. La principal ventaja del sistema es la eliminación de una instalación especial, ya que los relevadores y dimmers se conectan directamente a las tomas de corriente.

Existen limitaciones prácticas que evitan la obtención de señales de control limpias o sin distorsión, lo que afecta la confiabilidad del sistema.

Los sistemas PLC trabajan con señales de control codificadas y transmitidas en radio frecuencia a través de la instalación eléctrica del edificio. Los códigos son comunes para todos los receptores, pero son transmitidos en diferentes frecuencias o canales para evitar el accionamiento de relevadores en zonas vecinas. La mayoría de los sistemas comerciales trabajan con 16 códigos transmitibles en 16 canales, para un total de 256 líneas de control.

Los sistemas PLC son baratos y poderosos, pero como se mencionó anteriormente, su efectividad depende del ruido de la línea.
Otras desventajas son: la incompatibilidad con algunos balastros electrónicos y la necesidad

de dimmers locales conectados en serie con los PLC para poder ser controlados por transmisores remotos.

V.5.- TECNOLOGIA PARA DIMMERS

Los dimmers disminuyen la potencia que se entrega a la lámpara, lo que ocasiona una salida de lúmenes menor. Generalmente se utilizan para crear ambientes o efectos especiales, pero tienen una importancia relevante en el ahorro de energía eléctrica.

Pueden reducir la iluminancia en el área controlada al nivel mínimo necesario, aunque en muchos casos, el nivel puede ser ajustado automáticamente de acuerdo a la aportación de luz natural u otras fuentes.

Los dimmers pueden afectar el funcionamiento de algunas lámparas, por lo que no se recomienda su uso en determinadas circunstancias.

La primera versión de los dimmers fue completamente resistiva (de ahí que se les llamara reóstatos), con lo que se lograba el efecto deseado, pero como es de suponerse, las pérdidas en forma de calor eran excesivas. Muchas personas continuan utilizando el término reóstato para los dimmers, ya que tienen la idea de que éstos ofrecen algún tipo de resistencia. De hecho, existen varios tipos de dimmers y ninguno de ellos es de tipo resistivo.

V.5.a.- DIMMERS QUE MODIFICAN LA FORMA DE ONDA

Muchos de los dimmers actuales utilizan dispositivos de estado sólido, como tiristores, para modificar el flujo de potencia que se entrega a la lámpara. Estos dimmers encienden y apagan las lámparas 120 veces por segundo. La proporción de tiempo que se mantienen encendidas las lámparas determina el consumo en watts y el brillo aparente.

Los componentes más utilizados son los SCR (rectificadores controlados de silicón) y los triacs. La señal resultante ya no es una senoidal pura, sino que contiene la onda fundamental a 60 HZ y una serie de armónicas producidas por los ciclos de encendido y apagado.

Esta técnica es la más común, de la cual existen las siguientes versiones:

-Para lámparas incandescentes estándares, utilizando triacs para regular la potencia.

Son baratos y pueden controlar hasta 600 W.

-Para iluminación de bajo voltaje que operan con transformadores magnéticos, utilizando triacs especiales; este tipo de control recibe el nombre genérico de dimmer de carga inductiva. Se conectan en el primario del transformador (voltaje de línea) y se diferencian de los dimmers ordinarios por tener circuitos adicionales para asegurar la simetría de la onda de control.

Los dimmers que no trabajan en bajo voltaje crean una onda asimétrica que introduce una componente de DC, la cual puede quemar rápidamente un transformador de bajo voltaje.

Estos dispositivos pueden utilizarse para lámparas incandescentes o una combinación de ellas y transformadores de bajo voltaje.

-Para iluminación de bajo voltaje utilizando "transformadores de estado sólido"; este tipo especial de dimmer usa dispositivos electrónicos como los FET, interruptores controlados de silicón y BJT par encender las lámparas en la primera parte de la señal y apagarlas en la segunda. Aunque no son tan eficientes como los dimmers anteriores, previenen el zumbido de los transformadores.

Pueden ser utilizados para lámparas incandescentes o una combinación de ellas y transformadores de estado sólido, pero no pueden producir la simetría necesaria en la onda de salida que requieren los transformadores magnéticos.

-Para lámparas fluorescentes, utilizando un balastro magnético dimmeable, cuyo elemento principal es un triac inductivo especial. Tienen dos salidas, una es la dimmeada y se conecta a las puntas del arco, la segunda se conecta a la punta del cátodo de calentamiento y es simplemente para encendido y apagado. Con esta versión se logra una salida mínima de 20%.

-Para lámparas de neón y de cátodo frío, utilizando un dimmer similar al magnético (o inductivo). La única diferencia es la curva de operación o regulación de la potencia.

-Para lámparas de HID, utilizando tiristores en combinación de balastros especiales.

-Para lámparas fluorescentes con balastros normales o no dimmeables, utilizando dimmers con tiristores u otro tipo de dispositivos de estado sólido. Tienen la restricción para el nivel mínimo, el cual no es menor al 40% de la salida total.

Existen modelos universales, que trabajan bastante bien con lámparas incandescentes normales, transformadores magnéticos de bajo voltaje, balastros magnéticos dimmeables para

lámparas fluorescentes, con lámparas de neón y de cátodo frío; su principal limitante es el alto precio.

V.5.b.- DIMMERS AUTOTRANSFORMADORES

Los autotransformadores producen una onda senoidal pura, de voltaje de AC variable. Los de tamaño reducido tienen perillas para controlar la salida, mientras que los grandes pueden tener controles motorizados. La principal ventaja de estos dimmers es la pureza de la señal que entregan a la lámpara, además de que eliminan el ruido en la lámpara y el transformador y la distorsión armónica. La aplicación más frecuente de estos dispositivos es en el control de grandes áreas con lámparas fluorescentes o incandescentes, donde una reducción del 0 a 50% en el voltaje puede usarse para un ahorro de energía (figura 7).

V.5.c.- DIMMERS PARA BALASTROS ELECTRONICOS

La potencia que entrega a la lámpara un balastro electrónico depende del diseño del circuito de éste. Los balastros pueden ser diseñados para entregar una potencia variable por medio de circuitos propios del balastro.

Los balastros diseñados para este propósito aceptan alguna forma de señal de control, ya sea analógica o digital, para modificar la salida de la lámpara. Existen dos tipos de balastros electrónicos dimmeables:

-Aquellos diseñados especialmente para el ahorro de energía, con un nivel mínimo del 10%

-Balastros de diseño y aplicación especial, con un nivel mínimo entre 0.5 y 2%

La diferencia entre ambos es simplemente la complejidad de los circuitos que los componen y la de los dispositivos de control asociados (lo que ocasiona un aumento en el costo).

Aunque la mayoría de los dimmers son aplicables a diferentes tipos de lámparas, existen casos especiales en los que se presentan algunas complicaciones, como las que se explican a continuación:

-Algunos dimmers de estado sólido pueden producir ruido, ya sea por la lámpara o

por algún otro elemento. A fin de evitarlo, se colocan inductores especiales con la función de filtros.

-Un gran número de lámparas fluorescentes compactas no aceptan un dimmer, teniendo que ser diseñado especialmente para este propósito.

-La aplicación de dimmers a lámparas fluorescentes estándar con balastros magnéticos puede provocar una disminución en la vida de la lámpara, así como flicker y distorsiones armónicas.

Existen diseños especiales para que las lámparas y blastros operen en el rango adecuado.

-La aplicación de dimmers en lámparas de tungsteno-halógeno para niveles menores del 35%, reduce la temperatura de operación de la lámpara y rompe el ciclo del halógeno, disminuyendo la vida de la lámpara significativamente.

V.6.- APLICACIONES DE LOS DIMMERS

El rango de aplicación es muy amplio, desde los manuales que actúan como un forma sencilla y barata de control, hasta los utilizados en las estrategias de control sofisticadas que utilizan sistemas BAS. A diferencia de los interruptores, los dimmers permiten seguir la estrategia de ajuste, ya que no son más que un dispositivo de adecuación del nivel de iluminancia.

Generalmente, los dimmers manuales se utilizan para instalaciones permanentes de lámparas incandescentes, de bajo voltaje, neón y de cátodo frío. En los sistemas incandescentes, se recomienda el uso de dimmers de bajo voltaje, a menos de que la carga opere (y siempre lo hace) con el voltaje de línea; son más caros pero los dimmers normales pueden dañar fácilmente los transformadores de bajo voltaje que vienen integrados en algunos luminarios.

Una aplicación interesante de los dimmers es en aquellos circuitos que tienen interruptores de 3 ó 4 vías, para controlar un circuito desde varios puntos, donde se puede colocar un dimmer normal o uno que tenga los interruptores interconstruidos; la conexión en serie de dos o más dimmers no se recomienda.

Se han desarrollado dimmers centrales para su aplicación en áreas pequeñas de uso común,como salas de juntas; en estos casos se pueden colocar varias terminales remotas que envían señales a un control maestro por medio de un alambrado de tres vías.
Una innovación relativamente reciente es un sistema programable, que permite al usuario

controlar varios circuitos de iluminación simultaneamente. Cada nivel de iluminancia se obtiene por medio de combinaciones de ajustes de los circuitos controlados; cada uno recibe el nombre de ambiente, y puede ser memorizado en la unidad central del sistema, eliminando así, la necesidad de ajustar el nivel cada vez. Estos sistemas han ido mejorando, desde los analógicos que agrupan a una serie de potenciómetros para cada nivel, hasta los que cuentan con una memoria digital; pueden controlar hasta 6000 W de carga y existen aquellos que pueden funcionar con un control remoto infrarrojo.

El diseño más complejo de un dimmer es el que incluye un tablero central para el control de toda una casa o edificio. Consiste en varias unidades o módulos, uno para cada circuito, pudiendo programarse fácilmente los niveles adecuados para cada circuito, sin limitación de niveles por circuito ni de número de circuitos.

Tienen una gran flexibilidad, ya que pueden utilizarse manual o automáticamente, interactuar con dispositivos como fotosensores, relojes, ajustadores astronómicos, alarmas y otros.

Requieren de un complejo alambrado, utilizan dimmers inductivos de alta calidad y son de un costo elevado (aún así, son mejores que los sistemas PLC), por lo que se recomiendan preferentemente para instalaciones nuevas.

V.7.- INTEGRACION DE LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL

En la siguiente sección se examina como se integran los componentes de un sistema de iluminación con las estrategias de control.

V.7.a.- ESTABLECIMIENTO DEL AREA A CONTROLAR:

Las dimensiones y la adecuada selección de cada área controlada es de crítica importancia. En general, el área no debe exceder los límites de cada cuarto. La práctica generalizada de controlar los sistemas de iluminación en grandes bloques (todo un piso de un edificio, por ejemplo) es inadecuada, siendo la más efectiva la de seleccionar un área, lo más grande posible, de la cual se deberán conocer los patrones de uso y presencia. Lo anterior es aplicable a edificios que tienen horarios perfectamente definidos y respetados, aún para el mantenimiento y limpieza.

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas.
Las figuras 8 y 9 nos muestran los ahorros potenciales para una oficina pequeña y para una grande, dentro del mismo edificio. Como se puede notar, los ahorros son mayores en la oficina pequeña, ya que ahí trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor; las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

V.7.b.- APLICACION DE CONTROLES MANUALES

Este tipo de dispositivos son la base de los controles para iluminación; su efectividad depende del grado de concientización del usuario y de la facilidad de operación. El diseño de un dispositivo de control sencillo y conveniente puede ser una de las tareas más difíciles.

Las estrategias que involucran controles manuales están diseñadas para asegurarse de que los ocupantes realemente los utilicen, para lo cual se siguen la siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

-Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.

-La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.

Los dimmers accesibles al usuario son otra oportunidad para el ahorro, pero este depende de la facilidad de uso de los dispositivos.

V.7.c.- USO DE LA LUZ NATURAL

Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementandola cuando la aportación natural disminuye.

La figura 10 muestra los ahorros potenciales complementando al sistema de iluminación

con luz natural.

Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:

-Utilizando dimmers continuos para grandes áreas, donde una fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel mínimo necesario.

Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastros de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.

-Utilizando dimmers individuales para áreas reducidas, o utilizando un banco de balastro electrónicos dimmeables controlados por una fotocelda. El funcionamiento de esta estrategia es similar a la anterior, aunque los ahorros son mayores debido a las dimensiones del área controlada.

-Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejen las lámparas o luminarios cercanos a las ventanas de forma independiente. Tambien se recomienda el uso de balastros multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

V.7.d.- MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES

El equipo y funcionamiento de esta estrategia son muy parecidos a aquellos de un sistema que aprovecha la luz natural, por lo que generalmente se utilizan en forma paralela. Dependiendo del uso del edificio y del diseño del sistema, se pueden obtener ahorros de hasta un 15%, como se muestra en la figura 11.

Las mejores aplicaciones de estos sistemas se logran en áreas grandes, como tiendas o industrias de ensamble, y en donde se tienen factores de pérdida de luz del orden de 0.7 o menores.

V.7.e.- ADAPTACION-COMPENSACION

Estos sistemas utilizan dimmers o interruptores en combinación de relojes. Generalmente,

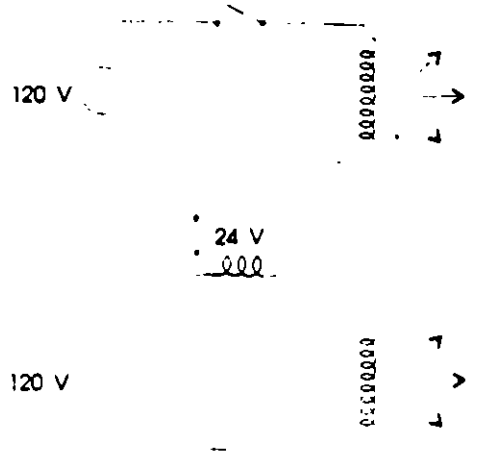


Figura 6.Circuitos típicos para voltaje de línea y de bajo voltaje

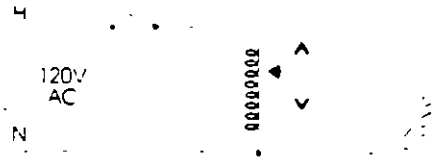
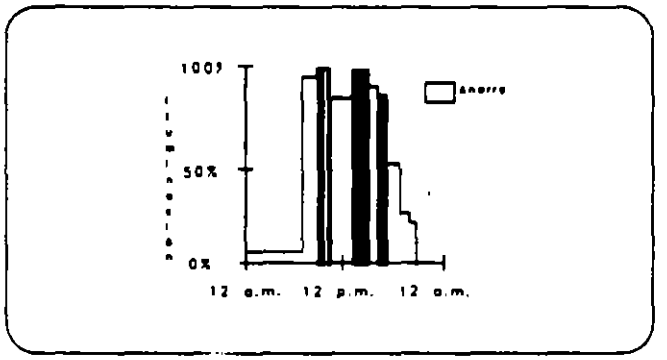
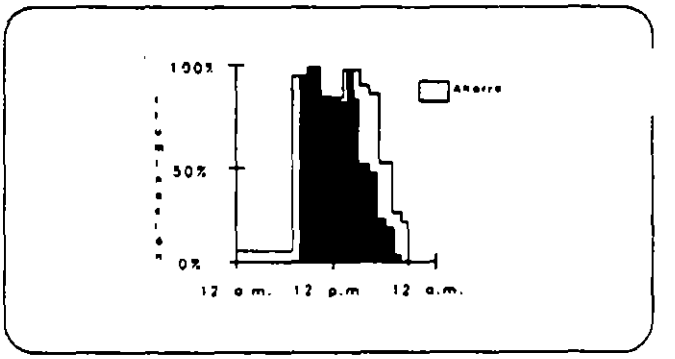


Figura 7.Circuito básico de un autotransformador





Figuras 8 y 9.Ahorros potenciales para una oficina pequeña y una grande

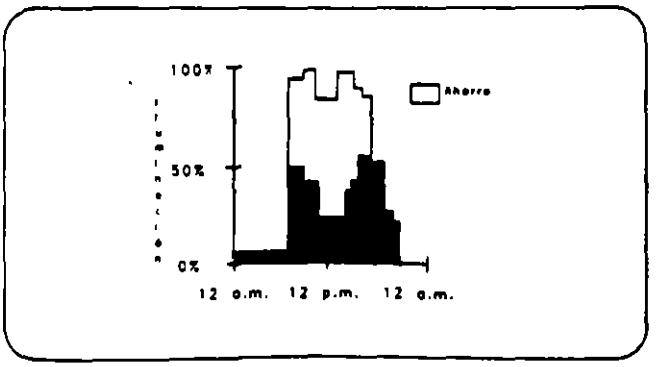


Figura 10.Ahorros potenciales al aprovechar la luz natural

el sistema se programa de tal forma que se obtiene un nivel de iluminancia promedio o elevado durante el día, y niveles muy bajos durante la noche

En aplicaciones especiales, como un supermercado que trabaja las 24 horas, puede utilizarse este sistema para reducir el consumo hasta en un 80%, por un periodo de 10 a 12 horas por día.

La figura 12 muestra los ahorros obtenidos en algunas aplicaciones.

V.7.f.- REDUCCION DEL PICO DE LA DEMANDA

Esta estrategia utiliza dimmers continuos para ajustar el nivel deseado. La señal de control se manda desde el equipo de medición del consumo, una vez que se alcanza una demanda predeterminada. En el momento en que se tiene la señal de control, se reduce paulatinamente la potencia del sistema de iluminación por medio de dimmers (generalmente de un 10 a 20%).

****

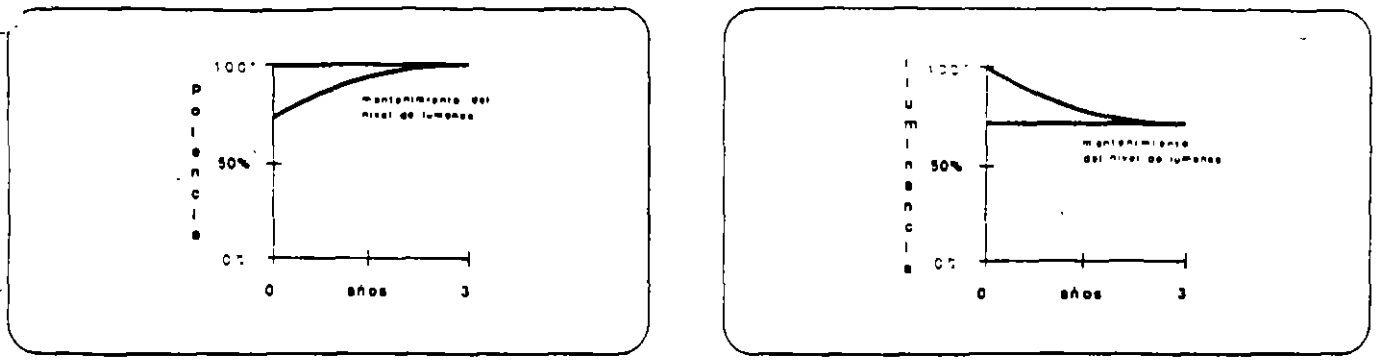


Figura 11.Ahorros potenciales al mantener el nivel de lúmenes

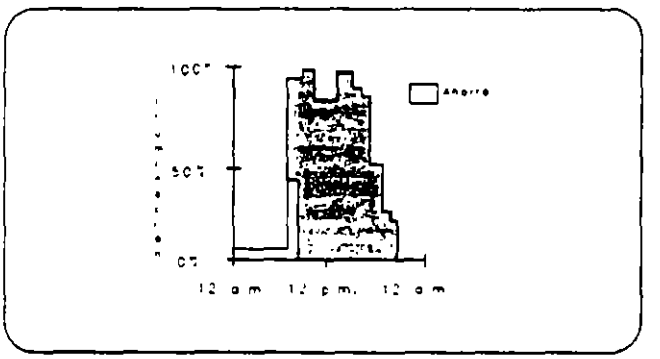


Figura 12.Ahorros obtenidos con la estrategia adaptación-compensación

CONTROL DE ILUMINACION

Las necesidades de conservación y ahorro de energía tanto a nivel mundial como nacional, hoy en día han tomado una importancia de primer órden. Por lo que una cantidad considerable de empresas, han desarrollado y mejorado en los últimos años los sistemas de servicio que necesitan las instalaciones ya sea a nivel industrial, comercial, educacional, hospitalario, etc. para satisfacer las necesidades de ahorro de energía.

En la actualidad se viene manejando el concepto de control digital directo (DDC por sus siglas en inglés), y es aquel que se ha diseñado para aprovechar el uso de la energía en cualquiera de sus formas ya sea térmica, luminica, etc. a un costo bajo y un rendimiento mayor.

La iluminación es uno de los aspectos de mayor consumo energético en todas las instalaciones y con los sistemas de control digital directo se permite en encendido y apagado de la iluminación automáticamente en base a los programas de uso de las diferentes áreas o en función de los niveles de iluminación adecuados a la utilización del área en cuestión.

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO PARA EL CONTROL DE ILUMINACION

El sistema de iluminación tiene como característica de diseño el proporcionar el nivel de iluminación requerido dependiendo del espacio a un costo bajo. El objetivo es proveer o mantener la calidad de luz y reducir aún más su energía de consumo por cargas luminicas.

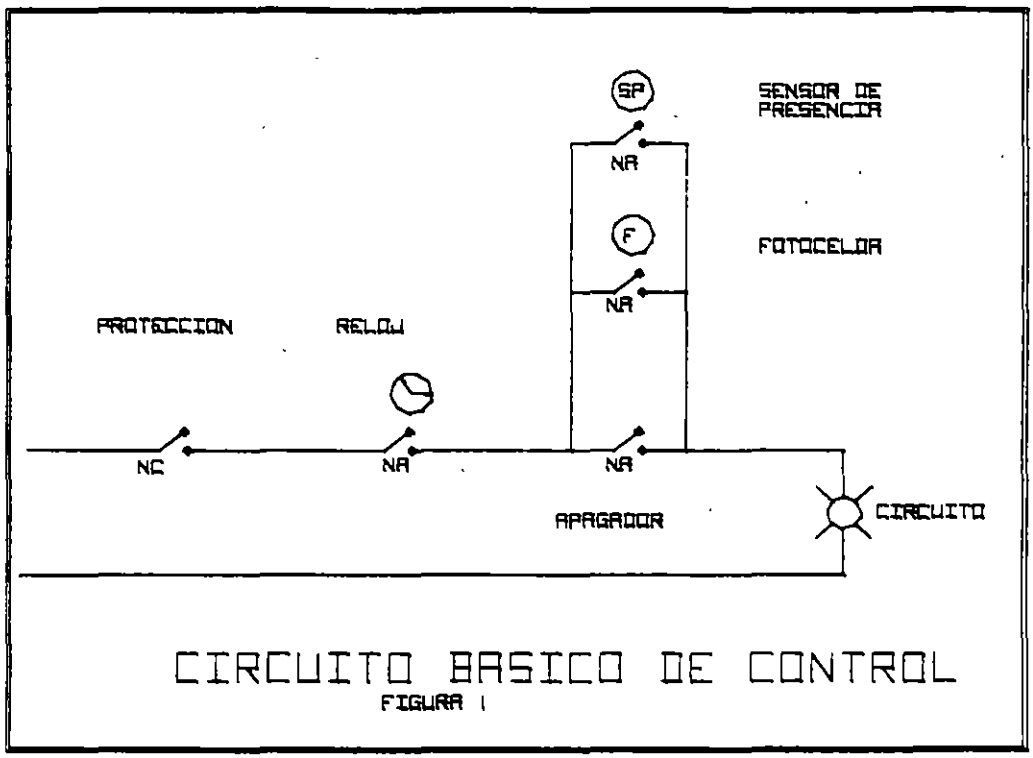
El análisis es:

a) Calidad de la iluminación
b) Intensidad y cantidad de la iluminación
c) Iluminación directa
d) Iluminación directa o difusa
e) Fuentes de iluminación
f) Procedimiento de mantenimiento
g) Re-proyección del sistema de iluminación
h) Reemplazo y modificación de instalaciones
i) Sistemas de control (Programación)

PROGRAMACION DE ENCENDIDO Y APAGADO DE ACUERDO A LA UTILIZACION

Control de iluminación.

Tenga en cuenta que el personal de seguridad y/o de mantenimiento no estará siempre en la disponibilidad de acatar las instrucciones en el sentido de descoonectar determinados circuitos a determinadas horas; se recomienda instalar desde el sencillo apagador de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc., hasta equipos programables que conectan y desconectan circuitos según las necesidades de trabajo.



El sistema deberá incorporar los programas necesarios para la conexión y desconexión del sistema de alumbrado.

Los programas diferenciarán el tratamiento a dar al alumbrado de las zonas internas y al de las zonas periféricas.

Alumbrado de zonas internas. El tratamiento de las zonas internas del edificio es similar al de los programas de arranque-paro a horario fijo en función del horario de ocupación del edificio.

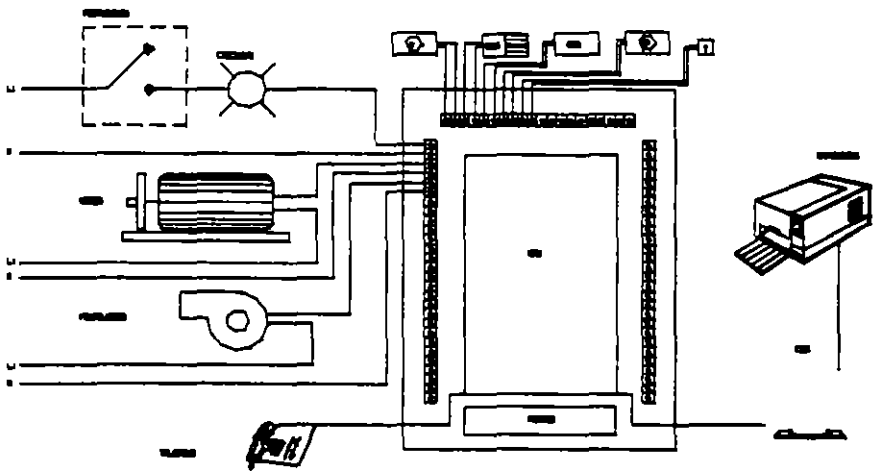
Alumbrado de zonas externas. El programa que la conexión y desconexión del alumbrado de las zonas periféricas del edificio, deberá tener en cuenta no solo el tiempo de ocupación sino, que es función del nivel luminico existente en cada zona, detectado por celdas fotoeléctricas con dispositivos de retardo incorporado que indicarán al ordenador el momento de iniciar los programas de conexión-desconexión adecuados.

Encendido y apagado programado.

Al igual que la iluminación, no todos los equipos en una instalación deberán estar trabajandomlas 24 hrs del día, de manera que el sistema de DDC para el manejo de instalaciones puede encender y apagar automáticamente los equipos de acuerdo al programa de utilización de estos.

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PROGRAMADORES

El control inteligente de iluminación es un controlador de aplicación programable que ejecuta control ON/OFF en circuitos eléctricos y otro tipo de cargas comomanejadoras, extractores, ventiladores auxiliares, etc., para edificios de oficinas, habitaciones, plantas industriales, centro de control de motores, etc.



ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DIGITAL DIRECTO
FIGURA 1

Con el fin de controlar correcta y eficazmente una carga de iluminación en un edificio un sistema deberá ser capaz de lo siguiente:

- Abastecer un control ON/OFF de las cargas de iluminación de cuando menos 20 Amp. a 220 VCA.

- Ser capaz de controlar un número relativamente grande de cargas.

- Ser capaz de agrupar cargas individuales en grupos definidos de control por usuario o zonas las cuales puedan incluir cargas comúnes a más de un grupo.

- Aceptar un gran número de entradas para anular de forma inmediata la operación automática y recuperar la iluminación en el área deseada.

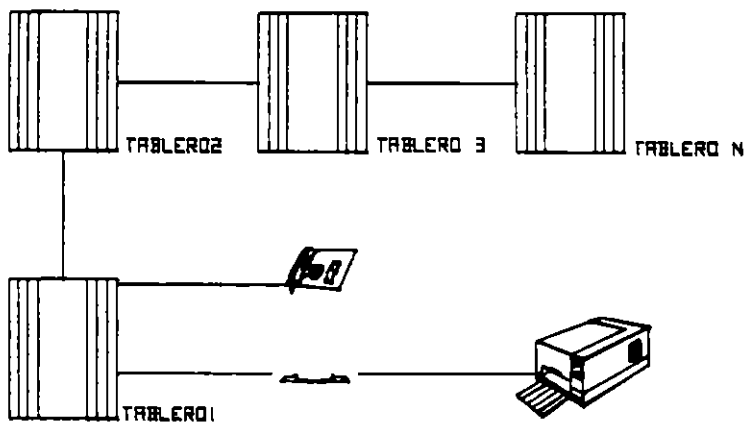
El sistema también debe tener la capacidad de:

- Permitir al usuario re-definir o reconfigurar los grupos de control facil mente.

- Monitorear el uso de las cargas controladas.

- Utilizar comandos por medio de un tono telefónico digital como una opción de mecanismo de recuperación (override) en sobre comando del mecanismo de interruptor del circuito de alambrado.

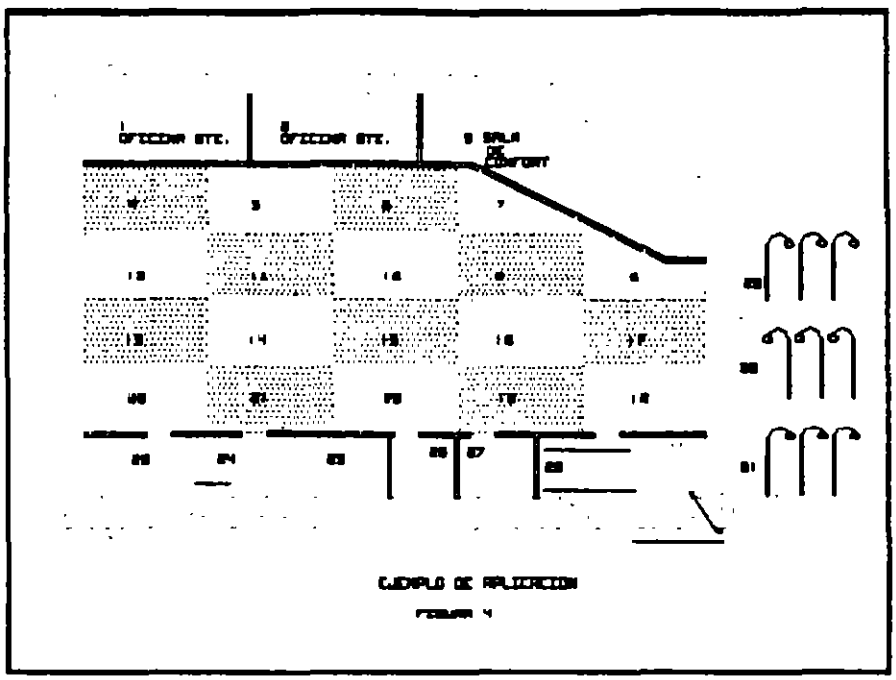
El controlador puede operar en forma independiente (standalone) o integrado al Sistema Central, estos controladores operan con un máximo de 40 relevadores programados independientemente en función del tiempo, formando grupos hasta un máximo de 32 grupos. El usuario puede interrumpir las funciones por medio de comandos telefónicos, interruptores de pared, fotoceldas, sensores de movimiento, etc Cuando se usa integrado con el Sistema Central, el usuario puede interrumpir la programación a través de la estación manual de la red, o conectando a través de CRT. (Terminal).



SISTEMA INSTALADO EN FORMA DE RED
FIGURA 3

APLICACION

A continuación se ilustra un ejemplo de una planta que utiliza 40 relevadores de un panel maestro, los cuales están definidos en 31 grupos, incluye entre ellos tres grupos de iluminación de alta intensidad para el estacionamiento. Ver figura 4.



Los grupos han sido programados para ser encendidos a la 7:00 A.M. y ser apagados a las 5 30 P.M. En la programación también ha sido tomado en cuenta la sección cafetería, esta sección se encenderá por medio de un sensor de movimiento y dar servicio el tiempo suficiente a los trabajadores.

Supongamos que son las 9:30 P.M., en una de las oficinas del gerente se ha usado un interruptor de pared, para interrumpir la programación y en la sección 16 se ha usado un comando telefónico. El personal de limpieza esta trabajando en los grupos 13 y 22, cuando el personal termine sus labores en los grupos 13 y 22 el controlador apagará la iluminación y encenderá los grupos que serán limpiados.

Los grupos de estacionamiento se encienden por medio de fotoceldas, estos serán apagados a las 9:00 P.M. excepto el grupo 31 será apagado a la media noche, previniendo que alguien se quede a trabajar tarde, si es necesario, un empleado puede usar el comando telefónico para dejar más tiempo encendida la iluminación del estacionamiento.

MEDIOS DE CONSUMO DE ENERGIA POR CARGA

Diagnósticar antes de recetar. Así como el médico se le visita para saber su opinión acerca de nuestros padecimientos, antes que nos recete precipitadamente para curarnos, al especialista en iluminación debe consultarsele para que dictamine cual es la situación del inmueble, cual es la situación lumínica, cuales son las condiciones de sus circuitos, que cambios podrán hacerse sin estar por ellos obligado a hacer una fuerte inversion.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Como es sabido por todos, un estudio de prefactibilidad determina desde el punto de vista técnico y económico que posibilidades tiene un proyecto de ser reañizado, en el caso de los controles de iluminación horario en función al uso y arranque y paro programado de equipos el ahorro de energía eléctrica oscila entre el 40 y el 60%, por lo que el periodo de recuperación debe ser no mayor a los cuatro años y la vida útil de los equipos debe ser como mínimo de 10 años.

A continuación se anexán cinco tablas básicas con los elementos necesarios para realizar una evaluación del sistema de iluminación y cargas eléctricas factibles de controlar realizando la comparación en su forma actual Vs. sistema propuesto (con control horario, fotoceldas, sensores de presencia, etc.) y determinando los ahorros energéticos y comparandolos contra la inversión.

TECNOCONTROL Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

NIVELES DE ILUMINACION

AREA	SUPERFICIE	CONSTRUCCION		ACTIVIDAD	N° LAMPARAS	TIPO	DIFUSOR	TIPO DE LUZ		LUMENS ESTIMADOS	LUMENS MEDIDOS
		PARED	TECHO					DIRECTA	INDIRECTA		

TECNOCONTROL Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

HORARIO DE TRABAJO DE CIRCUITOS Y EQUIPOS.

HORAS PICO:__________HRS. A __________HRS. Y DE __________HRS. A __________HRS

DEMANDA MAXIMA ______________ WATTS.

SERVICIO	EQUIPO	POTENCIA	F P.	HORARIO DE TRABAJO					WATTS DE CONSUMO	COSTO DE LA ENERGIA
				ARRANQUE	PARO	ARRANQUE	PARO	CONTINUO		

TECNOCONTROL Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS DE CONSUMO DE ENERGIA.

SERVICIO	EQUIPO	MARCA	POTENCIA	WATTS CONSUMO	F.P.	VOLTAJE	AMPERES	HORAS DIA DE USO	HORAS ANUALES DE USO	CONSUMO DE ENERGIA KW.	METODO DE CONTROL	MES

TECNOCONTROL Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

CONSUMO ANUAL DE ENERGIA EN KILOWATTS.

AÑO_____	CUOTA FIJA	CUOTA VARIABLE	IMPORTE
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			
ABRIL			
MAYO			
JUNIO			
JULIO			
AGOSTO			
SEPTIEMBRE			
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			
TOTAL ANUAL			

ANALIAIS ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO CON RESPECTO AL SISTEMA ACTUAL

SISTEMA	CONSUMO DE ENERGIA	DEMANDA DE ENERGIA	PAGO DE ENERGIA
ACTUAL			
PROPUESTO			
AHORRO			

TIEMPO DE RECUPERACION:_____

COSTO DE LA INVERSION:_____

AHORRO A UN AÑO: _____

VIDA UTIL DEL EQUIPO:_____

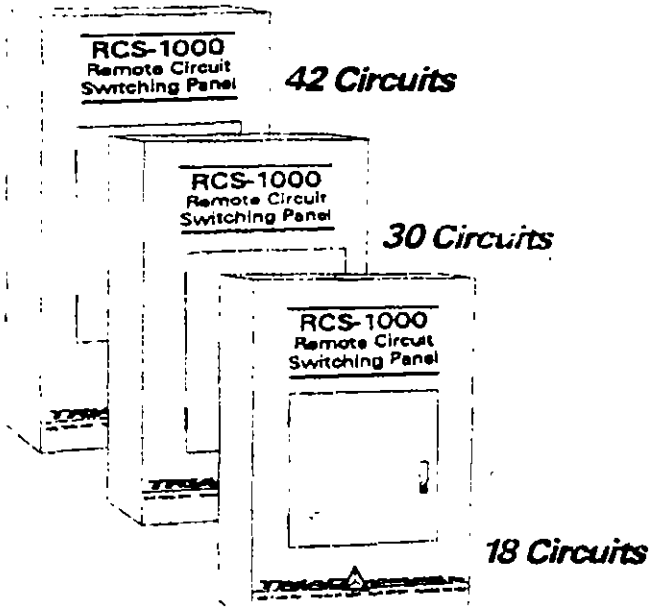
AHORRO A UN AÑO:_____

Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Lighting Control Products

Remote Circuit Switching System

C



Triad RCS-1000
Features & Benefits

- *UL Listed, FCC Approved*
- *Panel Sizes up to 42 Circuits*
- *Designed for Retrofit Applications*
- *Ideal for New Construction*
- *Up to 120 Switch Inputs Per Panel*
- *RS-485 Network Option*
- *Programmable Flash Warning*
- *Programmable On-Time After Warning*
- *Manual Override Standard*
- *Control up to 60 Circuits*
- *Modular Design for Easy Expansion*
- *Status Controls on Each Circuit Breaker*

Overview

Triad's RCS-1000 Remote Circuit Switching System is UL listed and provides over current protection and the capability to switch up to 277VAC, 20 amp loads all in a single circuit breaker panel. In the past, remote control of circuits required installing a separate circuit breaker panel for the over current protection and a separate relay panel for remote switching of circuits from a building automation, control system or time clock.

The RCS-1000 keeps retrofit and new construction costs to a minimum is by combining remote switching and over current protection in one panelboard unit.

Each RCS-1000 remote control circuit breaker provides auxiliary status contacts for position monitoring. The circuit breaker status is checked by the RCS-1000 Controller to assure proper output position (on/off). The circuit breaker is housed in a compact molded case that is ideal for retrofit of existing panelboards.

The RCS-1000 retrofit version installs in existing circuit breaker panels eliminating the need to install a separate relay panel. The total installed cost is minimized by eliminating additional high voltage wiring. The electrical contractor simply disconnects the main feeders and branch circuits in the existing panelboard, removes the existing interior, installs the RCS-1000 interior, reconnects the existing branch circuits, main feeder and connects the RCS-1000 controller. Installing a relay panel requires splicing all the circuit breaker panel branch circuits in a wire trough (National Electric Code does not allow splicing of wires within a circuit breaker panel). Then the spliced circuits connect to the relay panel, requiring a considerable amount of wiring and labor. The RCS-1000 eliminates the need for a separate relay panel. The RCS-1000 remote control circuits can be mixed with Westinghouse "GHB" style non remote control circuit breakers in the same interior.

The new construction version of the RCS-1000 is a complete unit that replaces a typical circuit breaker panel eliminating the need to install a separate relay panel for remote control of circuits.

Triad's RCS-1000 "open" protocol provides the capability to communicate with multiple RCS-1000's over a twisted pair of wires. The RCS-1000 protocol is available to any building automation or control system manufacture that desires to network the RCS-1000 with their system. This protocol is utilized with **Triad's LP-2500 and LP-2800 Lighting Control Panels** too. This network capability reduces the cost of automating lighting control by networking into building automation or HVAC control systems.

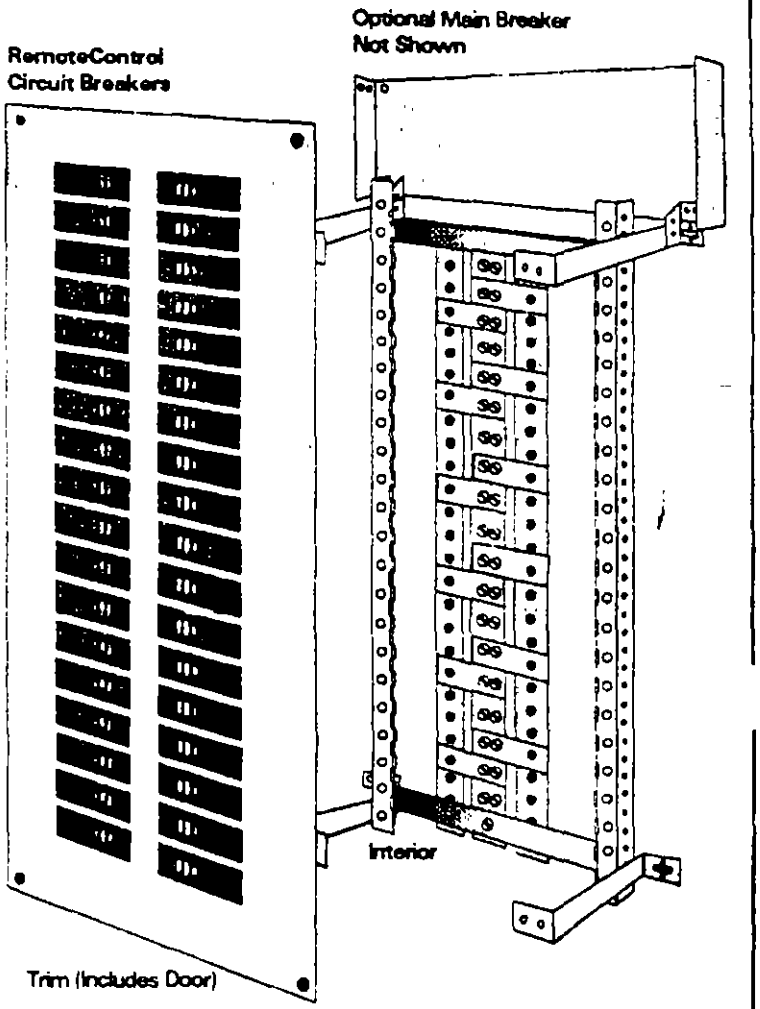
Remote lighting switches within a building can connect directly to the RCS-1000. These switch inputs can control any or all of the circuits within the RCS-1000. Each switch input can be programmed for either momentary on, momentary off, momentary on/off or maintained contacts. Each input can have a timer assigned to it so the circuit will automatically be turned off by the RCS-1000 after the time has expired.

RCS-1000 parameters are setup via **Triad's RCS-PK Programmers Kit**. This is a Windows based program that provides the capability to program, store to diskette, run diagnostics and read the parameters of a RCS-1000 from a laptop or PC.

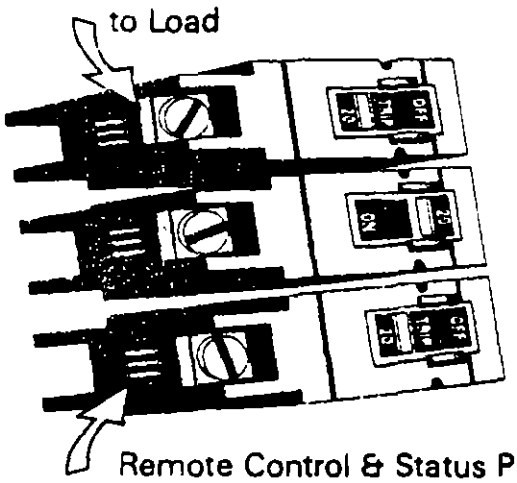
PITAGORAS 1263-4, COL. DEL VALLE, C.P. 03100, MEXICO, D.F. TELS. 688/7872 601/1719 FAX. 601/2072

Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

RCS-1000 Retrofit Version



Typical 3 RCS-1000 Circuit Breakers



(Connector and Wires Provided)

Design Features

MANUAL OVERRIDE This feature provides the capability to manually override any of the units circuits. This feature is ideal for the testing of the panel during installation or if the device controlling the panel fails

EPROM AND EEPROM DIAGNOSTIC This feature verifies integrity of the units EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) and EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

CONSTRUCTION MATERIALS The units enclosure is constructed of 16 gauge steel coated with polyurethane enamel with textured hinged door and cylinder lock. Standoffs are provided for the factory mounted microprocessor module and circuit interface board. The circuit interface board connects each remote control circuit breaker to the microprocessor via 600 volt insulated control cables. Each circuit breaker is rated for 227V, 20 Amperes. The interior bus bar is constructed of copper for increased performance and longevity. The interior can be ordered with or without a main breaker.

All assembly and testing of these components is completed at Triad prior to shipment. No assembly of the unit is required in the field other than typical installation of inputs, outputs and power.

PRODUCT CERTIFICATION AND TESTING The unit is Listed by Underwriters Laboratories, Inc. (UL) and approved by FCC. In addition Triad performs burn in testing of the unit. This test includes minimum of a 24 hour period where all of the circuits in the panelboard are cycled continuously. After the burn in period the unit is rechecked and any faulty components replaced. This minimizes component failures in the field and assures a higher quality product.

SERIAL COMMUNICATION An advanced option of the unit is it's capability to be addressed via an optional two or five wire RS-485 serial communication network. This eliminates the need for dedicated outputs from a building automation or control system to drive each zone. Triad's RCS-1000 "open" protocol is available to the p[illegible] Triad can assist in protocol converter developme[illegible]

Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Design Features

MICROPROCESSOR-BASED DESIGN The heart of the RCS-1000 controller is a Microprocessor (CPU) module which provides hardware for up to 24 switch inputs (120 with optional modules- no modification is required), RS-485 communications, connectors for interfacing to each remote control circuit breaker and firmware for the features listed below.

LED DISPLAY This feature provides visual indication of zone and contactor status through the use of bar chart style led on the units CPU.

USER INTERFACE The unit is programmed via a Windows based programmed that provides the capability to set all of the units features listed below, store these parameters to diskette, run diagnostic checks and read the RCS-1000 parameters.

CIRCUIT GROUPING This software feature provides the capability to group any or all of the units circuit breakers into zones or sectors. SWITCH

INPUT TIME-OUT This software feature provides the capability to have any of the circuits associated with a momentary switch turn OFF after a programmable amount of time has elapsed. This feature is designed for lighting control.

ZONE PRIORITY This software feature provides the capability to setup priorities for each of the zones because multiple inputs can be assigned to the same zone so an order of priority may need to be established.

FLASH MODE This software feature provides the capability to flash the lights (off then on) prior to turning the lights off.

ON-TIME AFTER FLASH WARNING This software feature provides the capability to set the length of time the lights will be on after the lights have been flashed.

FLASH WARNING TIME This software feature provides the capability to set the length of the flash off time during the Flash Warning.

MAXIMUM CIRCUITS IN SYSTEM This feature provides the capability to set the maximum number of breakers in the unit which can be activated.

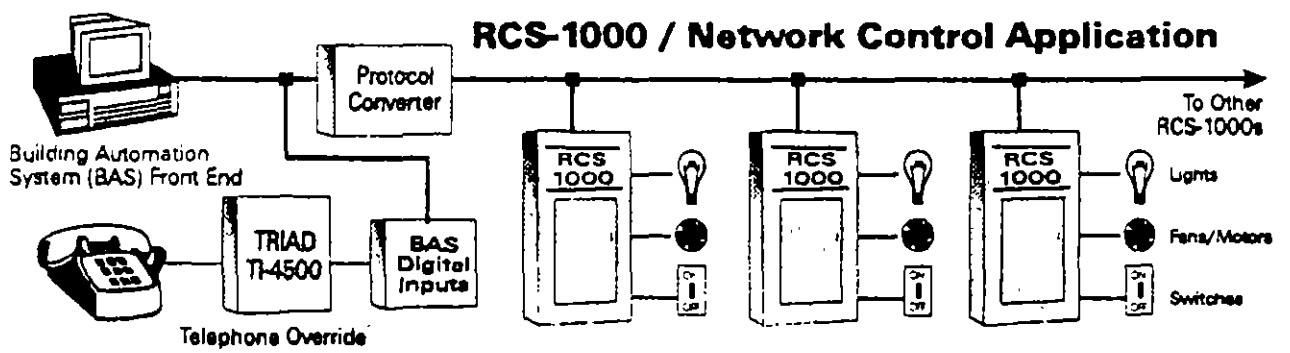
MAXIMUM INPUTS IN SYSTEM FEATURE This feature provides the capability to select the maximum number of switch inputs the unit will monitor.

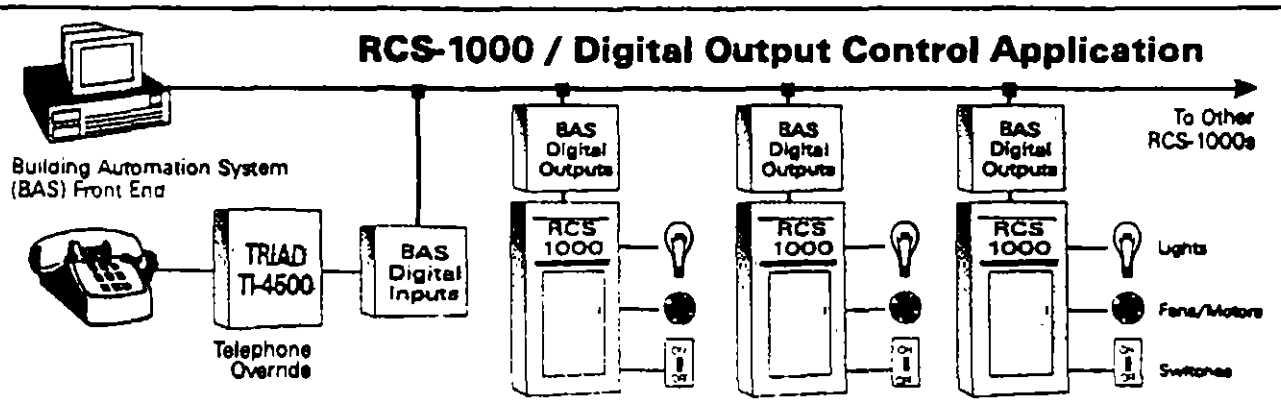
INPUT POLARITY This software feature provides the capability to set each switch input for either normally open or normally closed contacts.

PROGRAMMABLE INPUTS This software feature provides the flexibility to select the zones controlled by each input, input type (maintained, momentary on, momentary off, or momentary toggle contact), timer associated with input, flash warning and polarity of input.

EASY EXPANSION Circuits can be easily added up to the interior maximum circuit modification.

Typical Configurations





Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Specifications

Electrical

Power Supply	120 or 277Vac, 30Va, ± 10%, 60 Hz
Switch inputs	24 standard expandable to 120 per panel
Switch input types	Momentary on, off, on/off and maintained
Output rating	20 ampere, 277volt, single pole breaker
Output [illegible]	14,000 @277 volts, 65,000 @120 volts
Bus bar [illegible]	Copper, between circuit breaker connection
Controller [illegible] Capability	Up to 60 Circuits

Mechanical

Panelboard capacities	18, 30 or 42 single pole circuit breakers
Panelboard dimensions	See [illegible]
Circuit breaker dimensions	See [illegible]
Controller dimensions	See [illegible]
Shipping Weight (including controller) 65 lbs	18 circuit panelboard
85 lbs	30 circuit panelboard
105 lbs	42 circuit panelboard

Environmental

Operating Temperature	32° to 125°F
Operating Humidity	10% - 95% RH, Noncondensing

Communications

Programming	Laptop or PC running under Windows 3.0
Network capability	Optional RS-485 serial communication

Certifications

Underwriters Laboratories	UL916
Federal Communication Commission	FCC Part 15
Design and Construction	Per National Electric Code

Ordering Instructions

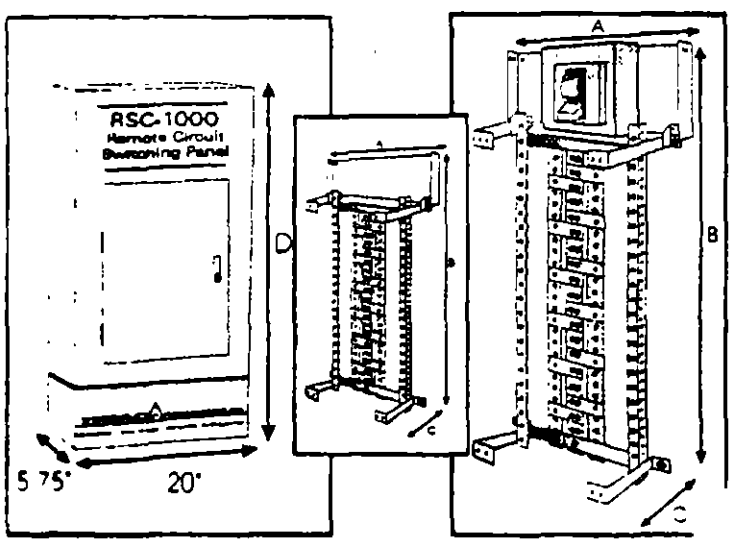
RCS-10□□ - □□ - □□□

of 20 Amp Circuits
- 00=Zero Circuits
- [illegible]=One Circuit
- 42=Forty-two Circuits

Panelboard Capacity
- 18=18 Circuits Maximum (100 Amp)
- 30=30 Circuits Maximum (100 Amp)
- 42=42 Circuits Maximum (225 Amp)

Optional Main Breaker
- 000=No Main Breaker
- 100=100 Amp Main Breaker
- 225=225 Amp Main Breaker

PART	DIMENSION (Inches)			
	A	B	C	D
18 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	13	5.7	34
30 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	19	5.7	40
42 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	25	5.7	46
18 Circuit Interior w/100 Amp Main	*9.8*	*22*	*5.7*	*46*
30 Circuit Interior w/100 Amp Main	*9.8*	*28*	*5.7*	*52*
42 Circuit Interior w/100 Amp Main	*9.8*	*34*	*5.7*	*58*
18 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	19	5.7	40
30 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	25	5.7	46
42 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	31	5.7	52
18 Circuit Interior w/225 Amp Main	*9.8*	*37*	*5.7*	*52*
30 Circuit Interior w/225 Amp Main	*9.8*	*43*	*5.7*	*58*
42 Circuit Interior w/225 Amp Main	*9.8*	*49*	*5.7*	*64*



* Includes 20"W x 10" H x 5.75" Controller Enclosure. Controller Enclosure can be [illegible] on side of panelboard or remote if wall space is limited.

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

EVALUACION ENERGITICA DE UN PROYECTO

Presentado por : ING. ALEX RAMIREZ R.

1996

METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO ENERGETICO A UNA INSTALACION PRESELECCIONADA

INTRODUCCION.

Una administración adecuada de la energía eléctrica para la iluminación de áreas interiores comprende 5 puntos principales:

1.-Realización de la auditoría al sistema de iluminación
2.-Identificación de las opciones para un uso optimo de la iluminación
3.-Realización de un programa para el uso optimo de la iluminación
4.-Implementación del plan de acción
5.-Monitoreo de los resultados obtenidos y actualización permanente de datos

1.1.- AUDITORIA AL SISTEMA DE ILUMINACION.

Con la auditoría se conoce el estado real de la instalación, requiriéndose el siguiente equipo:

- Luxómetro
- Multímetro
- Cámara fotográfica (preferentemente de revelado instantáneo)
- Grabadora de cinta
- Escalera de mano
- Tabla para notas (con papel milimétrico)
- Cinta métrica
- Formatos para el levantamiento
- Analizador y registrador de redes
- Laptop

1.2.- IDENTIFICACION DE OPCIONES PARA UN USO OPTIMO DE LA ILUMINACION.

Dentro de las diversas opciones tenemos las siguientes:

- Nuevos tipos de lámparas
- Balastros electromagnéticos de alta eficiencia y balastros electrónicos
- Reflectores especulares
- Reemplazo de luminarios
- Empleo de controles (manuales o automáticos)
- Mejor aprovechamiento de la luz natural
- Mayor mantenimiento

Es necesario establecer todas las opciones posibles para identificar a través de un análisis aquellas que proporcionen el mayor ahorro de energía sin disminución de la calidad de vida de las actividades. En algunos casos se deben realizar pruebas eléctricas y fotomètricas en campo y en laboratorio para garantizar los resultados.

1.3.- REALIZACION DE UN PROGRAMA PARA EL USO OPTIMO DE LA ILUMINACION.

Un plan bien desarrollado identifica las opciones que pueden ser implementadas, considerando en cada una de las recomendaciones la identificación y cuantificaciòn de los siguientes parámetros:

- Area afectada
- Naturaleza del sistema de iluminación a instalar
- Cantidad y calidad de la iluminación propuesta
- Consumo de energía actual, proyectado y ahorros estimados
- Costos de la energía y mantenimiento actuales, así como ahorros proyectados
- Naturaleza de las modificaciones propuestas
- Beneficios generales al implementar modificaciones (seguridad, mayor precisión en las tareas, confort, productividad, etc.).
- Costo de la implementacion
- Valor estimado de los beneficios generales derivados
- Densidad de carga actual y la proyectada
- Inversión requerida e indices financieros correspondientes

Es importante considerar la interacción que tiene el sistema de iluminación con el aire acondicionado, la decoración y el mobiliario del edificio.

1.4.-IMPLEMENTACION DEL PLAN DE ACCION

Los planes para la administración eficiente de la energía eléctrica se diseñan generalmente para aplicarse en etapas. De las opciones para iniciar la implementación de las acciones, generalmente se seleccionan primero las de mayor relación beneficio-costo (generalmente las de inversiòn nula ò muy baja); en segundo término se seleccionan aquellas que tengan la mayor tasa de retorno del capital sobre la inversión y en tercer lugar las que requieran de una fuerte inversión inicial.

Es conveniente informar a todos los empleados acerca de los cambios realizados en la iluminación, ya que así aceptarán con gusto las modificaciones al tener una mejoría en su medio ambiente, lo cual impacta positivamente en su trabajo.

Al terminar la implementación de cada etapa es necesario efectuar mediciones, con el fin de verificar que se obtienen los resultados proyectados y los ahorros esperados.

1.5.-MONITOREO DE LOS RESULTADOS Y ACTUALIZACION DE DATOS .

Para el monitoreo del consumo de energía es necesario hacer mediciones y cálculos periódicamente.

La calidad puede determinarse por observación y evaluación de los comentarios de aquellos que trabajan en el área estudiada. Los cambios en la productividad, el margen de error y otros factores pueden indicar los efectos causados por la implementación de las medidas. El programa para la administración eficiente de la iluminación deberá estar al día y revisarse cada 6 meses como mínimo, haciendo los cambios o ajustes requeridos.

La industria de la iluminación realiza progresos muy rápidamente. Por esta razón, las personas a cargo del programa deberán hacer un esfuerzo para mantenerse actualizados en los últimos adelantos en la tecnología de iluminación.

2.- USO DE FORMATOS EN LAS AUDITORIAS ENERGETICAS A SISTEMAS DE ILUMINACION.

La iluminación consume el 30% del gran total de energía eléctrica generada en nuestro país. De acuerdo con las metas propuestas en el Programa Nacional de Ahorro de Energía, en

iluminación es posible alcanzar una disminución de 12.8 TWH anuales al mejorar en un 45% la eficiencia de los equipos instalados. Una vez tomadas las medidas de ahorro en motores y equipos misceláneos la iluminación representaría sólo el 21% del total nacional, debido a que el potencial de ahorro es mayor que en cualquier otro uso final.

Sin embargo debido a lo anterior, en México muy a menudo se ha caído en abusos al tratar de alcanzar los máximos ahorros de energía sin considerar los efectos negativos en la calidad de las actividades de los usuarios.

Son cinco los parámetros a considerar cuando se garantiza la calidad de los proyectos y las medidas de ahorro: el Indice de Rendimiento de Color (CRI), el Nivel de Iluminancia, la Relación de Uniformidad, la Probabilidad de Confort Visual (PCV) y la Temperatura de Color Correlacionada (TCC).

El primero nos indica con un valor entre 0 y 100 la capacidad de una fuente luminosa para reproducir fielmente los colores, el segundo se refiere al nivel de iluminancia dado en luxes ó footcandles en el plano de trabajo, el tercero nos indica adimensionalmente la relación entre zonas de una misma área que presentan diferente iluminancia, mientras que el cuarto también nos indica con un valor entre 0 y 100 el grado de confort visual proporcionado con cada sistema; el quinto se da en Kelvin e indica la apariencia ó el aspecto (cálido, neutral ó frío) de una fuente luminosa.

Estos 5 parámetros de calidad están íntimamente ligados entre sí y sólo el cumplimiento de todos ellos en paralelo junto con los parámetros energéticos como energía, demanda, factor de potencia, densidad de carga, etc. y las variables económicas y de mercado como precio y disponibilidad entre otras cumplen con la filosofía de ahorro de energía de los países avanzados. Desde este moderno punto de vista, sólo se considera ahorro de energía aquella reducción en el consumo de energía que no sacrifique la calidad de vida del usuario.

Es tan importante la consideración de estos parámetros que especialistas en EE.UU. están proponiendo nuevos métodos para evaluar económicamente no sólo los costos, sino el resto de los beneficios al realizar un buen retrofit o un nuevo proyecto con criterios avanzados. La base de estos métodos es calcular un valor agregado (económico) a los beneficios por la calidad de la iluminación como CRI, PCV, etc., comparándolos con los que se obtendrían en un proyecto convencional.

El uso de formatos adecuados es muy útil en todos los estudios de ahorro de energía en iluminación para hacer los cálculos económicos y energéticos, pero lo es más todavía cuando se pretende considerar los parámetros de calidad.

2.1.- METODOLOGIA DE DIAGNOSTICO.

La metodología seguida en un estudio de ahorro de energía aplicado a un sistema de iluminación depende, entre otras cosas, del alcance previsto y de la experiencia de los especialistas responsables.

No existe por lo tanto una metodología obligatoria. Como referencia, se listan las actividades principales:

* Recopilación de Antecedentes
* Análisis de Información y Cronograma de Actividades
* Levantamiento y Mediciones en Campo
* Procesamiento y Análisis de la Información
* Determinación de la Situación Existente
* Establecimiento de Alternativas
* Análisis Técnico-Económico de Alternativas
* Pruebas Eléctricas y Fotométricas
* Determinación de la Mejor Opción
* Elaboración de Especificaciones y Volumen de Obra
* Ruta Crítica
* Conclusiones y Recomendaciones

2.2.- INFORMACION CONTENIDA EN LOS FORMATOS.

INFORMACION PRELIMINAR.

Información General.- Se concentra información de tipo general sobre el usuario (dirección, nombre y puestos del coordinador y sus subalternos, teléfonos y horarios), la descripción general del estudio (características del caso base, fecha de inicio y término esperado), así como datos de los auditores responsables, su personal operativo y su equipo de trabajo, etc.

Información Complementaria.- Ubicación geográfica (fecha de inicio de verano e invierno), giro ó actividad principal, fecha original de construcción, área total, fecha de ejecución y descripción de trabajos por ampliaciones, planos arquitectónicos, diagramas unifilares y rangos de temperaturas exteriores por estación; información energética histórica desde la compañía suministradora de energía eléctrica, hasta el recibo ó la factura eléctrica (región, tarifa, demanda

contratada, factor de carga, cargos por energía, demanda, factor de potencia, cargos por alumbrado público, mantenimiento y ajuste por combustibles, etc.).

2.3.- DETERMINACION DE LA SITUACION ACTUAL.

Clasificación por Area Tipo.- Se analiza la información recabada en campo con objeto de establecer las características de cada área y hacer la clasificación correspondiente, incluyendo la geometría (rectangular, elíptica, circular, irregular, etc.). Los criterios de iluminación y por lo tanto de energía son particulares para cada área tipo, ya que generalmente varía la actividad desarrollada, la suciedad y/o peligrosidad del ambiente, etc.. También debe considerarse la velocidad, exactitud e importancia de la tarea, además de la edad de los usuarios. Al hacer la medición de iluminancia debe seguirse al pie de la letra la metodología recomendada por IESNA y medir en plano horizontal y vertical con objeto de comprobar que se cumple con la relación recomendada de iluminancias.

Localización de Areas. Localización exacta dentro de la instalación, registrando la temperatura ambiente, la humedad relativa y el centro de carga correspondiente. Permite predecir la aportación de luz natural en cada estación, el intercambio de aportaciones entre diferentes áreas, el sistema de tierras, la tensión nominal y la regulación, el equipo eléctrico misceláneo, etc.

Dimensiones. Se registra el ancho, largo y alto del área más las cavidades y reflectancias. Se consideran también las particiones, cantidad y lay out de estaciones de trabajo, mobiliario y luminarios así como el tamaño y ubicación de las ventanas. Esta información se usa posteriormente para el cálculo de iluminancia con luz tanto natural como artificial.

Hábitos de Consumo y Equipo Misceláneo. Se consignan todos los equipos varios por usuario y las costumbres de uso tomando el tiempo y los ciclos de encendido-apagado, así como su opinión sobre la iluminación y sus propuestas para ahorrar. A través de los hábitos y horarios se calcula el factor de ocupación y el factor de utilización de luz artificial. Con la información anterior y las mediciones en la subestación y los tableros seleccionados se caracterizan todos los días de la semana para extrapolar posteriormente a base año.

Equipo de Iluminación Instalado. Se obtiene a partir del levantamiento en campo y de la información de los fabricantes, complementándose con los cálculos necesarios en gabinete. Como complemento debe investigarse si el mantenimiento es grupal ó individual y los períodos de limpieza. Los principales datos son los siguientes:

- **Lámpara**.- Se registra la marca y la designación, tipo de encendido, dimensiones, potencia, color, CRI, mantenimiento de lúmenes, precio en el mercado, número de

lámparas por luminario, temperatura en el bulbo, número y ubicación de lámparas falladas, etc.

- **Balastro.-** Se obtiene y/ó calcula la marca, catálogo y número de balastros por luminario, circuito, clasificación por sonido, factor de potencia, protección térmica, temperatura de operación, factor de balastro, BEF, potencia de línea, condiciones de instalación, equipos desconectados, quemados u ociosos, compatibilidad con las lámparas, etc.

- **Luminario.-** Se considera la marca y número de catálogo ó bien el tipo de luminario (empotrado, sobrepuesto, suspendido ó en riel, abierto ó cerrado, con difusor ó louver, con reflector pintado ó especular, etc.), su instalación, estado físico, número de unidades instaladas, watts reales por luminario, FEF, carga total por área tipo y densidad de carga resultante. También se debe registrar el número de unidades fuera de servicio.

- **Control.** Se registra marca y número, si es automático ó manual, de potencia plena ó controlada, ubicación, número de luminarios controlados y carga por control, horas de uso y ciclos de encendido apagado, área involucrada, etc..

Interacción con Equipo Adicional. Para hacer el cálculo de los ahorros reales deben considerarse los beneficios adicionales que se obtienen al realizar un estudio de ahorro de energía. Calcular el beneficio económico por cada uno es una cuestión compleja pero factible. Por ejemplo, si se trata de un estudio integral, se conocen los datos del equipo de aire acondicionado, como consumo de energía, horas de operación y COP. Reducir el consumo por concepto de iluminación beneficia a los equipos de aire acondicionado, porque libera parte de la carga térmica y por lo tanto el consumo de energía. A través del COP se puede calcular directamente la reducción en demanda.

En la subestación los transformadores bajarán su carga lo que reducirá sus pérdidas por efecto Joule, reduciendo la necesidad de mantenimiento al trabajar más frío lo que además incrementa su vida útil. Por lo anterior se requiere recopilar toda la información necesaria sobre la instalación eléctrica y los equipos instalados para hacer los cálculos de ahorro por los beneficios adicionales.

Evaluación Económica. Se determina la fuente ó tipo de financiamiento, inflación anual, aumento probable en costos de energía, costo actual de operación y mantenimiento e incremento anual esperado (mano de obra, material y energía), valor comercial del equipo instalado y su posible valor de rescate ó bien el costo de su disposición final, costo de equipo propuesto y de retrofit completo más el diagnóstico e implementación de medidas (suministro de equipo, supervisión, instalación y monitoreo). Con los ahorros en la facturación y los

beneficios adicionales se calculan el Tiempo Simple de Recuperación, Payback, Tasa Interna de Retorno, Inversión Equivalente en Payback, Relación Beneficio-Costo, y con toda la información se cierra el cuadro-resumen final.

2.4.- FORMATO BASICO PARA ILUMINACION.

A continuación se muestra un formato que maneja 16 conceptos básicos. Aunque es simple, cabe hacer notar que no sólo involucra conceptos energéticos y económicos, sino algunos de los parámetros de calidad mencionados.

CONCLUSIONES.

La información resumida en este trabajo más la requerida de acuerdo con las necesidades particulares de cada estudio debe ser ordenada y consignada en formatos adecuados. Es recomendable que cada especialista ó empresa consultora desarrolle los suyos, ya que el orden y la cantidad de datos obtenidos durante la captura depende en gran medida de la metodología seguida y del alcance prefijado para cada estudio. Un estudio de alto nivel puede requerir muchas semanas de trabajo en campo y gabinete y el uso de formatos hasta con 150 parámetros. El manejo de formatos bien elaborados permite evitar la recolección de información excesiva, que cueste tiempo y dinero a cambio de un beneficio mínimo o incluso nulo.

Por supuesto, el uso de software, desde las hojas electrónicas hasta los más especializados facilita el trabajo. En todos los casos se concluye que el primer requisito para realizar estudios formales de ahorro de energía a sistemas de iluminación es contar con buenos fundamentos sobre la teoría y práctica en luminotecnia, además de un amplio conocimiento del mercado, principalmente el nacional.

FORMATO BASICO PARA AUDITORIA AL SISTEMA DE ILUMINACION

AREA: **SUPERFICIE:** **UBICACION:**

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
TIPO DE LUMINARIO	WATTS POR LUMINARIO TIPO	NUMERO DE LUMINARIOS POR TIPO	WATTS TOTALES	DENSIDAD DE CARGA (W/m2)	HORAS DE USO AL AÑO	CONSUMO DE ENERGIA (KWH)	COSTO DE ENERGIA (N$)	COSTO DE REEMPLAZO POR LAMPARA

HOJA 1/2

FORMATO BASICO PARA AUDITORIA AL SISTEMA DE ILUMINACION

AREA: **SUPERFICIE:** **UBICACION:**

(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
COSTO DE REEMPLAZO POR BALASTRO	COSTOS ANUALES POR OPER. Y MANTO.	METODO DE CONTROL	TAREA VISUAL REALIZADA	ILUMINANCIA RECOMENDADA POR IESNA	ILUMINANCIA EN LA TAREA	APARIENCIA GENERAL Y/O OPINION DEL USUARIO

HOJA 2/2

GENERTEK

ANALISIS DE LAS CONDICIONES DEL SISTEMA DE ILUMINACION

I DATOS GENERALES:

Pag. ( ) de ( )

Area:	
Responsable:	
Solicitó:	
Atendió:	
Area en que se requiere:	
Dirección:	
Teléfono:	
Croquis de localización:	
Fecha:	
Observaciones:	

II EQUIPO DE ILUMINACION INSTALADO:				NOTAS:
Tipo de luminarios:				
Lámparas por luminario:				
Potencia de cada lámpara:				
Disposición de luminarios (ver croquis #):				
Carga total (kW):				

III CONDICIONES DEL LOCAL:				NOTAS:
Dimensiones:				
Alto				
Largo				
Ancho				
Altura de montaje:				
Altura del plano de trabajo:				
Color de:				
Paredes				
Piso				
Techo				
Condiciones de suciedad:				
Paredes				
Piso				
Techo				

IV CONDICIONES DE OPERACION:				NOTAS:
Fecha de instalación:				
Periodo de mantenimiento:				
Grado de suciedad en difusores:				
Horas de operación al día:				
Días de operación al año:				
Horas anuales de operación:				
Tipo de trabajo:				
Número de luminarios apagados:				
Anotar si existe alumbrado complementario:				

V INFORMACION ADICIONAL:				NOTAS:
Edad promedio de los ocupantes:	[ ] menor de 40 años	[ ] entre 40 y 55	[ ] mayor de 55	
Velocidad y precisión de la tarea visual:	[ ] no importante	[ ] importante	[ ] crítica	

V I LECTURAS OBTENIDAS:

Pag. ( ) de ( )

Hora de la prueba:

Condiciones ambientales:

Equipo utilizado:

MEDICIONES (lx)	lecturas									
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	total	promedio
p										P =
q										Q =
r										R =
t										T =

croquis #

MEDICIONES (lx)	lecturas									
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	total	promedio
p										P =
q										Q =
r										R =
t										T =

croquis #

MEDICIONES (lx)	lecturas									
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	total	promedio
p										P =
q										Q =
r										R =
t										T =

croquis #

MEDICIONES (lx)	lecturas									
Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	total	promedio
p										P =
q										Q =
r										R =
t										T =

croquis #

Observaciones:

MARQUE LA RESPUESTA CORRECTA

1.-Operación,control y mantenimiento del sistema	SI	NO	OTRO
a.-¿El nivel de iluminancia es más alto que el recomendado por la IESNA?			
b.-¿Puede utilizarse fácilmente la iluminación localizada?			
c.-¿Es posible remover luminarios o usar lámparas de menor potencia?			
d.-¿Se apaga la iluminación en horas de trabajo, en espacios no ocupados?			
e.-¿Existen luminarios no necesarios que puedan ser desconectados?			
f.-¿Existen lámparas ineficientes que puedan ser reemplazadas por otras más eficientes?			
g.-¿Se aprovecha la aportación de luz natural?			
h.-¿Pueden pintarse las paredes, techo y piso con colores más claros?			
i.-¿Es necesaria la instalación de más interruptores, para apagar la iluminación no utilizada?			
j.-¿Deberán instalarse otros controles para disminuir el consumo?			
k.-¿Pueden reducirse las horas de operación?			
l.-¿Están sucios los luminarios?			
m.-¿Es necesario reemplazar los controlentes de los luminarios?			
n.-¿Es necesario reducir la potencia del luminario?			
o.-¿Existen relevadores o fotosensores?			
p.-¿Funciona el sistema de control como es debido?			

2.-Comentarios sobre el sistema de iluminación exterior:

C O N C E P T O	SISTEMAS PROPUESTOS			Pag 1 de 2
PARAMETROS DE DISEÑO				
1.- Area por iluminar (m2)				
2.-Altura de montaje (m)				
3.-Nivel promedio mantenido (lx)				
4.-Tipo de área				
5.-Reflectancias				
a.-techo				
b.-paredes				
c.-piso				
6.-Método de cálculo				
TIPO DE LUMINARIO				
7.-Marca				
8.-Modelo				
9.-Lámparas por luminario				
10.-Costo				
TIPO DE LAMPARA				
11.-Sistema				
12.-Modelo				
13.-Lúmenes iniciales				
14.-Vida nominal (horas)				
15.-Vida económica (horas)				
16.-Lúmenes al fin de vida				
17.-Costo				
SISTEMA ELECTRICO				
18.-Número de luminarios				
19.-Watts por luminario				
20.-Carga total (kW) (incluye pérdidas por reactancia)				
21.-Horas de uso por año				
22.-kWh totales por año (20x21)				
23.-Costo por kWh				
24.-Voltaje de operación				
25.-Costo de alambrado, instalación y [illegible] por luminario				

C O N C E P T O	SISTEMAS PROPUESTOS			Pag 2 de 2
DATOS TECNICOS				
26.-Coeficiente de utilización				
27.-Factor de pérdida de luz				
28.-Espaciamiento a lo largo (m)				
29.-Espaciamiento a lo ancho (m)				
30.-Número total de luminarios				
31.-Número total de lámparas				
INVERSION INICIAL				
32.-Importe de los luminarios (10x30)				
33.-Importe de las lámparas (17x31)				
34.-Costo estimado de la instalación (18x25)				
35.-Inversión inicial total (32+33+34)				
MANTENIMIENTO				
36.-Mano de obra por limpieza de luminario				
37.-Mano de obra por reposición de lámpara				
COSTO DE OPERACION ANUAL				
38.-Watts por luminario (19)				
39.-Horas de uso por año (21)				
40.-Energía consumida por año (22)				
41.-Costo del kWh (23)				
42.-Costo total de la energía consumida (40x41)				
43.-Vida económica de la lámapara (14)				
44.-Promedio de lámparas reemplazadas por año (31x39/43)				
45.-Costo de lámparas repuestas (17x44)				
46.-Costo de operación anual (42+45)				
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL				
47.-Mano de obra por limpieza de luminario (36)				
48.-Costo de limpieza por año (18x47)				
49.-Mano de obra por reposición de lámparas (37)				
50.-Costo de mano de obra (44x49)				
51.-Costo de mantenimiento anual (48+50)				
52.-Costo de operación y mantenimiento anual (46+51)				
ANALISIS DE LOS SISTEMAS				
53.-Relación de inversión inicial por lux mantenido (35/3/1)				
54.-Relación de operación y mantenimiento anual por lux mantenido (52/3/1)				

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

LAMPARAS Y BALASTRAS

Presentado por : ING. ALFREDO BADILLO T.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México D.F. APDO. Postal M
Teléfonos 512-8955 512-5121 521-7335 [illegible] Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

FLUORESCENT LAMPS

The fluorescent lamp is a low-pressure gas discharge source, in which light is produced predominantly by fluorescent powders activated by ultraviolet energy generated by a mercury arc. The lamp, usually in the form of a long tubular bulb with an electrode sealed into each end, contains mercury vapor at low pressure with a small amount of inert gas for starting. The inner walls of the bulb are coated with fluorescent powders commonly called phosphors. When the proper voltage is applied an "arc" is produced by current flowing between the electrodes through the mercury vapor. This discharge generates some visible radiation, or light, but mostly invisible ultraviolet radiation. The ultraviolet in turn excites the phosphors to emit light.

The phosphors in general use have been selected and blended to respond most efficiently to ultraviolet energy at a wavelength of 253.7 nanometers the primary wavelength generated in a mercury low-pressure discharge.

Like most gas discharge lamps, fluorescent lamps must be operated in series with a current limiting. This auxiliary, commonly called **a ballast**, limits the current to the value for which each lamp is designed. It also provides the required starting and operating lamp voltages.

Lamp Construction

Bulbs. Fluorescent lamps are most commonly made with tubular bulbs varying in diameter from approximately 16 millimeters (5/8 inches T-5) to 54 millimeters (2 1/8 inches T-17) and in over-all length from a nominal 150 to 2440 millimeters (6 to 96 inches). The bulb is historically designated by a letter indicating the shape followed by a number indicating the maximum diameter in eighths of an inch. Hence "T-17" indicates a Tubular bulb 17/8 inches, or 2 1/8 inches (54 millimeters) in diameter. The nominal length of the lamp includes the thickness of the standard lampholders. It is the back-to-back dimension of the lampholders with a seated lamp.

All fluorescent lamps are basically tubular bulbs of small cross sectional diameter relative to length. Shapes other than straight tubes are available. These include a circle (circline), where the tube has been uniformly bent in a circle with the two ends adjacent to each other; a helicoid, in which the tube has a spiral groove running the length of the bulb; an intermittently grooved tube; a letter U, where the tube has been bent back upon itself; small diameter twin-tube lamps with a smaller tubular connection near the closed ends which is designed to control mercury pressure under reasonably heavy loaded conditions as are U-shaped lamps molded with squared corners (a special base includes the starter); and a U-shaped lamp bent on itself into another U-shape and enclosed in a plastic housing which includes a ballast and starter and a medium screw base.

Electrodes. Two electrodes are hermetically sealed into the bulb, one at each end. These electrodes are designed for operation as either "cold" or "hot" cathodes or electrodes, more correctly called glow or arc modes of discharge operation.

Electrodes for glow or **cold cathode** operation may consist of closed-end metal cylinders, generally coated on the inside with an emissive material. Cold cathode lamps operate at a current of the order of a few hundred milliamperes, with a high cathode fall, something in excess of 50 volts.

The arc mode or **hot cathode** electrode is generally constructed from a tungsten wire or a tungsten wire around which another very fine tungsten wire has been uniformly wound. The larger tungsten wire is coiled producing a triple coil electrode. When the fine wire is absent, the electrode is referred to as a coiled-coil electrode. This coiled-coil or triple-coiled tungsten wire is coated with a mixture of alkaline earth oxides to enhance electron emission. During lamp operation the coil and coating reach temperatures of about 1100°C where the coil/coating combination thermally emits large quantities of electrons at a low cathode fall of the order of 10 to 12 volts. The normal operating current of hot cathode lamps presently range upwards to 1.5 amperes. As consequence of the lower cathode fall associated with the "hot" cathode, more efficient lamp operation is obtained and, therefore, most fluorescent lamps are designed for "hot" cathode operation.

Gas Fill. The operation of the fluorescent lamp depends upon the development of a discharge between the two electrodes sealed at the extremities of the lamp bulb. This discharge is developed by ionization of mercury gas contained in the bulb. The mercury gas is maintained at a pressure of about 1.07 pascals (0.008 torr) which corresponds to a condensed or liquid mercury temperature of 40°C (104°F), the optimum temperature of operation for which most lamps are designed. In addition to the mercury, a rare gas or a combination of gases at low pressure, of the order of 100 to 400 pascals (1 to 3 torr), is added to the lamp to facilitate ignition of the discharge. Standard lamps employ argon gas; energy savings types, a mixture of krypton and argon while still others employ a combination of neon and argon or neon, xenon and argon. As a consequence of ionization and mercury atom excitation, ultraviolet radiation is generated, particulary at a wavelength of 253.7 nanometers.

Phosphors. The color produced by a fluorescent lamp depends upon the blend of fluorescent chemicals (phosphors) used to coat the wall of the tube. There are different "white" and colored fluorescent lamps available, each having its own characteristic spectral power distribution. The most used lamps are in the "Cool White", "Cool White Deluxe", "Warm White" and "Warm White Deluxe" families. All these types have a combination of continuous and line spectra.

There are other "white" lamps with good color rendering properties and with relatively high luminous efficacy available. They employ phosphors which radiate energy in several discrete wavelength bands, for example, blue-violet, green and red-orange. Such lamp designs are based on a concept that the human visual system responds most favorably to particular color regions.

Another type of lamp has a continuous spectral power distribution which includes a controlled quantity of ultraviolet radiation. These lamps are designed with the objective of duplicating the daylight spectrum including its content of "near" ultraviolet radiation.

Also, a variety of lamp types is available which generate radiation in particular wavelength regions for specific purposes, for example, for plant growth, merchandise enhancement and medical therapy.

When not lighted, most fluorescent powders appear as a matte white, translucent coating; however various colored lamps, such as red, green, gold, etc., are obtained by phosphor selection and/or filtration through pigments.

Bases. For satisfactory performance, each fluorescent lamp must be connected to a ballasted electrical circuit with proper voltage and current characteristics for its type. A number of different fluorescent lamp base designs are used. The bases physically support the lamp in most cases and provide a means of electrical connection.

The design of the base is dependent upon the lamp type. Lamps designed for instant start operation generally have a single connection at each end. As a consequence a single pin base is satisfactory.

Preheat and rapid start lamps have four electrical connections; two at each end of the tube and, therefore, require dual contact bases. In the case of the circline lamp, a single four-pin connector is required.

The 40-watt instant start lamp is manufactured with the medium bipin base however, there is an internal connection between the pins, in effect producing a single contact for each cathode. Because of this construction these lamps should not be operated in preheat or rapid start circuits as the auxiliary equipment will be damaged.

Energy Saving Retrofit Lamps

With the advent of rising energy costs and the desire to conserve energy, a line of fluorescent lamps was developed which will operate on standard fluorescent ballasts, but at reduced wattage, which may result in reduced light output. The wattage reduction is 10 to 20 per cent. This is accomplished by changing the composition of the rare gas in the lamp. Most energy saving lamps use a krypton-argon gas mixture to decrease the lamp operating voltage, thereby reducing the consumed wattage. This change in rare gas composition causes an increase in the voltage required to start the lamp. In the case of 40-watt and 30-watt types, a conductive coating of tin oxide is deposited on the bulb wall surface to achieve starting of those types on standard ballasts. Such lamps should not be operated at reduced current, on ballasts providing reduced lamp watts or at ambient temperatures below 16°C (60°F).

Additional energy savings (approximately 3 watts per lamp) is achieved by disconnecting the 3.5-volt electrode heating circuit of typical rapid start ballasts. This is accomplished inside the lamp with a bi-metal switch in series with each electrode. If lamps are turned off for several seconds there may be a delay of up to 60 seconds before relighting. Instant relight should occur after a momentary power interruption. Another form of energy saving fluorescent retrofit lamp is one which includes a reactive impedance built into

the end of the lamp. These lamps are used to replace one of the two lamps operating on a two-lamp series rapid start type circuit. They reduce the wattage and output of the total system by approximately 33 or 50 per cent depending upon the lamp type chosen.

Other energy saving systems are available; one of them involves replacing one of the two lamps in a series circuit with a non-light-producing device which is in effect an impedance replacing the lamp impedance. Using this device reduces the system wattage by approximately 65 percent and light output by approximately 70 per cent.

Caution must be exercised in using any lamp on a ballast other than those specifically listed on the ballast label since this may be in violation of the National Electric Code.

Lamp Starting

The starting of a fluorescent lamp occurs in two stages. First, a sufficient voltage must exist between one lamp electrode and a nearby grounded conductor such as the metal surface of the luminaire. This will initiate ionization of the gas in the lamp. Secondly a sufficient voltage must exist across the lamp to extend the ionization throughout the lamp and develop an arc.

As ambient temperature is reduced, starting of all fluorescent lamps becomes more difficult. For reliable starting at low temperatures higher available output voltages are required. For more efficient ballast/lamp operation ballasts are available for each of the following temperature ranges:

Above 10°C (50°F) for indoor applications.
Above -18°C (0°F) for outdoor temperature applications.
Above -29°C (-20°F) for outdoor temperature applications.

A number of different means of lamp starting have been developed since the advent of the fluorescent lamp. The first was preheat starting which required an automatic or manual starting switch. Then came instant starting which required higher voltage. The most recent and probably the most important development was rapid starting where the use of continuously heated electrodes resulted in lamp starting without high voltage or starting switches.

Preheat Lamp/Ballast Operation. Early fluorescent lamp systems were all of the preheat type. As the name implies, the lamp electrodes are heated before application of the high voltage across the lamp. Lamps designed for such operation have bipin bases to facilitate electrode heating.

The preheating requires a few seconds and this is usually accomplished by an automatic switch which places the lamp electrodes in series across the output of the ballast. Current flows through both electrode filaments causing a temperature rise in the filaments. Subsequently, the switch opens applying the voltage across the lamp. Due to the opening of the switch under load, a

transient voltage (an inductive kick) is developed in the circuit which aids in ignition of the lamp. If the lamp does not ignite, the switch will reclose and reheat the filaments. In some applications this preheating is accomplished by a manual switch.

The automatic switch is commonly called a **starter**. It may incorporate a small capacitor (0.006 microfarads) across the switch contacts to shunt high frequency oscillations which may cause radio interference.

Ballasts are available to operate some preheat lamps without the use of starters. These ballasts use the rapid start principle of lamp starting and operation and are popularly called **trigger start** ballasts.

Instant Start Lamp/Ballast Operation. Arc initiation in instant start lamps depends solely on the application of a high voltage across the lamp. This high voltage (400 to 1000 volts) ejects electrons from the electrodes by field emission. These electrons flow through the tube, ionizing the gas and initiating an arc discharge. Thereafter the arc current provides electrode heating. Because no preheating of electrodes is required, instant start lamps need only a single contact at each end of the lamp. Thus, the single pin lamp is used on most instant start lamps. These are commonly called "slimline" lamps. A few instant start lamps use bipin bases with the pins connected internally. In the case of lamps designed for instant starting at 400 to 1000 volts open circuit, it is necessary to provide some means of counteracting the effect of humidity on the capacitive lamp-ground current which initiates the necessary glow discharge. Most manufacturers coat the outside of the bulb of this type of lamp with a transparent, non-wetting material; others apply a narrow conducting strip along the bulb. A grounded conducting plate, such as a metal reflector near the lamp, commonly known as a "starting aid", is necessary to obtain the lowest lamp starting.

Rapid Start Lamp/Ballast Operation. The rapid start principle has been used in most recent fluorescent lamp developments. It can use low or high resistance electrodes which are heated continuously. Heating is accomplished through low voltage windings built into the ballast or through separate low voltage transformers designed for this purpose. This results in a starting voltage requirement similar to that of preheat lamps. Lamps usually start in 1 second, the time required to bring the filaments up to proper temperature.

A starting aid, consisting of a grounded conducting plate extending the length and adjacent to the lamp is a prerequisite to reliable starting. For lamps operating at 500 milliamperes or less the nominal distance between the lamp and a 25-millimeter (1-inch) wide conducting plate is 13 millimeters (1/2 inch); for lamps operating at currents greater than 500 milliamperes the nominal distance to the conducting strip is 25 millimeters (1 inch).

Rapid start lamps are coated with a transparent non-wetting material to counteract the adverse effect of humidity in lamp starting. All 800-milliampere and most 1500-milliampere lamp types operate on the rapid start principle. Forty-watt and circline lamps designed for rapid start service can also be used in comparable preheat circuits.

STANDARDS

Ballast must meet several standards in the United States as following:

CBM. Certified Ballast Manufacturers Association. This a manufacturers association who produce fluorescent ballasts to conform to ANSI specification C82.1, C82.2, C82.3 and C78.

ANSI. American National Standards Institute, originates standards on a National level. It is composed of over 120 trade associations, technical societies, professional groups and consumer organizations, creates standards and eliminates duplicates.

ETL. Electrical Testing Laboratories. It is a private, independent organization, is the most recognized authority in measurements and testing of lamps and ballasts. Certified Ballast Manufacturers Association retains Electrical Testing Laboratories, to test ballasts produced by members, to assure they meet ANSI and CBM specifications.

UL. Underwriters Laboratories is an independent, not for profit organization testing for public safety. Its function is: Through study, experiment and tests, to prevent the loss of life and property from the hazards of five, casualty and crime.

CSA. Canadian Standards Association. It is the testing authority for ballasts used in Canada.

Effect of Line Voltage

If line voltage is higher or lower than that for which the ballast was designed, this condition can affect **lamp life, ballast life** and **lamp light output.**

Usually there is no serious effect on the ballast when an installation is operated at a voltage lower than the rating on the ballast. However, shorter lamp life and lower light output will result. In addition, lamp starting may be unreliable.

Higher voltages than design rating will shorten ballast life while increasing light output. Usually there will be a reduction in lamp life also. In lamps where the filaments are to be preheated prior to starting, there may be an instant starting with resultant damage to the cathodes. Another result of higher than design voltage is temperature rise; this overheating definitely reduces ballast life.

In general, ballasts should be operated within $\pm$ 7½% of rated voltage.

Power Factor

Power factor is defined as the relative efficiency of the use of electric current. (It does not necessarily mean higher power). Thus Power Factor is the ratio magnitude of the voltage times current supplied from the line.

Specifically, High Power Factor Ballasts are those having a ratio of watts delivered to the lamp to the volt-amperes supplied of greater than 0.9.

Ballasts require a specific amount of power. This amount can be supplied at a lower line current level with High Power Factor equipment. Conversely, Normal Power Factor equipment requires higher line current and thus loads your circuits and the electric utility's circuits.

Advantages of High Power Factor Ballasts

1. Avoid possible penalty charges from electric utility.

2. Wiring costs are less because Normal Power Factor ballasts take about twice the line current of High Power Factor Ballasts and require heavier wire to carry the load.

3. With High Power Factor Ballasts, more fixtures can be installed on each branch circuit.

Ballast Sound

The slight hum present in fluorescent lighting installation originates from the inherent magnetic action in the core and coil assembly of the ballasts. There are three possible ways this sound may be amplified.

1. Method of mounting the ballast in the fixture. It is recommended that all ballast holes be used to mount the ballast securely to the fixture.

2. Loose parts in the fixture.

3. Ceilings, walls, floors and furniture.

The choice of fluorescent lamp ballasts should be made on the basis of selecting the one rated quietest for a specific location. Ballasts are sound rated by a letter code, and some have a more discernible hum due to basic construction features and electrical ratings.

Ambient noise level of the interior is an important consideration also. It is obvious that consideration of ballast sound is more important in a radio station than in a busy store. See chart for assistance in selecting the proper sound rated ballast.

Sound Ratings

For An Installation In:	Average Ambient Noise Level of Interior	Sound Level Rating*
TV or Radio Station, Library, Reception or Reading Room, Church, School Study Hall	**20 - 24** Decibels	**A**
Residence, Quiet Office, Night School Classroom	**25 - 30** Decibels	**B**
General Office Area, Commercial Building, Storeroom	**31 - 36** Decibels	**C**
Manufacturing Facility, Retail Store Noisy Office	**37 - 42** Decibels	**D**

These sound ratings are based on measurements of Average Ambient noise levels during conditions of normal occupancy. Audible ballast hum may appear amplified during exceptionally quiet periods and at times when area is unoccupied.

Ventilation

A fluorescent lamp ballast, like other electrical equipment, generates heat during normal operation. Underwriters' Laboratories stipulates the temperature limitation of this ballast using Class A insulation at normal operation should have a maximum ballast coil temperature of 105°C (221°F) and a maximum ballast case temperature of 90°C (194°F) at its hottest spot. Ballast life will be reduced if it is operated at temperatures above these limits.

Where more than one ballast is installed in an enclosure, the ballasts should be positioned far enough apart to provide for the combined normal heating effects. To assist in limiting the temperature rise of ballasts, the following procedures are recommended:

- Mount ballast with maximum number of sides in direct contact with metal channel of fixture. Radiators are an excellent means of dissipating heat.

- Provide fixture ventilation.

- Paint the unpainted fixture channels with a non-metallic finish to increase radiation.

- Place the ballast in a cooler location outside the fixture.

- Place fixture to attain maximum dissipation of heat by conduction, convection or radiation.

Ballast Construction. The components consist of a transformer type core and coil. Depending upon the circuit, a capacitor may be part of the ballast. These components are the heart of the ballast, providing sufficient voltage for lamp ignition and lamp current regulation through their reactance.

The core and core assembly is made of laminated transformer steel wound with copper or aluminum magnet wire. The assembly is impregnated with a non-electrical conducting material that provides electrical insulation while aiding in heat dissipation, and with leads attached, is placed into a case. The case is filled with a potting material (hot asphalt for example) containing a filler such as silica. This compound completely fills the case encapsulating the core and coil and capacitor. The base is then attached.

Average ballast life at a 50 per cent duty cycle and a proper ballast operating temperature is normally estimated at about twelve years. Shorter ballast life will result at higher ballast temperature or longer duty cycle.

In the United States and Canada, it is now mandatory that all fluorescent lamp ballasts used indoors be internally thermally protected. This was done to prevent misapplication of the ballast as well as to protect against undesirable failure and conditions which can occur at end of ballast life. In the United States the thermally protected Underwriters Laboratories approval ballast is known and marked or labeled as "Class P".

Because of the magnetic elements in a ballast, vibrations are set up in the luminaire based on the input power frequency. This may produce an audible hum which is undesirable. The sound level produced will depend upon the ballast and luminaire construction and mounting. The acoustical characteristics of the space and the number of luminaires will have significant effect on the degree of audibility. Ballast manufacturers publish "sound ratings" which indicate the relative sound producing potential of their different models. However, no industry standards have as yet evolved that make possible the comparison of different brands. Some luminaire manufacturers also publish sound ratings for their units.

Reduced Wattage Ballasts. Ballasts are available which operate standard lamps at 50 to 80 per cent of their rated wattage. Energy saving lamps should not be used in combination with these ballasts since the arc will tend to striate.

Energy Saving Ballasts. Energy saving ballasts have lower losses than standard ballasts. These may be CBM rated ballasts and may be used either with standard lamps or with reduced wattage lamps. For example the two-lamp 40-watt rapid start ballast losses have been reduced by 4 or 5 watts per lamp over standard ballasts. A typical two-lamp 40-watt unit with a low loss, energy saving ballast will consume approximately 86 watts compared with approximately 95 watts consumption for normal ballasts.

Energy Saving Systems. Specialized systems (lamp/ballast combinations) are available to achieve even greater energy savings. These include a 32-watt T-8 (4-foot) lamp with high efficiency ballast, and a 28-watt T-12 lamp also with a high efficiency ballast having internal solid state switches which turn

off the typical rapid start cathode heater voltage. The latter ballast will also operate a 34-watt reduced wattage lamp.

Ballast Power Factor. Characteristics of ballasts may result in low power factor. The measured watts of a low-power-factor ballast are approximately the same as the measured watts of the high-power-factor type when connected to the same load. The low-power-factor type draws more current from the power supply and therefore, larger supply conductors may be necessary. The use of high-power-factor ballasts permits greater loads to be carried by existing wiring systems. Some public utilities have established penalty clauses in their rate schedules for low-power-factor installations. In some localities utilities require the use of equipment providing a high power factor. "High power factor" is defined as being above 90 per cent.

Proposal for Uniform Fluorescent Lamp Ballast Efficiency Standards

Certified Ballast Manufacturers (CBM) is a voluntary trade association comprised of manufacturers of fluorescent lamp ballasts. CBM has been promoting the use of fluorescent lighting since its formation in 1949 as the Ballast Advisory Committee. In particular CBM has encouraged the use of high quality in the design, manufacture, performance and service of fluorescent lighting equipment and accessories.

With this background, CBM applauds the leadership of California, New York, Massachusetts, Connecticut and Florida in establishing minimum requirements of ballast efficiency for fluorescent lamp ballasts operating one or two 40 watt T12 Rapid Start lamps and two 75 watt 96 inch T12 Slimline lamps. Unfortunately, while these requirements are similar, there are differences. The new Massachusetts and Connecticut requirements are different enough to cause hardship within the lighting industry.

Other standards with slightly different wording have been proposed by the U.S. Department of Energy in their proposed rules for "Energy Conservation Voluntary Performance Standards for New Commercial and Multi-Family High Rise Residential Buildings" and by ASHRAE/ANSI/IES proposed Standard 90.1P.

It is our intent to discuss the history of ballast efficiency standards, their rationale and benefits which can be achieved, and to submit a proposed model for uniform legislation for ballast efficiency standards.

HISTORY:

A. In 1982 California adopted amendments to appliance efficiency standards to include fluorescent lamp ballasts under California Administrative Code Title 20, Chapter 2, Sub-Chapter 4, Article 4, Sections 1601 through 1608. The details of the standard and the rationale of the California Energy Commission is described in their report "Fluorescent Lamp Ballasts, Energy Efficiency Standards" adopted June 2, 1982. This standard covered ballasts sold and manufactured after June 1983.

B. In June 1985, New York adopted legislation "Energy-Conservation-Standards for Fluorescent Lamp Ballasts" Chapter 149, Section 16-120. This standard covered ballasts sold and manufactured after January 1986.

C. In October 1986, Massachusetts adopted legislation Chapter 489, Massachusetts General Law 25B, "Massachusetts Appliance Efficiency Standards Act." This act covers ballasts sold and manufactured after January 1988.

D. In 1987, Florida adopted legislation, creating Part VIII of Chapter 553, Florida Statutes covering ballasts sold after January 1989.

E. In 1987, Connecticut adopted legislation, Public Act No. 87-564, covering ballasts sold after July 1988.

HISTORY:

F. ASHRAE/ANSI/IES Standard 90.1P Proposed American National Standard "Energy Efficient Design of New Buildings Except Low Rise Residential Buildings" is presently in its third draft and includes requirements for minimum "Ballast Efficiency Factor" for fluorescent lamp ballasts.

G. The U.S. Department of Energy issued proposed rules in May 1987 for "Energy Conservation Voluntary Performance Standards for New Commercial and High-Rise Residential Buildings." It follows the ASHRAE Standard 90.1P requirements.

In response to demands of an energy conscious community which arose after the first oil embargo, the ballast industry in the mid-1970's developed a line of energy efficient magnetic ballasts. In 1982, the California Energy Commission (CEC) adopted energy efficiency regulations which require the largest categories of fluorescent ballasts to be energy efficient ballasts. These are for ballasts which operate one or two F40T12 Rapid Start lamps and two 75 watt 96 inch Slimline lamps at input voltage of 120 volts or 277 volts, 60 hertz and have a maximum lamp operating current greater than 350 milliamperes and less than 500 milliamperes. According to CEC, these categories represented 89% of high power factor ballasts sold in 1982. Excluded were ballasts deigned for use in ambient temperature of 0°F or less, those with power factors less that 0.60, and those designed for dimming.

The CEC excluded several categories of ballasts from the standard. A description of these categories and the reason for not incorporating them in the standard is extracted from the CEC report page A-9 referenced in "History 'A'" above.

BALLAST CATEGORY	REASON FOR NOT INCORPORATING IN STANDARD
2. New commercial lamp/ballast combination systems	Because of low unit volume and unavailability of technical data for new efficient ballast designs, additional energy savings cannot be estimated for this category. In addition, appropriate ANSI test standards are not available for these products.
3. Outdoor types that operate at 0°F	Market demand is declining for these ballasts, as outdoor lighting applications shift from fluorescent to more efficient light sources such as high pressure sodium and metallic halide lamps.
4. High Output and very high output (800 to 1500 ma)	Same as 3 above.

BALLAST CATEGORY	REASON FOR NOT INCORPORATING IN STANDARD
5. Low power factor and small lamps	Requiring high power factor energy efficient designs could result in unacceptable increases in ballast size. This may eliminate some lighting fixture designs and necessitate more costly redesigned fixtures. These increased ballast and fixture costs may substantially reverse the trend toward replacing incandescent lighting with fluorescent lighting in residences.
6. Ballasts for dimming, flashing, etc.	Because of low unit volumes, low hours of use, and inadequate cost data, a cost effective standard could not be proven. Technical feasibility of and efficient design for these products has not been proven.

There was no rationale stated for the lamp operating current limits imposed by CEC. There are a special class of energy saving ballasts on the market which save energy, but only as a consequence of reducing the amount of light produced. Such ballasts typically operate the lamps at a current lower than 350 MA and thereby do not come within the scope of the standard as it is presently written. These ballasts are less energy efficient ballasts, significantly lower in cost and can be expected to find their way into lighting fixtures of the commercial type unless they are specifically excluded. By removing the limitation on lamp operating current, ballasts of this type will come within the scope of the standard and will be required to meet the appropriate B.E.F. ratios. As long as they meet the standard regarding efficiency, there should be no objections to their use.

The exclusion of ballasts from the standard which have low power factor was intended to allow the use of 40 watt Rapid Start fixtures in the residential market where size and cost are a factor. In this case, fluorescent lighting is being used to replace much less efficient incandescent lighting.

New York, California and Florida exclude <u>all</u> low power factor (0.6 or less) ballasts from regulation. Massachusetts and Connecticut, however exclude only single lamp low power factor ballasts. Consequently, the most popular low power factor ballast, the two lamp designed for the residential market, cannot be lawfully sold in Massachusetts and Connecticut. These ballasts have a power factor greater than 0.6 but less than 0.75.

When California was developing their energy code for lighting in the early eighties, their principal focus was on the commercial sector. One of the classifications of ballasts which California chose not to incorporate in their standard was low power factor ballasts.

At that time, low power factor ballasts were designed for lamps forty watts and smaller, operated a single lamp and were commonly used in bathrooms and utility rooms. Their power factor was typically 0.50 to 0.55 and for the purpose of the California energy code they were categorized as "those with power factors less than 0.60".

Concurrently, there was a class of fluorescent fixtures called "shop lights" being sold through outlets such as K-Mart. These fixtures resembled a lightweight industrial fixture and used two forty watt rapid start lamps and a standard high power factor two lamp CBM ballast. The market was residential and they were typically installed by the purchaser in the garage or basement over a workbench.

During the last couple of years the pressure to reduce the cost of these "shop light" fixtures caused the ballast industry to develop lower cost ballasts for this application. The new lower cost ballasts had no capacitor for correction of power factor and would, therefore, be considered a "low power factor" ballast. Although this ballast has no means for power factor correction, its power factor does come out to be higher than 0.60. These "shop light" fixtures have become very popular as they provide much illumination for a very low first cost. They commonly sell for under ten dollars. If these fixtures are required to use ballasts which meet the ballast efficiency factors, they will become cost prohibitive.

This would be most unfortunate since, in its intended application, this fixture represents an excellent energy saving alternative. A "shop light" fixture typically consumes about 68 watts and produces about 4,100 lumens or more than 60 lumens per watt. If we replace this with incandescent lamps, which produce about 16 lumens per watt, more than 250 watts would be needed to provide equivalent illumination.

We believe that these "shop light" fixtures are a valuable energy saving alternative which should be preserved and recommend that the energy code should be amended to exclude from the regulations ballasts which have a power factor less than 0.75 instead of 0.60 as in the present code.

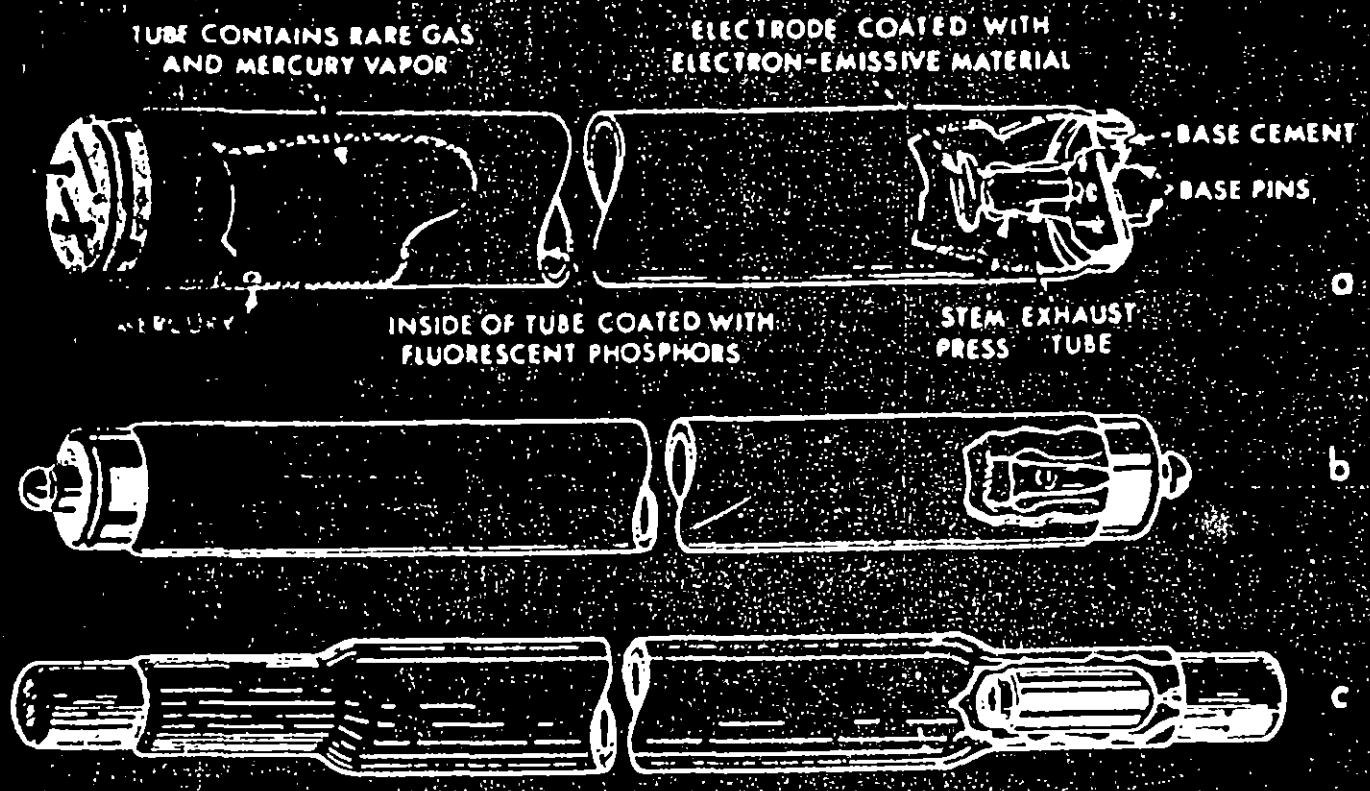
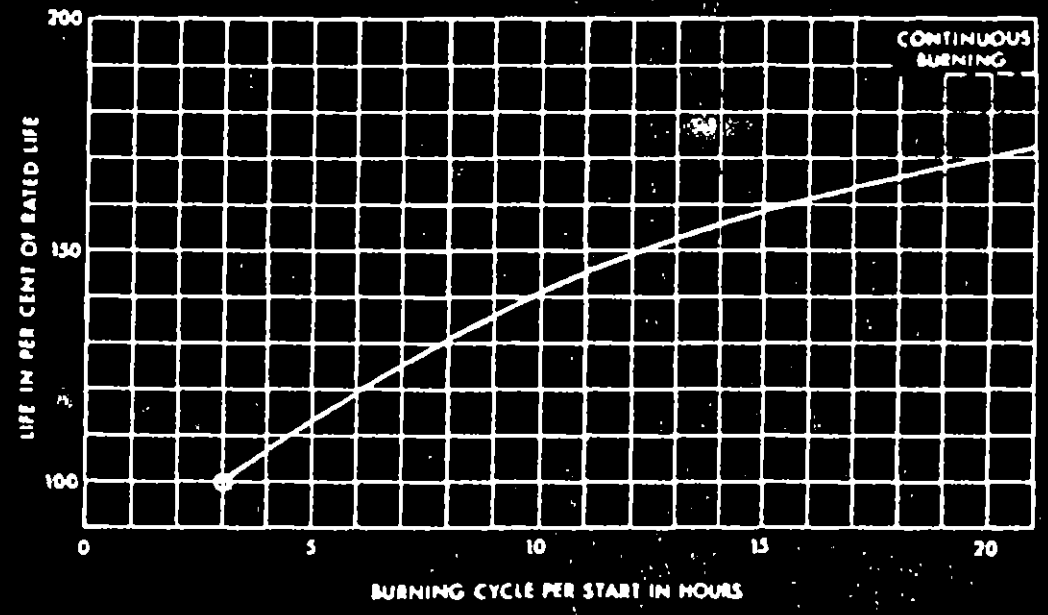


Fig. 8–20. Cutaway view of fluorescent lamps showing typical electrodes: (a) hot-cathode (filamentary) rapid-starting or preheat-starting; (b) hot-cathode (filamentary) instant-starting; (c) cold-cathode (cylindrical) instant-starting.

Fig. 8-30. Life of typical preheat or instant-start fluorescent lamp as a function of burning cycle. Variations from this curve can be expected with lamp loading.



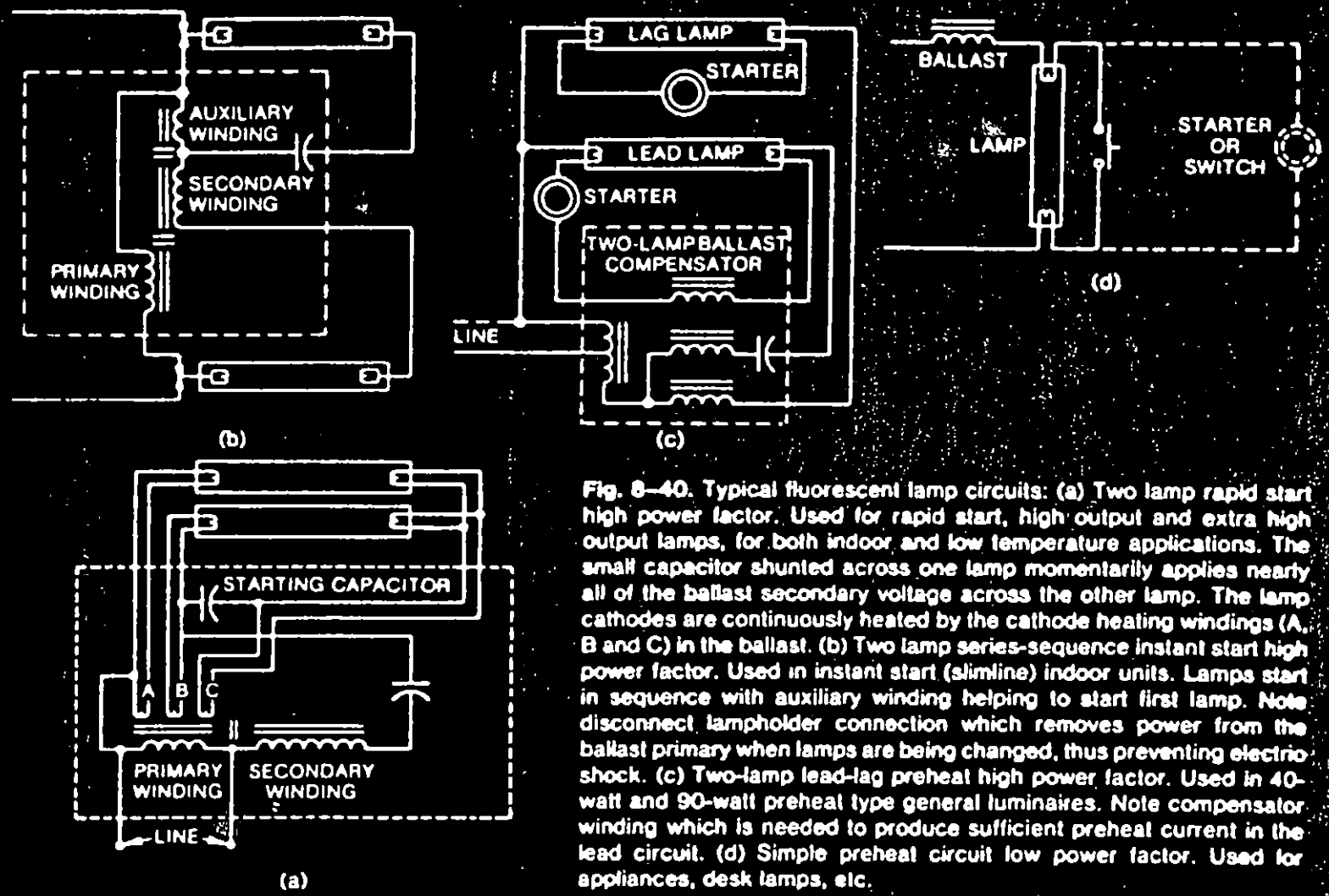


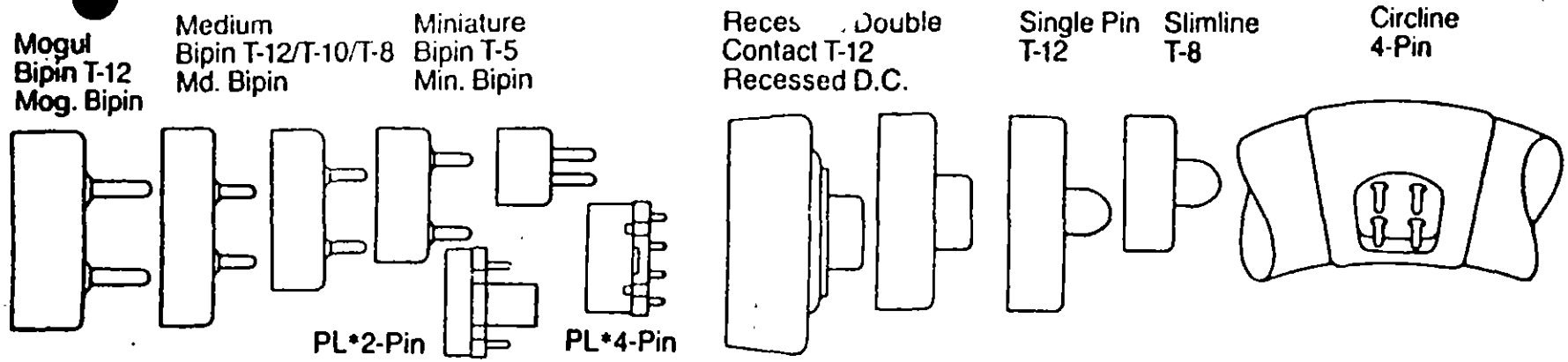
Fig. 8–40. Typical fluorescent lamp circuits: (a) Two lamp rapid start high power factor. Used for rapid start, high output and extra high output lamps, for both indoor and low temperature applications. The small capacitor shunted across one lamp momentarily applies nearly all of the ballast secondary voltage across the other lamp. The lamp cathodes are continuously heated by the cathode heating windings (A, B and C) in the ballast. (b) Two lamp series-sequence instant start high power factor. Used in instant start (slimline) indoor units. Lamps start in sequence with auxiliary winding helping to start first lamp. Note disconnect lampholder connection which removes power from the ballast primary when lamps are being changed, thus preventing electric shock. (c) Two-lamp lead-lag preheat high power factor. Used in 40-watt and 90-watt preheat type general luminaires. Note compensator winding which is needed to produce sufficient preheat current in the lead circuit. (d) Simple preheat circuit low power factor. Used for appliances, desk lamps, etc.

PRINCIPAL RANGES OF LAMPS FOR GENERAL LIGHTING PURPOSES

Supplement

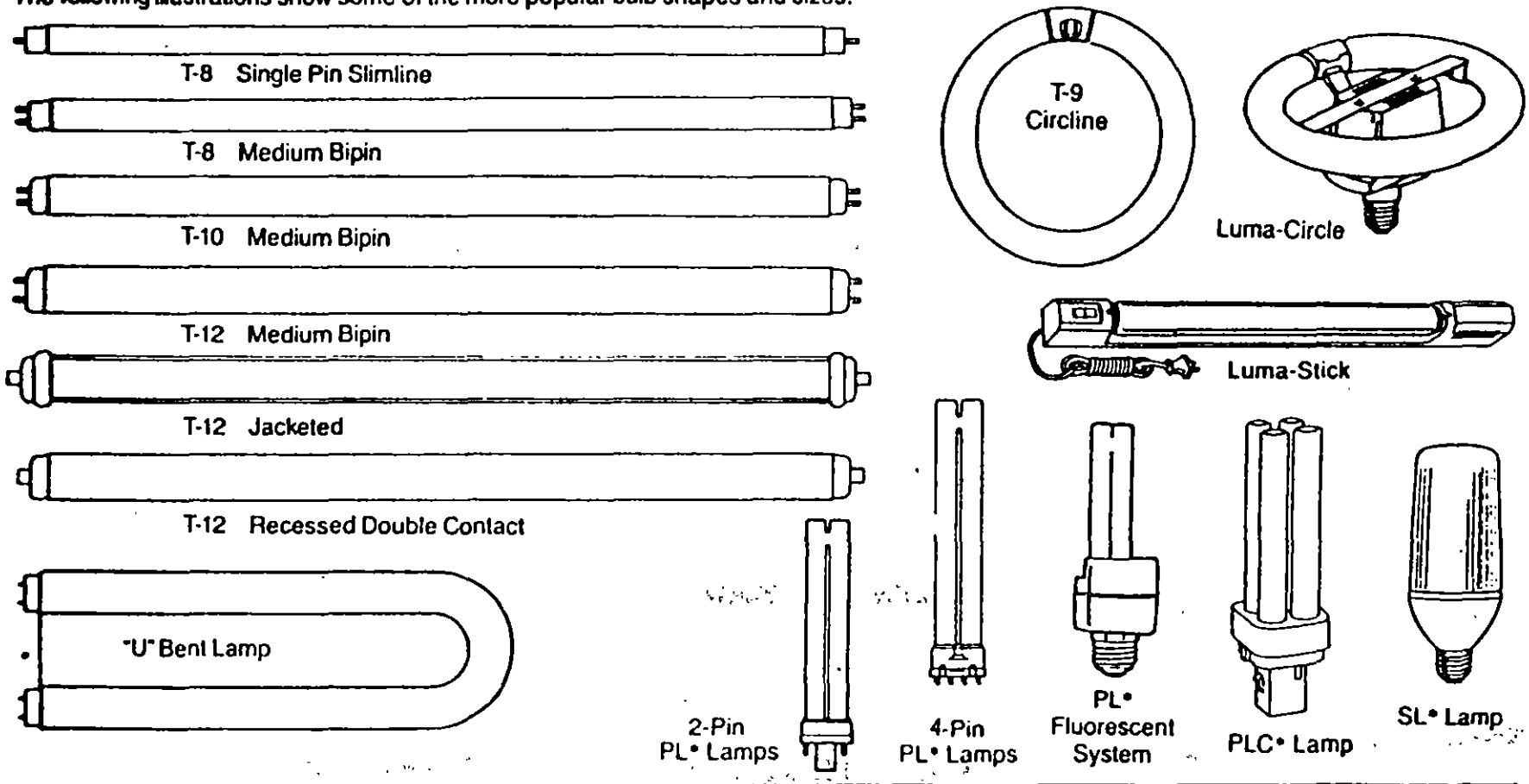
	Type	Maximum* lamp efficacy lm/W	Economic life hrs	Characteristic features	Typical application areas
	Normal incandescent lamps and reflector lamps	22	1 000	Easy to install, easy to use; many different versions, instant start; low cost price; reflector lamps allow concentrated light beams	General lighting in the home, [illegible] lighting, localised lighting [illegible] decorative lighting (reflector lamps)
	Halogen	27	2 000	Compact, high light output, white light, easy to install, long life compared with normal incandescent lamps	Accent lighting, floodlighting
	Tubular	104	5 000	Wide choice of light colours; high lighting levels possible; economical in use	All kinds of commercial and public buildings; streetlighting, home lighting
	SL*	50	5 000	Energy-effective; direct replacement for incandescent lamps	Most applications where incandescent lamps were used before
	PL*	80	5 000	Compact; long life; energy-effective	To create a pleasant atmosphere [illegible] areas, local lighting, [illegible] orientation lighting
	Blended-light/ self-ballasted	28	5 000	Long life; good colour rendering; easy to install, better efficacy than incandescent lamps	Direct replacement for incandescent lamps; small industrial and public light [illegible] plant irradiation
	High-pressure mercury	[illegible]	12 000	High efficacy; long life; reasonable colour quality	Residential area lighting, sports [illegible] factory lighting
	Metal halide	94	8 000	Very high efficacy combined with excellent colour rendering, long life	Floodlighting, especially for colour [illegible] industrial lighting, road lighting, plant irradiation
	High-pressure sodium	125	12 000	Very high efficacy; extremely long life; good colour rendering	Public lighting, floodlighting, industrial lighting, plant irradiation; replacement for mercury
	Low-pressure sodium	200	10 000	Extremely high efficacy; very long life; high visual acuity, poor colour rendering; monochromatic light	Many different application areas where energy/cost-effectiveness is important; colour is not critical

Base Types (not Actual Sizes)



Bulb Shapes (Not Actual Sizes)

The size and shape of a bulb is designated by a letter or letters followed by a number. The letter indicates the shape of the bulb while the number indicates the diameter of the bulb in eighths of an inch. For example, "T-12" indicates a tubular shaped bulb having a diameter of 12/8 or 1½ inches. The following illustrations show some of the more popular bulb shapes and sizes.

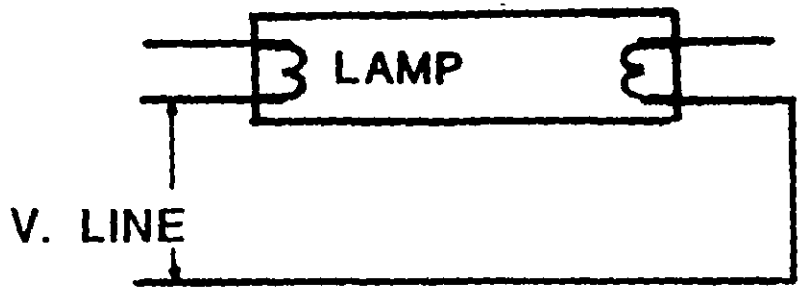


CLASIFICATION OF FLUORESCENT LAMPS

FLUORESCENT

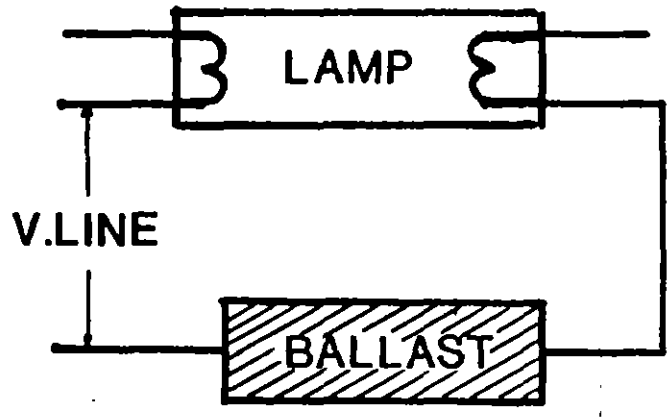
- LOW INTENSITY CURRENT — PREHEAT START
- MEDIUM INTENSITY CURRENT — RAPID START
- HIGH INTENSITY CURRENT — INSTANT START

WITH NO BALLAST



CURRENT INCRAESES WITH NO CONTROL

WITH BALLAST



BALLAST CONTROLS THE AMOUNT OF CURRENT

MAIN BALLAST FUNTIONS

-- CONNTROLS LAMP CURRENT IN STARTING OPERATION IN NORMAL OPERATION

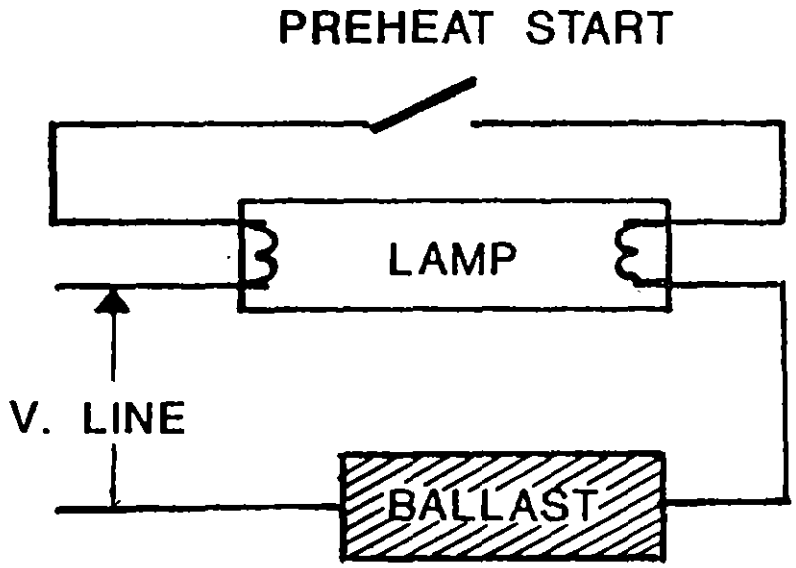
-- APPLIES APPROPIATE STARTING TENSION

-- DEPENDING ON ITS CIRCUIT COULD BE LOW OR HIGH POWER FACTOR

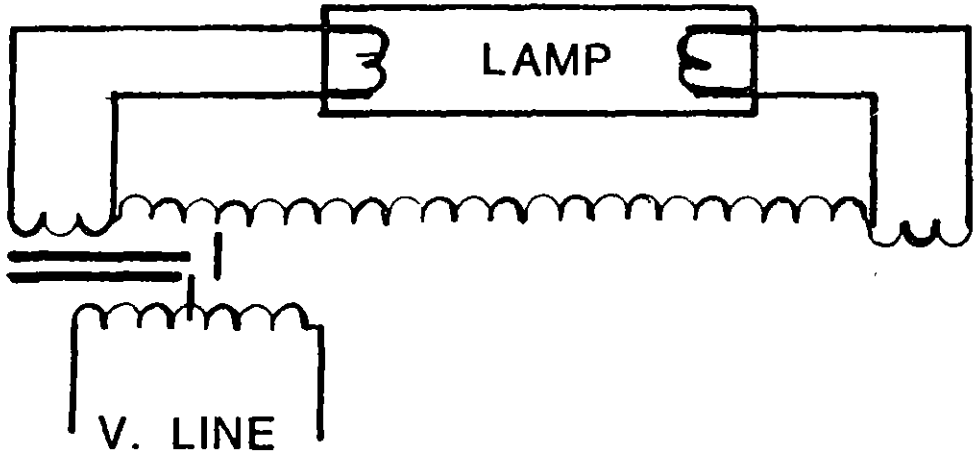
-- ACCORDING TO ITS CIRCUIT THEY ALSO PROVIDE A MINOR OR MAYOR REGULATION (CAPACITY TO REDUCE THE EFFECTS OF VARATION IN TENSION OF THE LINE)

-- THEY MUST OPERATE IN ACCORDANCE WITH UL , CBM , ETL , CSA, ETC.

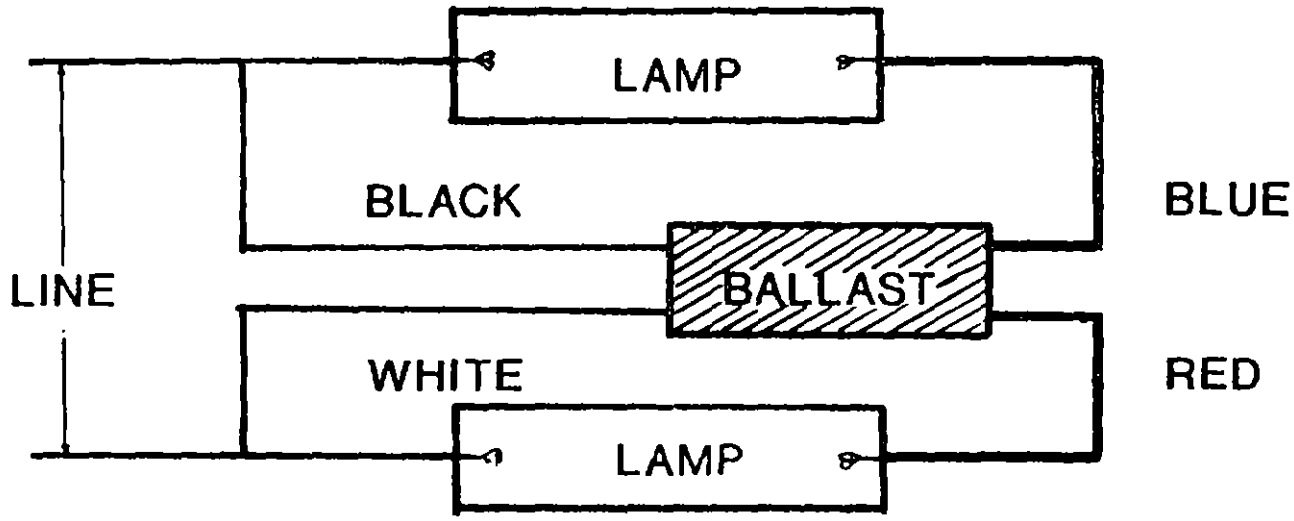
BALLAST FOR FLUORESCENT LAMP



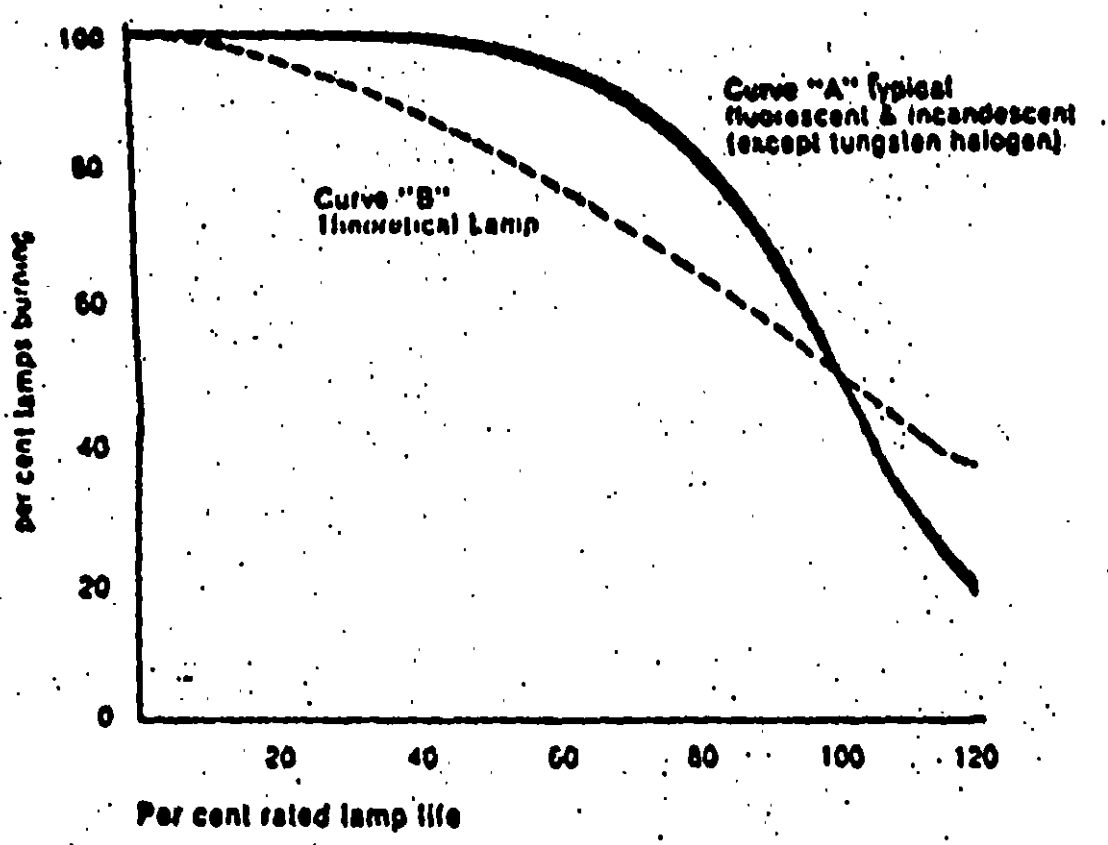
RAPID START



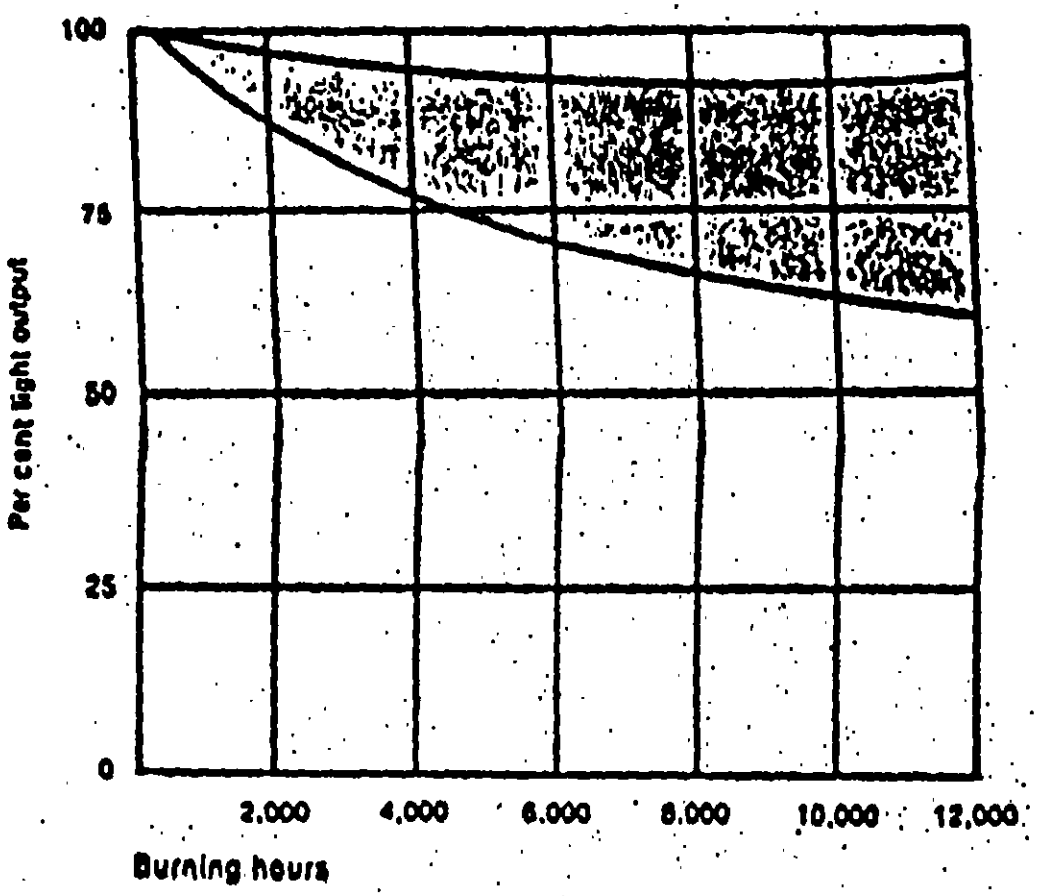
INSTANT LAMP



1 Lamp mortality



2 Typical fluorescent output depreciation



Proposal for Uniform Fluorescent Lamp Ballast Efficiency Standards

Certified Ballast Manufacturers (CBM) is a voluntary trade association comprised of manufacturers of fluorescent lamp ballasts. CBM has been promoting the use of fluorescent lighting since its formation in 1949 as the Ballast Advisory Committee. In particular CBM has encouraged the use of high quality in the design, manufacture, performance and service of fluorescent lighting equipment and accessories.

With this background, CBM applauds the leadership of California, New York, Massachusetts, Connecticut and Florida in establishing minimum requirements of ballast efficiency for fluorescent lamp ballasts operating one or two 40 watt T12 Rapid Start lamps and two 75 watt 96 inch T12 Slimline lamps. Unfortunately, while these requirements are similar, there are differences. The new Massachusetts and Connecticut requirements are different enough to cause hardship within the lighting industry.

Other standards with slightly different wording have been proposed by the U.S. Department of Energy in their proposed rules for "Energy Conservation Voluntary Performance Standards for New Commercial and Multi-Family High Rise Residential Buildings" and by ASHRAE/ANSI/IES proposed Standard 90.1P.

It is our intent to discuss the history of ballast efficiency standards, their rationale and benefits which can be achieved, and to submit a proposed model for uniform legislation for ballast efficiency standards.

HISTORY:

A. In 1982 California adopted amendments to appliance efficiency standards to include fluorescent lamp ballasts under California Administrative Code Title 20, Chapter 2, Sub-Chapter 4, Article 4, Sections 1601 through 1608. The details of the standard and the rationale of the California Energy Commission is described in their report "Fluorescent Lamp Ballasts, Energy Efficiency Standards" adopted June 2, 1982. This standard covered ballasts sold and manufactured after June 1983.

B. In June 1985, New York adopted legislation "Energy-Conservation-Standards for Fluorescent Lamp Ballasts" Chapter 149, Section 16-120. This standard covered ballasts sold and manufactured after January 1986.

C. In October 1986, Massachusetts adopted legislation Chapter 489, Massachusetts General Law 25B, "Massachusetts Appliance Efficiency Standards Act." This act covers ballasts sold and manufactured after January 1988.

D. In 1987, Florida adopted legislation, creating Part VIII of Chapter 553, Florida Statutes covering ballasts sold after January 1989.

E. In 1987, Connecticut adopted legislation, Public Act No. 87-564, covering ballasts sold after July 1988.

HISTORY:

F. ASHRAE/ANSI/IES Standard 90.1P Proposed American National Standard "Energy Efficient Design of New Buildings Except Low Rise Residential Buildings" is presently in its third draft and includes requirements for minimum "Ballast Efficiency Factor" for fluorescent lamp ballasts.

G. The U.S. Department of Energy issued proposed rules in May 1987 for "Energy Conservation Voluntary Performance Standards for New Commercial and High-Rise Residential Buildings." It follows the ASHRAE Standard 90.1P requirements.

In response to demands of an energy conscious community which arose after the first oil embargo, the ballast industry in the mid-1970's developed a line of energy efficient magnetic ballasts. In 1982, the California Energy Commission (CEC) adopted energy efficiency regulations which require the largest categories of fluorescent ballasts to be energy efficient ballasts. These are for ballasts which operate one or two F40T12 Rapid Start lamps and two 75 watt 96 inch Slimline lamps at input voltage of 120 volts or 277 volts, 60 hertz and have a maximum lamp operating current greater than 350 milliamperes and less than 500 milliamperes. According to CEC, these categories represented 89% of high power factor ballasts sold in 1982. Excluded were ballasts deigned for use in ambient temperature of 0°F or less, those with power factors less that 0.60, and those designed for dimming.

The CEC excluded several categories of ballasts from the standard. A description of these categories and the reason for not incorporating them in the standard is extracted from the CEC report page A-9 referenced in "History 'A'" above.

BALLAST CATEGORY	REASON FOR NOT INCORPORATING IN STANDARD
2. New commercial lamp/ballast combination systems	Because of low unit volume and unavailability of technical data for new efficient ballast designs, additional energy savings cannot be estimated for this category. In addition, appropriate ANSI test standards are not available for these products.
3. Outdoor types that operate at 0°F	Market demand is declining for these ballasts, as outdoor lighting applications shift from fluorescent to more efficient light sources such as high pressure sodium and metallic halide lamps.
4. High Output and very high output (800 to 1500 ma)	Same as 3 above.

BALLAST CATEGORY	REASON FOR NOT INCORPORATING IN STANDARD
5. Low power factor and small lamps	Requiring high power factor energy efficient designs could result in unacceptable increases in ballast size. This may eliminate some lighting fixture designs and necessitate more costly redesigned fixtures. These increased ballast and fixture costs may substantially reverse the trend toward replacing incandescent lighting with fluorescent lighting in residences.
6. Ballasts for dimming, flashing, etc.	Because of low unit volumes, low hours of use, and inadequate cost data, a cost effective standard could not be proven. Technical feasibility of and efficient design for these products has not been proven.

There was no rationale stated for the lamp operating current limits imposed by CEC. There are a special class of energy saving ballasts on the market which save energy, but only as a consequence of reducing the amount of light produced. Such ballasts typically operate the lamps at a current lower than 350 MA and thereby do not come within the scope of the standard as it is presently written. These ballasts are less energy efficient ballasts, significantly lower in cost and can be expected to find their way into lighting fixtures of the commercial type unless they are specifically excluded. By removing the limitation on lamp operating current, ballasts of this type will come within the scope of the standard and will be required to meet the appropriate B.E.F. ratios. As long as they meet the standard regarding efficiency, there should be no objections to their use.

The exclusion of ballasts from the standard which have low power factor was intended to allow the use of 40 watt Rapid Start fixtures in the residential market where size and cost are a factor. In this case, fluorescent lighting is being used to replace much less efficient incandescent lighting.

New York, California and Florida exclude <u>all</u> low power factor (0.6 or less) ballasts from regulation. Massachusetts and Connecticut, however exclude only single lamp low power factor ballasts. Consequently, the most popular low power factor ballast, the two lamp designed for the residential market, cannot be lawfully sold in Massachusetts and Connecticut. These ballasts have a power factor greater than 0.6 but less than 0.75.

When California was developing their energy code for lighting in the early eighties, their principal focus was on the commercial sector. One of the classifications of ballasts which California chose not to incorporate in their standard was low power factor ballasts.

At that time, low power factor ballasts were designed for lamps forty watts and smaller, operated a single lamp and were commonly used in bathrooms and utility rooms. Their power factor was typically 0.50 to 0.55 and for the purpose of the California energy code they were categorized as "those with power factors less than 0.60".

Concurrently, there was a class of fluorescent fixtures called "shop lights" being sold through outlets such as K-Mart. These fixtures resembled a lightweight industrial fixture and used two forty watt rapid start lamps and a standard high power factor two lamp CBM ballast. The market was residential and they were typically installed by the purchaser in the garage or basement over a workbench.

During the last couple of years the pressure to reduce the cost of these "shop light" fixtures caused the ballast industry to develop lower cost ballasts for this application. The new lower cost ballasts had no capacitor for correction of power factor and would, therefore, be considered a "low power factor" ballast. Although this ballast has no means for power factor correction, its power factor does come out to be higher than 0.60. These "shop light" fixtures have become very popular as they provide much illumination for a very low first cost. They commonly sell for under ten dollars. If these fixtures are required to use ballasts which meet the ballast efficiency factors, they will become cost prohibitive.

This would be most unfortunate since, in its intended application, this fixture represents an excellent energy saving alternative. A "shop light" fixture typically consumes about 68 watts and produces about 4,100 lumens or more than 60 lumens per watt. If we replace this with incandescent lamps, which produce about 16 lumens per watt, more than 250 watts would be needed to provide equivalent illumination.

We believe that these "shop light" fixtures are a valuable energy saving alternative which should be preserved and recommend that the energy code should be amended to exclude from the regulations ballasts which have a power factor less than 0.75 instead of 0.60 as in the present code.

DRAFT STANDARD

We recommend that Massachusetts, California, New York and any other state considering a ballast efficiency standard adopt the following model standard.

Fluorescent lamp ballasts.

1. Definitions. As used in this section:

   A. "ANSI" means the American National Standards Institute, Inc. When ANSI standards are superseded by a revision approved by ANSI the revision shall apply.

   B. "Ballast efficiency factor" means the ratio of relative light output to the power input.

   C. "Fluorescent lamp ballast" or "ballast" means a device to operate fluorescent lamps by providing a starting voltage and current and limiting the current during normal operation, and which is (1) designed to operate at nominal input voltages of one hundred twenty or two hundred seventy-seven volts; (2) designed to operate with an input frequency of sixty hertz; and (3) designed for use in connection with an F40T12 or F96T12 lamp; provided however that this term shall not include ballasts which have a dimming capability or are intended for use in ambient temperatures of 0°F or less or have a power factor of less than 0.75. Fluorescent lamp ballast for F40T12 lamps means a ballast also having a rapid start circuit which provides power for maintaining hot cathodes independent of the power which provides lamp operating current.

   D. "F40T12 lamp" means a tubular fluorescent lamp which is forty-eight inches in length and one-and-a half inches in diameter, and conforms to ANSI standard C78.1.

   E. "F96T12 lamp" means a tubular fluorescent lamp which is ninety-six inches in length and one-and-a half inches in diameter, and conforms to ANSI standard C78.3.

   F. "Luminaire" means a complete lighting unit consisting of a fluorescent lamp, or lamps, together with parts designed to distribute the light, to position and protect such lamps, and to connect such lamps to the power supply.

   G. "Nominal input voltage" means an input voltage within plus five percent or minus five percent of a specified value.

   H. "Nominal lamp watts" means the wattage at which a fluorescent lamp is designed to operate.

   I. "Power input" means the power consumption in watts of a ballast and fluorescent lamp or lamps, as determined in accordance with the test procedures specified in subdivision two of this section.

J. "Relative light output" means light output delivered through the use of a ballast divided by the light output delivered through the use of a reference ballast, expressed as a percent, as determined in accordance with the test procedures specified in subdivision two of this section.

2. Test procedures.
   Relative light output and power input shall be determined in accordance with test procedures specified by ANSI standard C82.2.

3. Energy efficiency standards.
   a. On and after (DATE) no person shall sell, offer for sale, install, or cause to be installed within the state any ballast manufactured after such date which has a ballast efficiency factor less than the applicable value set forth below:

BALLAST DESIGNED FOR THE OPERATION OF	NOMINAL INPUT VOLTAGE	TOTAL NOMINAL LAMP WATTS	BALLAST EFFICIENCY FACTOR
1 Lamp F40T12	120	40	1.805
	277	40	1.805
2 Lamps F40T12	120	80	1.060
	277	80	1.050
2 Lamps F96T12	120	150	0.570
	277	150	0.570

Provided, however, that a ballast manufactured prior to (DATE) which does not meet the ballast efficiency factors set out above may be sold, offered for sale, installed, or caused to be installed within the state only if the date of manufacture can be readily determined from the model number or other identification provided on the ballast carton.

   b. On and after (DATE) no person shall sell, offer for sale, install, or cause to be installed within the state any ballast which has a ballast efficiency factor less than the applicable value set forth in paragraph a of this subdivision.

   c. On and after (DATE) no person shall sell or offer for sale within the state any luminaire containing a ballast which has a ballast efficiency factor less than the applicable value set forth in paragraph a of this subdivision unless such ballast was manufactured prior to (DATE).

   d. On and after (DATE) no person shall sell or offer for sale within the state any luminaire which contains a ballast with a ballast efficiency factor less than the applicable factor set forth in paragraph a of this subdivision.

TEMINOLOGÍA

1.- FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (B.E.F.)

PARA ENCENDIDO RAPIDO

$$B.E.F. = \frac{\%\ \text{salida de luz}}{W\ \text{línea}}$$

PARA ENCENDIDO INSTANTANEO

$$B.E.F. = \frac{\%\ \text{Potencia de salida}}{W\ \text{línea}}$$

2.- FACTOR DE BALASTRO

$$F.B. = \frac{\text{Salida de luz (con el balastro bajo prueba)}}{\text{Salida de luz (con el reactor patrón)}}$$

ó

$$F.B. = \frac{\text{Potencia de lámpara (con el balastro bajo prueba)}}{\text{Potencia de lámpara (con el reactor patrón)}}$$

3.- DISTORSIÓN ARMONICA TOTAL.

(T.H.D.).- Es la suma de los cuadrados de las amplitudes de todas las armónicas

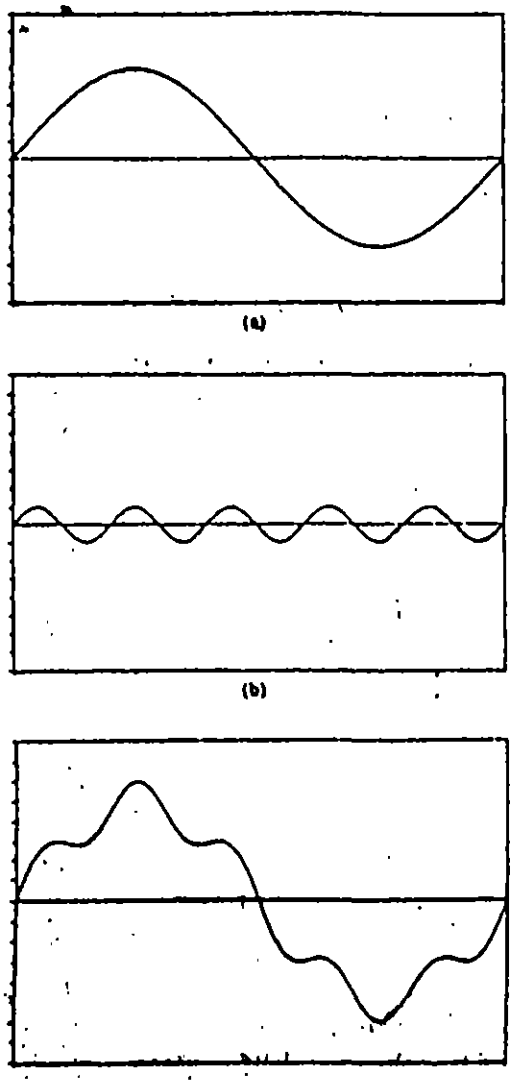


Figura 1.- Forma de onda senoidal distorsionada por una 5a armónica.

NORMA ANSI

2a. Armónica	-	5%
3a. Armónica	-	30%
Armonónicas > 11a.	-	7%
T.H.D.	-	32%

COMPARACION DE EFICIENCIA

BALASTRO PARA 2 LAMPARAS DE ENCENDIDO RAPIDO DE 40W T-12

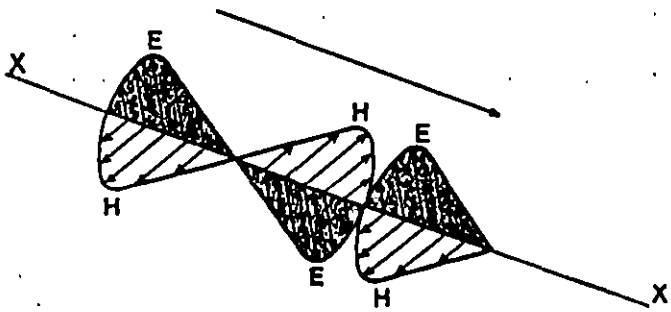
	WATTS DE LINEA	EMISION DE LUZ	FACTOR DEL BALASTRO tipico	EFICIENCIA RELATIVA	AHORRO
STANDARD	96	100%	0.94	100%	—
ALTA EFICIENCIA	88	100%	0.94	109%	8.5%
ALTA EFIC. DESC.CATODOS	88	100%	0.95	120%	16.5%
ELECTRONICO	79	100%	0.88	121%	18%

RADIO INTERFERENCIA

Producida por las lámparas fluorescentes, es causada por la acción del arco en los electrodos de la lámpara, que crea una serie de ondas de radiofrecuencia. Esta energía puede interferir en la recepción del aparato de radio o cualquier aparato electrónico por las siguientes causas:

a) Radiación directa de la lámpara fluorescente hasta el circuito de la antena o circuito interior del aparato.
b) Por retroalimentación a través del circuito de energía desde la lámpara hasta el radioreceptor o aparato electrónico.
c) Por radiación directa desde la línea de energía hasta el circuito de la antena o circuito interior del aparato.

Para corregir la primera causa, se recomienda que el radioreceptor y el circuito de la antena o aparato electrónico se separen por lo menos 4 metros de la lámpara fluorescente y que el radioreceptor o aparato electrónico tenga una conexión efectiva a tierra.
La segunda y tercera causas se corrigen con ayuda de un capacitor, que en los balastros LUMICON se ha incluido para este propósito excepto en los de circuito precalentado. En algunos casos se requiere que el circuito de alimentación del radio o aparato electrónico sea independiente del de la lámpara fluorescente.



Los balastros para lámparas fluorescentes marca LUMICON están construidos y diseñados para ofrecer un funcionamiento silencioso. La laminación troquelada con gran precisión, el control exacto de los entrehierros, la construcción compensada, la prevención de elevados gradientes magnéticos, el encapsulado en compuesto asfáltico elástico a la temperatura normal de operación del balastro, el impregnado al vacío en cera asfáltica flexible, la sujeción de la laminación por medio de broches de precisión de gran resiliencia y elasticidad y un proceso de fabricación y de control adecuados hacen de los balastros LUMICON los más silenciosos en el mercado.

En las tablas de características de operación de los balastros se incluye su clasificación. Para tener un criterio de elección, se incluye la siguiente tabla:

[illegible]	[illegible]	[illegible]
RESIDENCIAS (1) BIBLIOTECAS (1) ESTACIONES RADIO Y TV IGLESIAS	20 A 24	A
BIBLIOTECAS (2) RESIDENCIAS (2) ESCUELAS SALAS DE LECTURA	25 A 30	B
EDIFICIOS OFICINAS (1) ALMACENES (1)	31 A 36	C
TIENDAS (1) OFICINAS (2) SALAS DE CLASE	37 A 42	D
TIENDAS (2) ALMACENES (2) INDUSTRIA LIGERA ALUMBRADO EXTERIOR	43 A 49	E
INDUSTRIA PESADA ALUMBRADO PUBLICO PARQUES DE DIVERSIONES	49 EN ADELANTE	F

COLOCACIÓN DE LOS BALASTROS EN SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE CUATRO HILOS

Todo equipo eléctrico inductivo produce terceras armónicas debido a la corriente de magnetización.
En sistemas de cuatro hilos, las terceras armónicas presentan un problema que debe tomarse en cuenta al calcular la instalación eléctrica, ya que las que se producen en cada fase se suman en el hilo neutro, el cual, por esta causa, resulta cargado en forma similar a los otros tres. El problema se complica cuando se utilizan transformadores tipo Y-Y y el hilo neutro no se regresa a la subestación, ya que se produce una distorsión considerable en la onda de tensión y el sistema ya no provee una onda sonoidal.
En el caso de sistemas de alumbrado de cuatro hilos, es sumamente importante que el hilo neutro sea del mismo calibre que el de los otros tres para evitar que se queme.

CONEXIÓN A TIERRA

1.- Los balastros para lámparas fluorescentes deben tener conectada su caja metálica a la tierra efectiva de la instalación eléctrica. En esta forma, si se produce un corto circuito entre el cable de línea y la caja del balastro, o bien, al final de la vida útil del balastro cuando la degradación del sistema de aislamiento eléctrico por envejecimiento disminuye su resistencia por debajo del valor mínimo que especifican las normas (50 kilohms), una corriente eléctrica circulará por el neutro a tierra y en cierto momento el fusible de protección de la instalación se fundirá. Si el balastro no tiene su caja metálica conectada a la tierra de la instalación eléctrica, su cubierta se energizará y cualquiera que la toque recibirá una descarga eléctrica.
2.- En todos los balastros para lámparas fluorescentes marca LUMICON destinados a conectarse entre fase y neutro, el cable BLANCO deberá conectarse al NEUTRO.
3.- La lámparas fluorescentes de arranque rápido deberán estar a no más de 13mm. de un reflector metálica conectado a tierra, de no menos de 25 mm. de ancho. Cuando la lámpara está cerca de este reflector, se crea una carga eléctrica entre la lámpara y el metal formándose un capacitor. Esto proporciona una ayuda indispensable para establecer el arco. Las siguientes lámparas fluorescentes se clasifican como de arranque rápido.

a) De 430 mA desde F14T12 hasta - F40T12 incluyendo las circulares y sus combinaciones.
b) De 800 a 1000 mA desde F24T12/HO hasta F96T12/HO.
c) De 1500 mA desde F48 hasta F96 PG, VHO ó SHO.

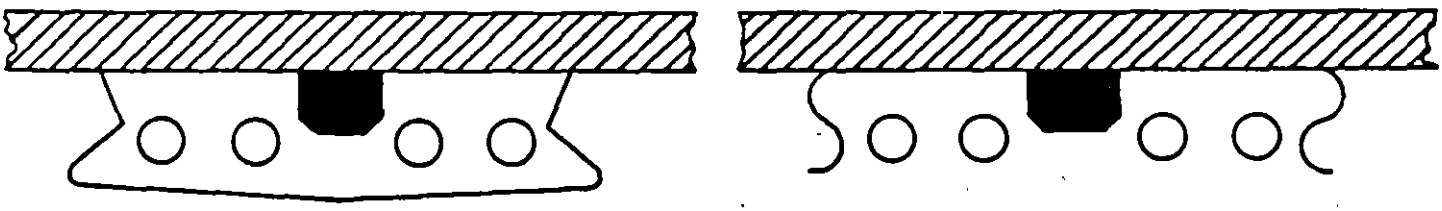
COMPARACIÓN DE TEMPERATURA ENTRE LÁMPARAS ENCERRADAS CON LÁMPARAS DESCUBIERTAS

Hoy en día, los balastros de luminarios permiten que las lámparas queden al descubierto (sin cubierta refractora) o totalmente encerradas . Los métodos para cubrir las lámparas son muy diversos, variados y numerosos para poderlos evaluar en detalle.

Las pruebas en condiciones extremas indican que llegan a tenerse hasta 14.5 °C de diferencia en la temperatura del balastro entre un luminario con las lámparas al descubierto y otro con las lámparas completamente encerradas.

En los plafones luminosos, la temperatura en la caja del balastro se mantiene entre dos extremos, dependiendo del diseño del plafón.

EFECTO DE LA TEMPERATURA DE LUMINARIO CERRADO COMPARADO CON LUMINARIO ABIERTO



EFECTO DE LA DISTANCIA HASTA EL TECHO

La forma en que se coloca el luminario con relación al techo también es importante. Muchos luminarios han sido diseñados para montarse en el techo o suspenderse del mismo.

La distancia a la que el luminario se suspende del techo afecta grandemente a la temperatura de operación del balastro. Las pruebas indican una variación hasta 22.5 °C en la temperatura del balastro entre el luminario suspendido a 15 cm. del mismo.

Cuando el luminario se suspende a más de 15 cm. del techo, ya no se tienen cambios apreciables en la temperatura de la caja del balastro. Sin embargo, si el luminario se suspende de 4 a 5 cm. del techo, la temperatura en la caja del balastro será de 10 °C a 14 °C menor que en el caso del luminarios colocado sobre el techo.

EFECTO DE LA DISTANCIA HASTA EL TECHO
EN LA TEMPERATURA DEL BALASTRO

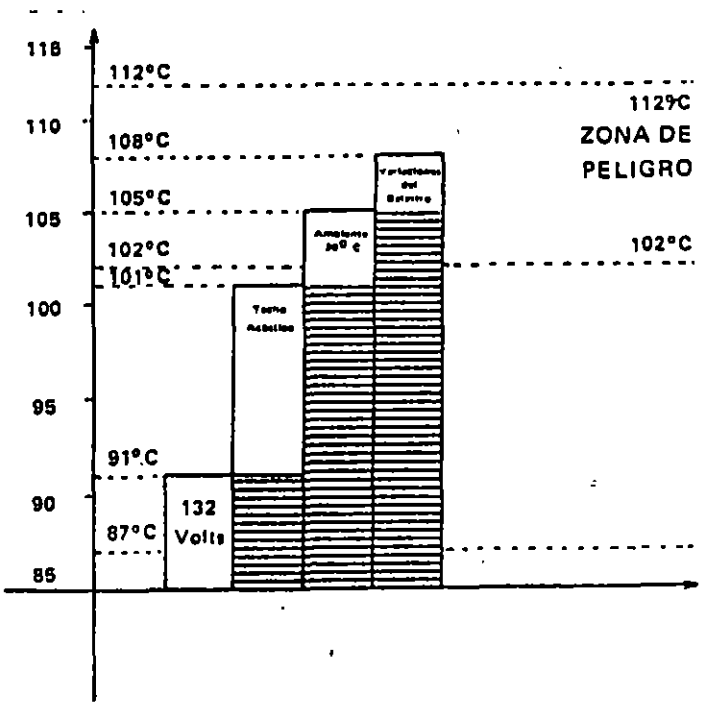
	TECHO	0°c
	1.3 cms.	−1.5°c
	2.5 cms.	− 6°c
	3.8 cms.	−10°c
	5.0 cms.	−14°c
	7.6 cms.	−19°c
	10.0 cms.	−20°c
	13.0 cms.	−22°c
	15.0 cms.	−22.5°c

EFECTO DE LAS VARIABLES ACUMULADAS

VARIACIONES TOTALES QUE AFECTAN LA TEMPERATURA DEL BALASTRO

Como luminario de prueba considérese uno para cuatro lámparas, con refractor envolvente de plástico funcionando a una temperatura ambiente de 25 °C, a 127 Vrcm de tensión de línea, colocado sobre un techo normal, según UL, de madera de pino supóngase que la temperatura en la caja del balastro es de 87 °C en estas condiciones. Si se modifican las variables y este luminario se coloca ahora pegado a un techo de material acústico de baja densidad, a una temperatura ambiente de 30 °C a una tensión de alimentación de 132 Vrcm, se producirán los cambios indicados en la gráfica anterior:

a) Debido a la tensión de alimentación de 132 Vrcm en ves de 127 Vrcm, la temperatura aumentará aproximadamente 4 °C.
b) A causa del material del techo (en vez de madera de pino material acústico de baja densidad) la temperatura se incrementará en 10 °C.
c) Por operar a una temperatura ambiente de 30 °C en vez de la original de 25 °C, la temperatura de la caja del balastro aumentará 4 °C más.
d) Finalmente, a causa de las variaciones lógicas en la operación del balastro, sin salirse de las normas, puede aumentar la temperatura a 3 °C.



INSTALACIÓN

TENSIÓN Y FRECUENCIA DE ALIMENTACIÓN

Cada balastro está diseñado para operar a la tensión nominal que aparece en la etiqueta. Valores anormales de tensión ocasionan daño al balastro, a la lámpara o a ambos. Por lo tanto recomendamos que la tensión que se aplique a los balastros se mantenga dentro de los siguientes limites.

TENSIÓN NOMINAL	LIMITES DE TENSIÓN
127 Vrcm	118 - 134 Vrcm
220 Vrcm	210 - 230 Vrcm
236 Vrcm	220 - 250 Vrcm
254 Vrcm	240 - 265 Vrcm
277 Vrcm	255 - 290 Vrcm

FRECUENCIA NOMINAL	LIMITES DE FRECUENCIA
60	57.5 a 62.5

VENTILACIÓN

Un balastro, como cualquier otro aparato eléctrico, genera calor durante su operación normal. Si éste no es mantenido dentro de los limites que se prescriben, la vida del balastro se reducirá por esta causa. Según las normas ANSI y UL, los balastros para lámparas fluorescentes construidos con aislamiento Clase 105 °C, no deberán exceder el limite anterior en los devanados y una temperatura máxima en la caja del balastro de 90 °C cuando operen normalmente en un medio ambiente de 40 °C.

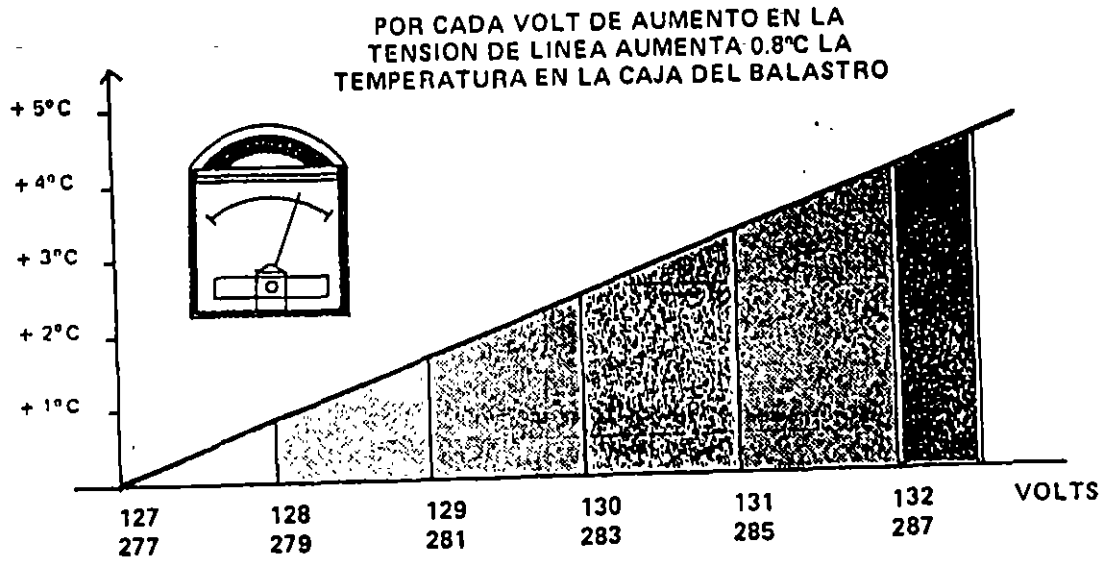
La experiencia ha demostrado que por cada 10 °C de aumento sobre el límite de temperatura para los cuales están diseñados los aislamientos Clase 105 °C, la vida de los mismos se reduce a la mitad, según se muestra en el dibujo adjunto.

El calor generado en el balastro se transmite al envase metálico fundamentalmente a través del aire y por conducción al soporte, en que se haya montado el balastro. Es por ésto que el balastro debe colocarse en un soporte metálico en un lugar ventilado.

FUNCIONAMIENTO Y VIDA ÚTIL

Mejor funcionamiento = vida útil más larga

Al balastro para lámparas fluorescentes, se le ha considerado el corazón del equipo de iluminación. A pesar de ser un elemento tan importante, se le ha subestimado, se ha abusado de él y se ha utilizado incorrectamente. El resultado final, en muchas instalaciones de iluminación, ha sido la destrucción prematura de los balastros. Cuando se utiliza correctamente, un balastro puede ser una de los componentes más confiables del sistema eléctrico. En las siguientes páginas, se ilustran y explican los efectos que se producen al modificarse ciertas variables en las instalaciones de iluminación. Entendiendo estos efectos y siguiendo los consejos que se presentan, se obtendrá un mejor funcionamiento y mayor vida útil del balastro.

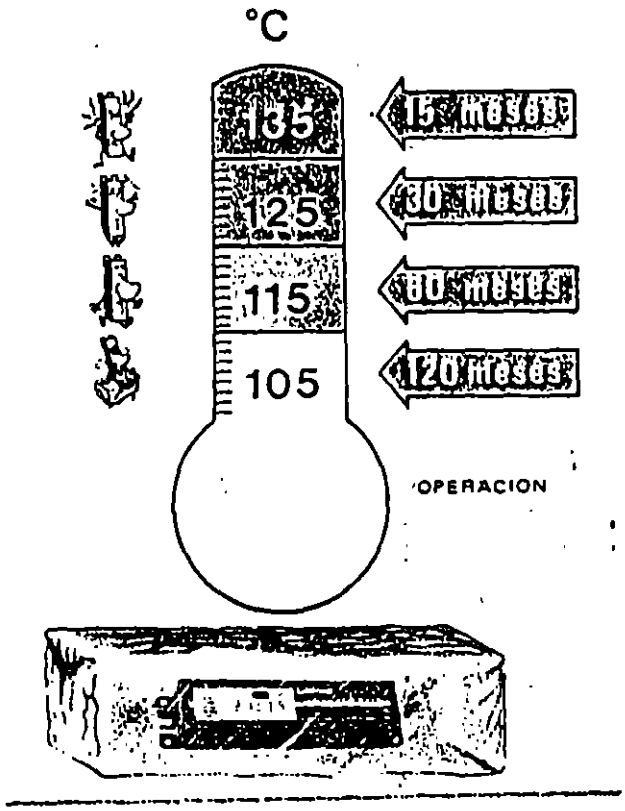


EFECTO DE LA TENSIÓN

Los balastros se prueban en el equipo de iluminación a tensiones de línea nominales (Ej.: 127 V, 220 etc.). sin embargo, las variaciones de tensión suelen existir en cualquier instalación. Tensiones tan elevadas como 136 V son comunes en instalaciones que utilizan balastro para 127 V nominales. En construcciones nuevas, la tensión puede ser excesiva hasta que el sistema se carga completamente. El equipo de alumbrado suele instalarse antes que otros equipos eléctricos grandes que generalmente disminuyen la tensión.

La fabricación de balastros especifican sus productos hasta para variación de tensión ± 7% (Ej.: 127 V nominal - 136 V máximo y 118 V mínimo). Esto sin embargo se refiere a las propiedades eléctricas de los balastros y no a sus características térmicas.

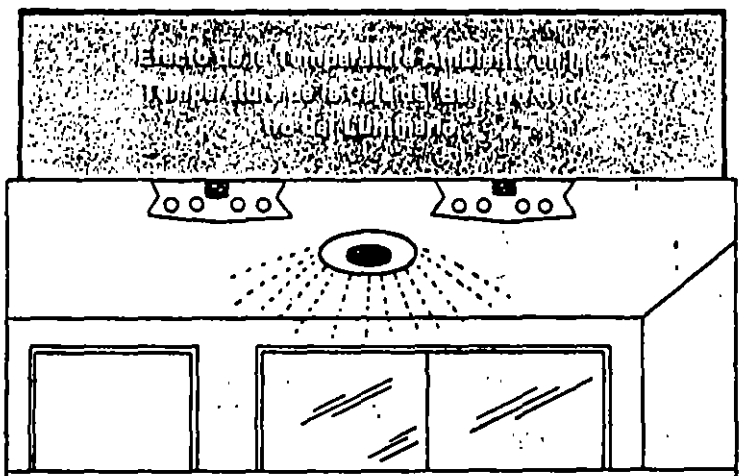
Conforme se aplica una tensión mayor que la nominal, la temperatura de operación del balastro aumenta. Los resultados de las pruebas realizadas a una combinación de balastro - luminario para 127 V indican que para cada volt de aumento en la tensión de alimentación, la temperatura en la caja del balastro aumenta 0.8 °C (gráfica superior).
Si se considera que para cada 10 °C de aumento en la temperatura la vida del balastro se reduce a la mitad, un aumento considerable de tensión disminuiría la vida de la instalación de alumbrado.



EFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

Todo el equipo integrado de iluminación (luminario/balastro/lámparas) se prueba a una temperatura ambiente de 25 °C, que se supone reproduce las condiciones normales en la práctica. Sin embargo, en las nuevas construcciones en que todavía no se instala el equipo para aire acondicionado, o en fábricas en que no existe, no es difícil encontrar temperaturas ambientes de 40 a 50 °C en el lugar en que se encuentra el equipo de iluminación.

Esta temperatura ambiente elevada afecta a las temperaturas de operación del balastro. ¿Hasta que grado? Las pruebas a combinaciones luminario - balastro han demostrado que cada 1 °C de aumento en la temperatura ambiente causa un incremento de 0.9 °C en la temperatura de la caja del balastro como se muestra en el dibujo posterior. Por lo tanto, a una temperatura ambiente de 30 °C, la temperatura en la caja del balastro aumentará 4.5 °C.



POR CADA 1°C DE AUMENTO EN LA TEMPERATURA AMBIENTE AUMENTO 0.9°C LA TEMPERATURA EN LA CAJA DEL BALASTRO

TEMPERATURA AMBIENTE EN EL CUARTO	AUMENTO EN LA TEMPERATURA DE LA CAJA DEL BALASTRO
25°C	0°C
30°C	4.5°C
35°C	9°C
40°C	13.5°C
45°C	18°C
50°C	22.5°C

EFECTO DEL MATERIAL DEL TECHO

"Underwriters Laboratories, inc." especifican la madera de pino como el material que debe utilizarse para probar luminarios de sobreponer, excepto en los casos en los que el material del techo es de baja densidad. La mayoría de los techos utilizados actualmente son de placas de materiales acústicos, todos los cuales muestran diferente capacidad para disipar el calor.

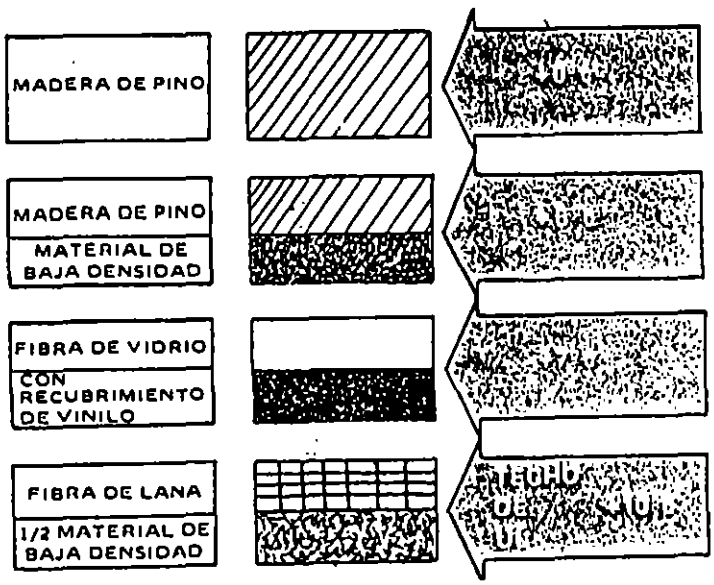
Pruebas minuciosas han demostrado que puede existir una variación de 10 °C entre el techo de madera de pino (prueba normal de UL) y varios techos de materiales acústicos comúnmente utilizados (véase dibujo anterior).

"Underwriters Laboratories, Inc." también ha creado una prueba destinada a luminarios para empotrar, que se realiza en un recinto de madera que reproduce las condiciones de operación dentro de la cavidad de la pared o el techo en las cuales el luminario va a operar. Normalmente esto no presenta ningún problema.

Sin embargo, se han presentado numerosas ocasiones en que se coloca un material aislante como fibra de vidrio dentro de la cavidad alrededor del luminario, lo cual ocasiona problemas de temperatura.

Las pruebas realizadas indican que existe un aumento mínimo de 10 °C entre el recinto de prueba de UL y la cavidad rellena con fibra de vidrio.

EFECTO DEL MATERIAL DEL TECHO
SOBRE LA TEMPERATURA EN LA
CAJA DEL BALASTRO



- BALASTROS ALTA EFICIENCIA -

Es un balastro electromagnético con menores pérdidas eléctricas que los balastros convencionales. Esta mayor eficiencia se logra usando alambre magneto de calibres menores mas (mas gruesos), y acero eléctrico de mejor calidad con menores pérdidas.

LUMI-KOM™

ENERGY-F™

ENERGY SAVER

CLASS "F" AUTOMATIC RESET PROTECTOR

CAT. No. S-275-277-CP 0 054

- High power factor only for standard lamps and power factor corrected for another lamps specified.
- Sound Rated C
- Series Ballast
- Minimum Starting Temp
- 50°F (430 MA, S.L. Lamps)
- 60°F (440 MA, S.L. Lamps)

FOR (2) F96T12-75W; F84T12-65W; F72T12-57W; F64T12-50W; F60T12-50W; OR (2) F96 (440 MA) 60W SLIM LINE LAMPS.

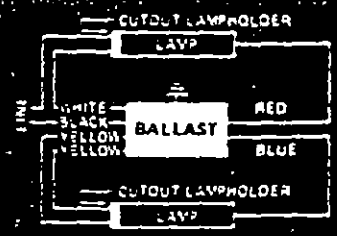
No PCB's

FOR 60A LAMPS ONLY

LISTED BALLAST 3N3J Type 1 Outdoor

GROUND BALLAST CASE

HIGH VOLTAGE RED AND BLUE LEADS AT 930 V



LUMISTEMAS S.A. DE C.V. BLVD. TOLUCA 520 A. NAUCALPAN DE JUAREZ EDO. DE MEXICO

ENERGY-F™

ENERGY SAVER

CLASS "F" AUTOMATIC RESET PROTECTOR

CAT. No. R-240-120-CP

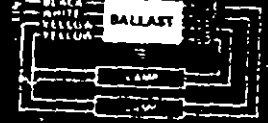
120 VOLTS 60 HZ. 0.73 A. (Standard Lamp) 0.63 A. (Energy Saving Lamp)

FOR (2) F40T12 OR (2) F40 (460 MA) ENERGY SAVERS, RAPID START LAMPS

No PCB's

LISTED BALLAST 3N3J Type 1 Outdoor

GROUND BALLAST CASE AND MOUNT LAMPS WITHIN 1" OF GROUNDED METAL REFLECTOR



LUMI-KOM™

ENERGY-F™

ENERGY SAVER

CLASS "F" AUTOMATIC RESET PROTECTOR

CAT.No.R-2110-277-CP 0 072

- High Power Factor
- Sound Rated C
- Series Ballast
- Minimum Starting Temp
- 50°F (800 MA,R.S.Lamps)
- 60°F (840 MA,R.S.Lamps)

FOR (2) F96 T12/HO-112 W;(2) F72 T12 /HO-87 W; OR(2) F96/HO ENERGY SAVER (840 M.A) 95 W RAPID START FLUORESCENT LAMPS.

No.PCB's

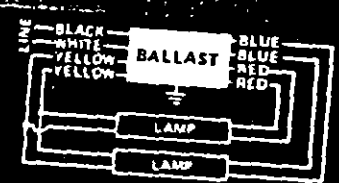
FOR 112 W LAMPS ONLY

LISTED BALLAST 3N3J Type 1 Outdoor

GROUND BALLAST CASE AND MOUNT LAMPS WITHIN 1" OF GROUNDED METAL REFLECTOR.

HIGH VOLTAGE RED AND YELLOW LEADS AT 350 V

WARNING INSTALL IN ACCORDANCE WITH NATIONAL AND LOCAL ELECTRICAL CODES



LUMISTEMAS S.A.DE C.V. BLVD TOLUCA 620-A NAUCALPAN DE JUAREZ EDO. DE MEXICO.

Made in Mexico

TIPOS DE BALASTROS FLUORESCENTES

- BALASTROS
  - FLUORESCENTES
    - Electromagnéticos
      - Enc. Precalentado
      - Enc. Rápido
      - Enc. Instantáneo
    - Híbridos
    - Electrónicos
  - H.I.D.
    (V. de mercurio,
    Aditivos Metálicos
    V.S.A.P. etc)

FUNCIONES GENERALES DE UN BALASTROS

- Proporcionar tensión(es) de encendido y operación

- Limitar la corriente de operación

- Proporcionar la energía con un mínimo de distorsión

- Corregir el factor de potencia

- Amortiguar las variaciones de la línea

- Para encendido rápido proveer de calentamiento a los filamentos

CUADRO COMPARATIVO DE BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

BALASTROS TIPO ECONOMICO (LOW OUTPUT)	. DAN UNA SALIDA EN POTENCIA Y/O LUZ REDUCIDA. . CONSUMO TOTAL MENOR. . LOS DE MAS BAJO PRECIO. . OPERAN A TEMPERATURAS HASTA EL MAXIMO PERMISIBLE POR LAS NORMAS. . VIDA UTIL NORMAL. . NO PUEDEN OPERAR CON LAMPARAS TIPO ENERGY SAVING (AHORRADORAS).
BALASTROS NORMALES O DE LINEA NORMAL	. DAN POTENCIA Y/O LUZ PLENA (AL MINIMO REQUERIDO POR LAS NORMAS). . PERDIDAS Y CONSUMO NORMAL. . PRECIO NORMAL. . OPERAN A TEMPERATURAS HASTA EL MAXIMO PERMISIBLE POR LAS NORMAS. . VIDA UTIL NORMAL. . PUEDEN OPERAR CON LAMPARAS TIPO ENERGY SAVING (AHORRADORAS) OBTENIENDO UN AHORRO EN CONSUMO.
BALASTROS TIPO ALTA EFICIENCIA	. DAN POTENCIA Y/O LUZ PLENA (AL MINIMO REQUERIDO POR LAS NORMAS. . PERDIDAS Y CONSUMO MENOR. . PRECIO MAS ALTO. . OPERAN A TEMPERATURAS DEL ORDEN DEL 80 AL 85% DEL MAXIMO PERMISIBLE POR LAS NORMAS. . VIDA UTIL ESTIMADA POR LO ANTERIOR: EL DOBLE. . PUEDEN OPERAR CON LAMPARAS TIPO ENERGY SAVING (AHORRADORAS) CON LO CUAL EL AHORRO EN EL CONSUMO ES MAYOR.

BALASTROS PARA LAMPARAS
FLUORESCENTES

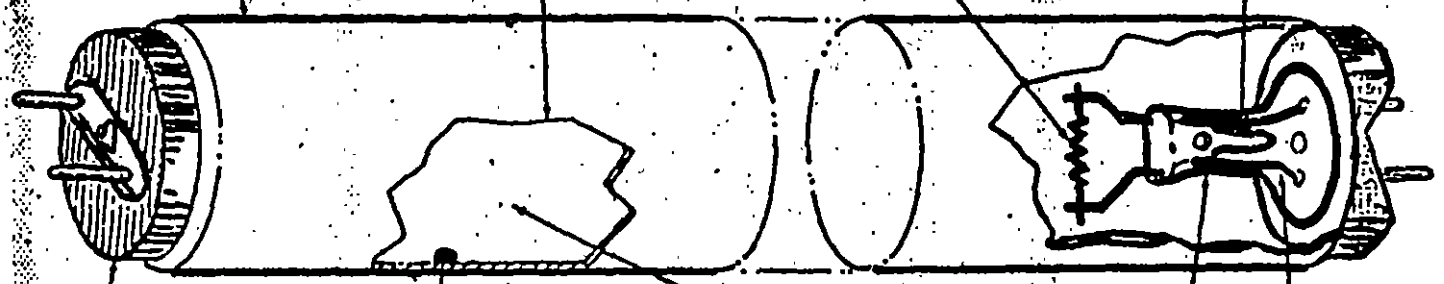
– ENCENDIDO PRECALENTADO	– NORMAL
– ENCENDIDO RAPIDO	– ECONOMICO
	– NORMAL
	– ALTA EFICIENCIA
– ENCENDIDO INSTANTANEO	– ECONOMICO
	– NORMAL
	– ALTA EFICIENCIA

BOMBILLO
Generalmente consiste en un tubo recto de vidrio. Puede ser también circular o en forma de U.

CATODO
El "cátodo incandescente" que va en cada extremo de la lámpara está revestido con una capa de material emisivo que irradia electrones. Suele fabricarse con alambre de tungsteno de doble o de triple espiral.

FOSFORO
El revestimiento puesto dentro del bombillo transforma la radiación ultravioleta en luz visible. El color de la luz producida depende de la composición del fósforo.

TUBO DE ESCAPE
Se usa para extraer el aire durante la fabricación y para introducir el gas inerte en el bombillo.



MERCURIO
Se coloca en el bombillo una cantidad diminuta de mercurio líquido para suministrar el vapor de mercurio.

GAS
Por lo general se usa gas argón o una mezcla de gases inertes a baja presión. Suele usarse criptón.

BASE
Se usan distintos tipos para conectar la lámpara al circuito eléctrico y para sostener la lámpara en el portalámparas.

PRENSADO DEL TAPON
Los hilos de toma tienen en ese punto un sello hermético y están hechos de alambre Dumet a fin de garantizar casi el mismo coeficiente de dilatación que el del vidrio.

HILOS DE TOMA
Se conectan a las espigas de la base y conducen la corriente hasta el cátodo y desde él, así como del arco de mercurio.

Elementos básicos de una lámpara fluorescente típica de cátodo incandescente

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

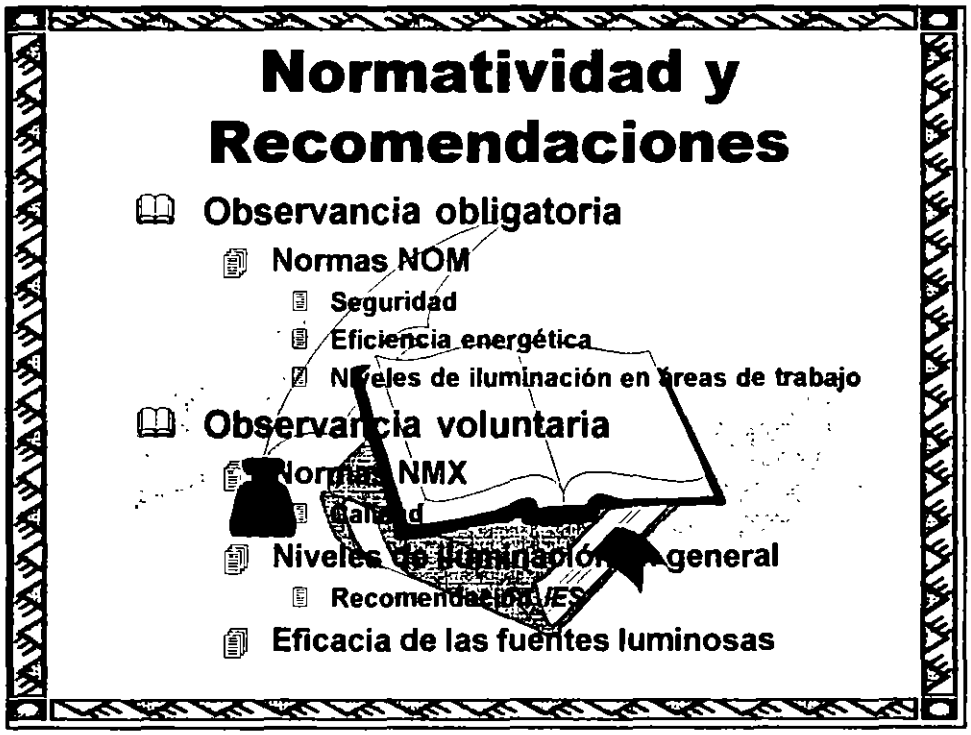
ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

RECOMENDACIONES Y NORMATIVIDAD

Presentado por : ING. CARLOS GARCIA R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26



Normatividad y Recomendaciones

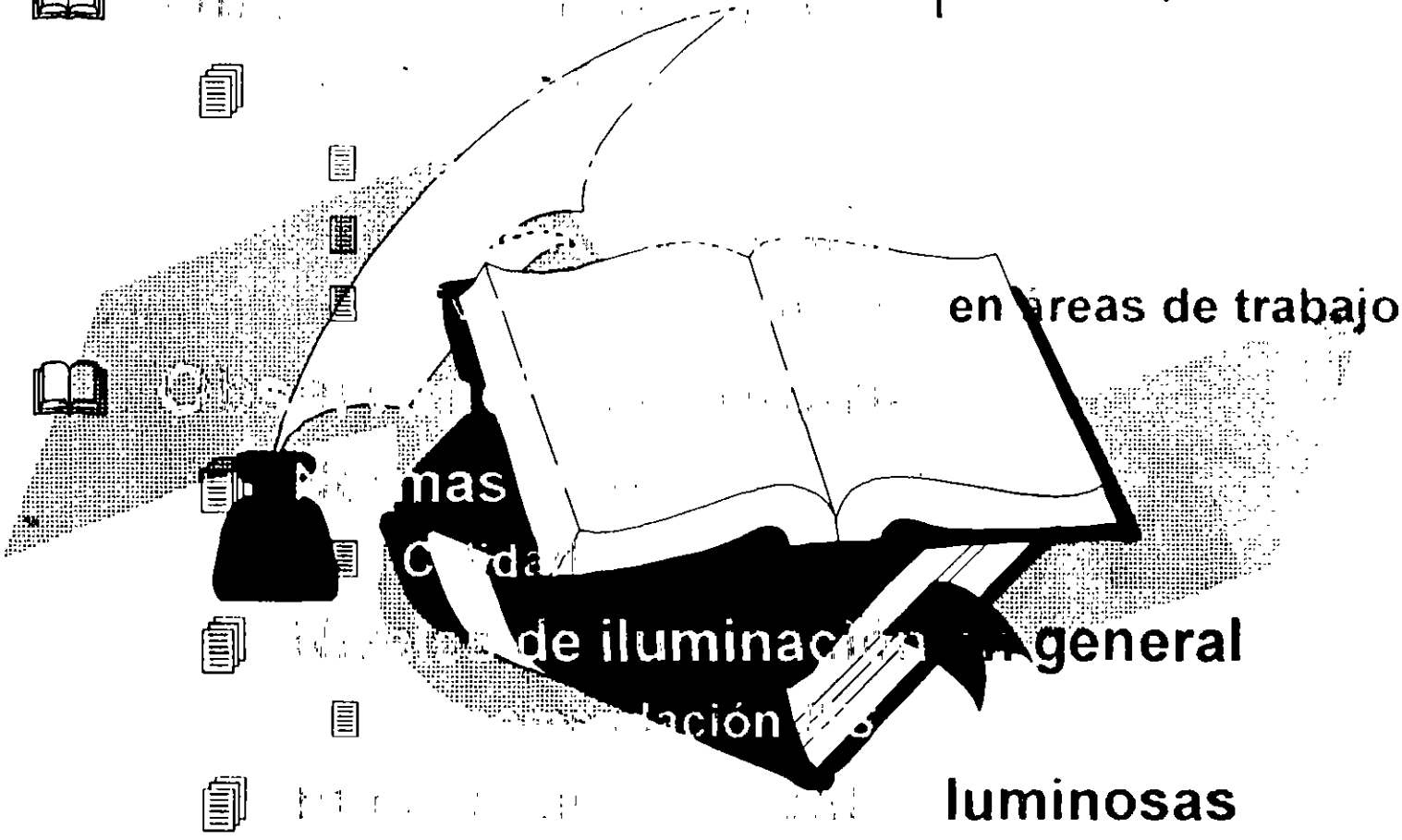
Un gran número de recomendaciones y normas afectan el diseño de la iluminación y la selección del equipo, tratan esencialmente aspectos de ahorro de energía y seguridad.

Hay normas y reglamentaciones locales, estatales, nacionales e internacionales, normas profesionales y de fabricantes, las hay obligatorias y voluntarias. Las voluntarias no tienen fuerza de ley pero generalmente son observadas por la industria de la iluminación; cualquier cosa incluida en las normas obligatorias tiene que observarse, ya que pueden diferir regionalmente, es imperativo familiarizarse con aquellas que son aplicables.

La primera categoría cubre cualquier tipo de norma o reglamento referente al ahorro de energía a través del uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación. Las normas establecen limitaciones a los valores máximos de la densidad de potencia para los sistemas de iluminación utilizada en los edificios no residenciales y regulaciones relacionadas con el mínimo valor de eficacia (lúmenes por watt) para el equipo de iluminación.

La segunda categoría de normas y reglamentos se refiere específicamente a aspectos de seguridad y requerimientos de construcción que debieran cumplirse en la construcción, instalación y mantenimiento de los luminarios.

Normatividad y Recomendaciones



en áreas de trabajo

mas

Calidad

de iluminación

general

luminosas

1. OBJETIVO.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto:

a). Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica en estas instalaciones, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

b). Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) de los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana

2 CAMPO DE APLICACIÓN

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprenderá los sistemas de alumbrado interior y exterior para uso general de los edificios nuevos no residenciales, con carga conectada mayor de 20 kW y los sistemas de alumbrado interior y exterior, para uso general de ampliaciones mayores de 20 kW en edificios no residenciales ya existentes.

En particular, los edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana son aquellos cuyos usos autorizados en función de las principales actividades y tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

a). Edificios para oficinas.
b). Escuelas y demás centros docentes.
c). Hospitales y clínicas.
d). Hoteles y moteles.
e). Restaurantes y cafeterías.
f). Establecimientos comerciales.

Para ampliaciones de edificios no residenciales ya existentes, la aplicabilidad de esta Norma Oficial Mexicana queda restringida exclusivamente a los sistemas de alumbrado para uso general de dicha ampliación y no a las áreas construidas con anterioridad.

No se consideran dentro del alcance de esta Norma Oficial Mexicana:

- Centros de baile, discotecas y centros de recreación con efectos especiales de alumbrado.
- Interiores de cámaras frigoríficas.
- Estudios de grabación cinematográficos y similares.
- Áreas que se acondicionan temporalmente donde se adicionan equipos de alumbrado para exhibiciones, exposiciones, convenciones o se montan espectáculos.
- Tiendas y áreas de tiendas destinadas a la venta de equipos de alumbrado.
- Instalaciones de centros educativos destinadas a la demostración de principios luminotécnicos.
- Áreas de atención especializada en hospitales y clínicas como son: salas de autopsia, salas de operación (quirófanos), salas de expulsión, salas de recuperación postanestésica (terapia intensiva), salas de resucitación y servicios de emergencia.
- Edificaciones nuevas que se localicen en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas Artísticas e Históricas o aquellas catalogadas y clasificadas como património histórico según el INAH y el INBA.
- Sistemas de alumbrado de emergencia independientes.
- Equipos de alumbrado para señales de emergencia y evacuación.
- Equipos de alumbrado que formen parte integral de otros equipos, los cuales estén conectados a circuitos de fuerza o contactos.
- Equipos de alumbrado empleados para el calentamiento o preparación de alimentos.
- Anuncios luminosos.
- Alumbrado de obstrucción para fines de navegación aérea.
- No se consideran en el alcance de esta norma otros tipos de edificios de uso diferente a los mencionados en el campo de aplicación de esta norma tales como: salas de aeropuertos, edificios destinados a seguridad pública y nacional, terminales de autobuses, iglesias, naves industriales, etc.

3. REFERENCIAS.

3.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de julio de 1992.

3.2 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 1975 y sus posteriores reformas.

3.3 Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de mayo de 1993.

3.4 Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-001-SEMP-1993, que regula las instalaciones destinadas al uso y suministro de la energía eléctrica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 15 de octubre de 1993.

3.5 Acuerdo que establece los requisitos que deben contener los proyectos y los

4.20 Sistema de alumbrado

Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a suministrar luz a una superficie o un espacio.

4.21 Sistema de alumbrado exterior

Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas abiertas.

4.22 Sistema de alumbrado interior

Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas cubiertas.

4.23 Sistema de alumbrado de emergencia independiente

Es aquel conjunto de equipos y aparatos para alumbrado diseñado para entrar en funcionamiento si falla el sistema de suministro de energía eléctrica. El término independiente se refiere a la autonomía de este sistema de alumbrado con respecto al sistema de alumbrado de operación normal y continua.

4.24 Temporizador (Timer)

También llamado interruptor de tiempo, es un dispositivo que controla los ciclos de encendido-apagado de equipos de alumbrado con respecto a una base de tiempo prestablecido y ajustable; o capaces de operar un conjunto lámpara balastro a dos niveles de salida de potencia.

5 CLASIFICACIÓN

Para fines de esta Norma Oficial Mexicana los edificios no residenciales se clasificarán por su tipo de ocupación, de conformidad con el Acuerdo que establece los requisitos que deben contener los proyectos y los trámites simplificados para obtener la aprobación de las instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica[3].

Tomando en cuenta la clasificación anterior, los edificios cubiertos por la presente Norma son:

5.1 Edificios para oficinas (Oficinas)

5.1.1 Oficinas públicas.

5.1.2 Oficinas privadas

5.2 Edificios para escuelas y demás centros docentes (Escuelas).

5.3 Edificios para establecimientos comerciales (Comercios).

5.3.1 Tiendas departamentales.

5.3.2 Tiendas de autoservicio

5.3.3 Tiendas de especialidades.

5.4 Edificios para hospitales y clínicas (Hospitales).

5.5 Edificios para hoteles y moteles (Hoteles)

5.6 Edificios para restaurantes y cafeterías (Restaurantes).

6 ESPECIFICACIONES

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 1.

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de alumbrado como una alternativa que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de alumbrado, se establecen las bonificaciones de potencia con base en los factores indicados en la Tabla 2 aplicables a los diferentes equipos de control más comúnmente utilizados en nuestro país. Estas bonificaciones de potencia influirán en el cálculo de la carga conectada para la determinación de la DPEA de acuerdo con el Método de Cálculo indicado en el Capítulo 7.

---

3 Ver referencia 13

TABLA 1. Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA (W/m^2)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16.0	1.8
Escuelas	16.0	1.8
Hospitales	14.5	1.8
Hoteles	18.0	1.8
Restaurantes	15.0	1.8
Comercios	19.0	1.8
Bodegas o áreas de almacenamiento.*	8.0	
Estacionamientos interiores.*	2.0	

* Sólo áreas que formen parte de los edificios cubiertos por esta Norma.

7 METODO DE CALCULO

7.1 Consideraciones generales

Cuando un edificio sea diseñado y construido para un uso único, se considerará para fines de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) máxima permisible correspondiente según lo establecido en la Tabla 1 del Capítulo 6.

Cuando un edificio sea diseñado y construido para más de un uso (uso mixto), se determinarán por separado las DPEA correspondientes a cada uso aplicándose para cada una de ellas los valores máximos permisibles establecidos en la Tabla 1 del Capítulo 6.

Cuando un edificio sea diseñado y construido para uso mixto y tenga usos no contemplados en el Campo de Aplicación, se considerará como DPEA máxima permisible de estos usos el valor de DPEA de aquel uso que predomine sobre los demás en términos de la superficie ocupada.

TABLA 2. Créditos bonificables de potencia eléctrica por el uso de equipos o sistemas de control para sistemas de alumbrado.

TIPO DE CONTROL	
TIPO DE ESPACIO	**FACTOR**
Sensores de presencia (con sensor independiente para cada espacio)	
Cualquier espacio menor de 25 m^2 sin particiones de piso a techo	0.20
Bodegas o áreas de almacenamiento	0.50
Cualquier espacio mayor de 25 m^2	0.10
Atenuadores (dimmers)	
Manual para lámparas fluorescentes	0.06
Programable centralizado para lámparas fluorescentes	0.20
Sensores de luz natural (daylight)	
Zona perimetral de interiores distante de ventanas hasta 6 m	0.10
Temporizadores (timer)	
Cualquier espacio menor de 25 m^2 sin particiones de piso a techo	0.40
Alumbrado exterior	0.50
Controles combinados	
Sensor de ocupación en combinación con atenuador programable centralizado	0.50

NCM-001-SEMP-1994

Tabla 906.1

Luminancias horizontales mantenidas requeridas para estacionamientos

(a) Estacionamientos abiertos

NIVEL DE ACTIVIDAD	AREA GENERAL DE ESTACIONAMIENTO Y AREA PEATONAL		AREA EXCLUSIVA DE VEHICULOS	
	LUX (MINIMO SOBRE PAVIMENTO)	UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MINIMO)	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)	UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MINIMO)
ALTA	10	4 1	22	3:1
MEDIA	6	4:1	11	3:1
BAJA	2	4:1	5	4:1

(b) Estacionamientos cubiertos.

AREAS	DIA	NOCHE	
	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)*	LUX (PROMEDIO SOBRE PAVIMENTO)	RELACION DE UNIFORMIDAD (PROMEDIO/MINIMO)
AREA GENERAL DE ESTACIONAMIENTO Y AREA PEATONAL.	54	54	4:1
RAMPAS Y ESQUINAS	110	54	4:1
ACCESOS	540	54	4:1
ESCALERAS	RANGO	DE	ILUMINANCIAS
	LUX 100-150'-200	100 -150-200	100-150-200

* Suma de luz artificial y natural

906-2 Areas residenciales y peatonales.

El objetivo del sistema de iluminación en areas residenciales y peatonales, es el de permitir una mayor seguridad tanto vial como peatonal.

En las areas residenciales en que está permitido el tráfico vehicular, el nivel de luminancia e iluminancia deben ser seleccionadas de acuerdo a las tablas 904.6 (a) y (b).

En aquellas donde no esta permitido el tráfico vehicular, deberán seleccionarse los niveles de iluminación de acuerdo a la tabla 906 2

Requerimientos.

Los requerimientos de alumbrado para areas peatonales pueden resumirse como sigue.

Peatones. Debe facilitar el movimiento y la orientación asi como posibilitar el reconocimiento de los rasgos faciales

Debe ayudar al residente a detectar la presencia de intrusos y que no existan deslumbramientos que constituyan una incomodidad.

Ambos grupos: Debe mejorar el atractivo de los alrededores siendo suficientemente funcional para reprimir el vandalismo y el crimen.

Nivel de iluminación.

De acuerdo a los requerimientos anteriores, los niveles de iluminación para el alumbrado de paseos públicos y áreas peatonales deberán considerarse los siguientes factores:

Seguridad de movimientos.- Es importante para los peatones poderse mover de manera segura, por lo que el alumbrado debe ser suficiente para revelar los obstáculos del camino potencialmente peligrosos, asi como irregularidades y baches.

Reconocimiento facial

Es importante para los peatones poderse reconocer entre sí cuando se encuentran y poder distinguir los rasgos faciales, desde una distancia a la que sea factible evitar un posible ataque.

Orientación

SELECCION DEL NIVEL DE ILUMINACION

PASO 1. DEFINA LA TAREA VISUAL

Determine el tipo de actividad para la cual deberá de seleccinarse el nivel de iluminación.

PASO 2. SELECCIONE LA CATEGORIA DE ILUMINACION

Seleccione la categoría apropiada de iluminancia, de una de las siguientes maneras:

- Seleccionando la tarea especifica de las tareas típicas listadas en la fig. 2-2 partes II y III.
- Si la tarea especifica no se encuentra, use las descripciones de las tareas genéricas listadas en la fig. 2-2 parte I.

PASO 3. DETERMINE EL RANGO DE ILUMINANCIA

Determine el rango de iluminancia recomendada, usando la fig. 2-2 tabla I.

SELECCION DEL NIVEL DE ILUMINACION

PASO 4. ESTABLESCA EL VALOR ESPECIFICO DE ILUMINANCIA.

Del rango de iluminancia determinado en el paso 3, la determinación del nivel de iluminancia se debe fijar basándose en diversos factores:

- Para categorías A a la C analice cada una de las características y determine el peso apropiado de los factores (-1, 0, +1) mencionados en la fig. 2-4 inciso a, sume algebraicamente los dos factores, si el total es -2 use el valo más bajo, si es +2 use el valor más alto, para otros valores use el valor medio.

- Para categorías D a la I analice cuidadosamente cada una de las características y determine el peso de los factores (-1, 0, +1) mencionados en la fig. 2-4 inciso b, sume algebraicamente los tres factores y si el total es -2 o -3 use el valor de iluminancia más bajo, si el total es +2 o +3 use el valor de iluminancia más alto, para otros valores use el valor medio.

Fig. 2-4. Weighting Factors to be Considered in Selecting Specific Illuminance Within Ranges of Values for Each Category.

a. For Illuminance Categories A through C

Room and Occupant Characteristics	Weighting Factor		
	−1	0	+1
Occupants ages	Under 40	40–55	Over 55
Room surface reflectances*	Greater than 70 per cent	30 to 70 per cent	Less than 30 per cent

b. For Illuminance Categories D through I

Task and Worker Characteristics	Weighting Factor		
	−1	0	+1
Workers ages	Under 40	40–55	Over 55
Speed and/or accuracy**	Not important	Important	Critical
Reflectance of task background***	Greater than 70 per cent	30 to 70	Less than 30 per cent

Tabla 1. Categorías de iluminancia para tareas genéricas

Tipo de actividad	Categoría de iluminancia	Rangos de iluminancia (lux)	Comentarios
Espacios públicos con alrededores obscuros	A	20-30-50	Requieren de iluminación general en todos los espacios
Orientación sencilla, para visitas cortas	B	50-75-100	
Espacios de trabajo donde las tareas visuales son realizadas ocasionalmente	C	100-150-200	
Realización de tareas visuales de alto contraste o gran tamaño	D	200-300-500	Requieren iluminación en donde se realiza la tarea
Realización de tareas de contraste medio o tamaño reducido	E	500-750-1000	
Realización de tareas de bajo contraste o tamaño muy reducido	F	1000-1500-2000	
Realización de tareas de bajo contraste y tamaño muy reducido por un periodo prolongado	G	2000-3000-5000	Requieren iluminación en donde se realiza la tarea, obtenida de la iluminanción general y de la iluminanción de acento
Realización de tareas muy exactas por un periodo muy prolongado	H	5000-7500-10,000	
Realización de tareas muy especiales de un contraste extremadamente bajo y de tamaño reducido	I	10,000-15,000-20,000	

Fig. 2-2. Currently Recommended Illuminance Categories and Illuminance Values for Lighting Design—Target Maintained Levels

The tabulation that follows is a consolidated listing of the Society's current illuminance recommendations. This listing is intended to guide the lighting designer in selecting an appropriate illuminance for design and evaluation of lighting systems.

Guidance is provided in two forms (1), in Parts I, II and III as an *Illuminance Category*, representing a range of illuminances (see page 2-4 for a method of selecting a value within each illuminance range), and (2), in parts IV, V and VI as an *Illuminance Value*. Illuminance Categories are represented by letter designations A through I. Illuminance Values are given in *lux* with an approximate equivalence in *footcandles* and as such are intended as *target* (nominal) values with deviations expected. These target values also represent *maintained* values (see page 2-24).

This table has been divided into the six parts for ease of use. Part I provides a listing of both Illuminance Categories and Illuminance Values for generic types of interior activities and normally is to be used when Illuminance Categories for a specific Area/Activity cannot be found in parts II and III. Parts IV, V and VI provide target maintained Illuminance Values for outdoor facilities, sports and recreational areas, and transportation vehicles where special considerations apply as discussed on page 2-4.

In all cases the recommendations in this table are based on the assumption that the lighting will be properly designed to take into account the visual characteristics of the task. See the design information in the particular application sections in this Application Handbook for further recommendations.

I. Illuminance Categories and Illuminance Values for Generic Types of Activities in Interiors

Type of Activity	Illuminance Category	Ranges of Illuminances		Reference Work-Plane
		Lux	Footcandles	
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-100	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-300-500	20-30-50	
Performance of visual tasks of medium contrast or small size	E	500-750-1000	50-75-100	Illuminance on task
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	200-300-500	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

II. Commercial, Institutional, Residential and Public Assembly Interiors

Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Air terminals (see **Transportation terminals**)		**Barber shops and beauty parlors**	E
Armories	C[1]	**Churches and synagogues**	(see page 7-2)[4]
Art galleries (see **Museums**)		**Club and lodge rooms**	
		Lounge and reading	D
Auditoriums		**Conference rooms**	
Assembly	C[1]	Conferring	D
Social activity	B	Critical seeing (refer to individual task)	
Banks (also see **Reading**)		**Court rooms**	
Lobby		Seating area	C
General	C	Court activity area	E[1]
Writing area	D	**Dance halls and discotheques**	B
Tellers stations	E[1]		

For footnotes, see page 2-19

Fig. 2-2. *Continued*

II. Continued

Area/Activity	Illuminance Category
Depots, terminals and stations	
(see **Transportation terminals**)	
Drafting	
Mylar	
High contrast media, India ink, plastic leads, soft graphite leads	E[3]
Low contrast media, hard graphite leads	F[3]
Vellum	
High contrast	E[3]
Low contrast	F[3]
Tracing paper	
High contrast	E[3]
Low contrast	F[3]
Overlays[5]	
Light table	C
Prints	
Blue line	E
Blueprints	E
Sepia prints	F
Educational facilities	
Classrooms	
General (see **Reading**)	
Drafting (see **Drafting**)	
Home economics (see **Residences**)	
Science laboratories	E
Lecture rooms	
Audience (see **Reading**)	
Demonstration	F
Music rooms (see **Reading**)	
Shops (see Part III, Industrial Group)	
Sight saving rooms	F
Study halls (see **Reading**)	
Typing (see **Reading**)	
Sports facilities (see Part V, Sports and Recreational Areas)	
Cafeterias (see **Food service facilities**)	
Dormitories (see **Residences**)	
Elevators, freight and passenger	C
Exhibition halls	C[1]
Fire halls (see **Municipal buildings**)	
Food service facilities	
Dining areas	
Cashier	D
Cleaning	C
Dining	B[6]
Food displays (see Merchandising spaces)	
Kitchen	E
Garages—parking	(see page 14-24)
Gasoline stations (see **Service stations**)	
Graphic design and material	
Color selection	F[11]
Charting and mapping	F
Graphs	E
Keylining	F
Layout and artwork	F
Photographs, moderate detail	E[13]

Area/Activity	Illuminance Category
Health care facilities	
Ambulance (local)	E
Anesthetizing	E
Autopsy and morgue[17, 18]	
Autopsy, general	E
Autopsy table	G
Morgue, general	D
Museum	E
Cardiac function lab	E
Central sterile supply	
Inspection, general	E
Inspection	F
At sinks	E
Work areas, general	D
Processed storage	D
Corridors[17]	
Nursing areas—day	C
Nursing areas—night	B
Operating areas, delivery, recovery, and laboratory suites and service	E
Critical care areas[17]	
General	C
Examination	E
Surgical task lighting	H
Handwashing	F
Cystoscopy room[17, 18]	E
Dental suite[17]	
General	D
Instrument tray	E
Oral cavity	H
Prosthetic laboratory, general	D
Prosthetic laboratory, work bench	E
Prosthetic laboratory, local	F
Recovery room, general	C
Recovery room, emergency examination	E
Dialysis unit, medical[17]	F
Elevators	C
EKG and specimen room[17]	
General	B
On equipment	C
Emergency outpatient[17]	
General	E
Local	F
Endoscopy rooms[17, 18]	
General	E
Peritoneoscopy	D
Culdoscopy	D
Examination and treatment rooms[17]	
General	D
Local	E
Eye surgery[17, 18]	F
Fracture room[17]	
General	E
Local	F
Inhalation therapy	D
Laboratories[17]	
Specimen collecting	E
Tissue laboratories	F
Microscopic reading room	D
Gross specimen review	F

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. *Continued*

II. *Continued*

Area/Activity	Illuminance Category
Chemistry rooms	E
Bacteriology rooms	
General	E
Reading culture plates	F
Hematology	E
Linens	
Sorting soiled linen	D
Central (clean) linen room	D
Sewing room, general	D
Sewing room, work area	E
Linen closet	B
Lobby	C
Locker rooms	C
Medical illustration studio[17, 18]	F
Medical records	E
Nurseries[17]	
General[18]	C
Observation and treatment	E
Nursing stations[17]	
General	D
Desk	E
Corridors, day	C
Corridors, night	A
Medication station	E
Obstetric delivery suite[17]	
Labor rooms	
General	C
Local	E
Birthing room	F[7]
Delivery area	
Scrub, general	G
General	G
Delivery table	(see page 7-15)
Resuscitation	G
Postdelivery recovery area	E
Substerilizing room	B
Occupational therapy[17]	
Work area, general	D
Work tables or benches	E
Patients' rooms[17]	
General[18]	B
Observation	A
Critical examination	E
Reading	D
Toilets	D
Pharmacy[17]	
General	E
Alcohol vault	D
Laminar flow bench	F
Night light	A
Parenteral solution room	D
Physical therapy departments	
Gymnasiums	D
Tank rooms	D
Treatment cubicles	D
Postanesthetic recovery room[17]	
General[18]	E
Local	H
Pulmonary function laboratories[17]	E
Radiological suite[17]	
Diagnostic section	
General[18]	A
Waiting area	A
Radiographic/fluoroscopic room	A
Film sorting	F
Barium kitchen	E
Radiation therapy section	
General[18]	B
Waiting area	B
Isotope kitchen, general	E
Isotope kitchen, benches	E
Computerized radiotomography section	
Scanning room	B
Equipment maintenance room	E
Solarium	
General	C
Local for reading	D
Stairways	C
Surgical suite[17]	
Operating room, general[18]	F
Operating table	(see page 7-12)
Scrub room[18]	E
Instruments and sterile supply room	D
Clean up room, instruments	E
Anesthesia storage	C
Substerilizing room	C
Surgical induction room[17, 18]	E
Surgical holding area[17, 18]	E
Toilets	C
Utility room	D
Waiting areas[17]	
General	C
Local for reading	D
Homes (see Residences)	
Hospitals (see Health care facilities)	
Hotels	
Bathrooms, for grooming	D
Bedrooms, for reading	D
Corridors, elevators and stairs	C
Front desk	E[3]
Linen room	
Sewing	F
General	C
Lobby	
General lighting	C
Reading and working areas	D
Canopy (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Kitchens (see Food service facilities or Residences)	
Libraries	
Reading areas (see **Reading**)	
Book stacks (vertical 760 millimeters (30 inches) above floor)	
Active stacks	D
Inactive stacks	B
Book repair and binding	D

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5

Fig. 2-2. *Continued*

II *Continued*

Area/Activity	Illuminance Category
Cataloging	D[3]
Card files	E
Carrels, individual study areas (see **Reading**)	
Circulation desks	D
Map, picture and print rooms (see **Graphic design and material**)	
Audiovisual areas	D
Audio listening areas	D
Microform areas (see **Reading**)	
Locker rooms	C
Merchandising spaces	
Alteration room	F
Fitting room	
Dressing areas	D
Fitting areas	F
Locker rooms	C
Stock rooms	D
Wrapping and packaging	D
Sales transaction area	E
Circulation	(see page 8-6)[6]
Merchandise	(see page 8-6)[6]
Feature display	(see page 8-6)[6]
Show windows	(see page 8-6)[6]
Motels (see Hotels)	
Municipal buildings—fire and police	
Police	
Identification records	F
Jail cells and interrogation rooms	D
Fire hall	D
Museums	
Displays of non-sensitive materials	D
Displays of sensitive materials (see page 7-29)[7]	
Lobbies, general gallery areas, corridors	C
Restoration or conservation shops and laboratories	E
Nursing homes (see Health care facilities)	
Offices	
Accounting (see **Reading**)	
Conference areas (see **Conference rooms**)	
Drafting (see **Drafting**)	
General and private offices (see **Reading**)	
Libraries (see **Libraries**)	
Lobbies, lounges and reception areas	C
Mail sorting	E
Off-set printing and duplicating area	D
Post offices (see Offices)	
Reading	
Copied tasks	
Ditto copy	E[3]
Micro-fiche reader	B[12,13]
Mimeograph	D
Photographs, moderate detail	E[13]
Thermal copy, poor copy	F[3]
Xerograph	D
Xerography, 3rd generation and greater	E
Electronic data processing tasks	
CRT screens	B[12,13]
Impact printer	
good ribbon	D
poor ribbon	E
2nd carbon and greater	E
Ink jet printer	D
Keyboard reading	D
Machine rooms	
Active operations	D
Tape storage	D
Machine area	C
Equipment service	E[10]
Thermal print	E
Handwritten tasks	
#3 pencil and softer leads	E[3]
#4 pencil and harder leads	F[3]
Ball-point pen	D[3]
Felt-tip pen	D
Handwritten carbon copies	E
Non photographically reproducible colors	F
Chalkboards	E[3]
Printed tasks	
6 point type	E[3]
8 and 10 point type	D[3]
Glossy magazines	D[13]
Maps	E
Newsprint	D
Typed originals	D
Typed 2nd carbon and later	E
Telephone books	E
Residences	
General lighting	
Conversation, relaxation and entertainment	B
Passage areas	B
Specific visual tasks[20]	
Dining	C
Grooming	
Makeup and shaving	D
Full-length mirror	D
Handcrafts and hobbies	
Workbench hobbies	
Ordinary tasks	D
Difficult tasks	E
Critical tasks	F
Easel hobbies	E
Ironing	D
Kitchen duties	
Kitchen counter	
Critical seeing	E
Noncritical	D
Kitchen range	
Difficult seeing	E
Noncritical	D
Kitchen sink	
Difficult seeing	E
Noncritical	D
Laundry	
Preparation and tubs	D
Washer and dryer	D

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Nuevos estándares para lámparas fluorescentes

LAMPARA	POTENCIA	CRI MINIMO	EFICACIA MINIMA (lm/W)	FECHA LIMITE
F40	>35	69	75	10/31/96
F40	28-35	45	75	10/31/96
F40/U	>35	69	68	10/31/96
F40/U	28-35	45	64	10/31/96
F96T12	>65	69	80	4/30/94
F96T12	52-65	45	80	4/30/94
F96T12/HO	>100	69	80	4/30/94
F96T12/HO	<100	45	80	4/30/94

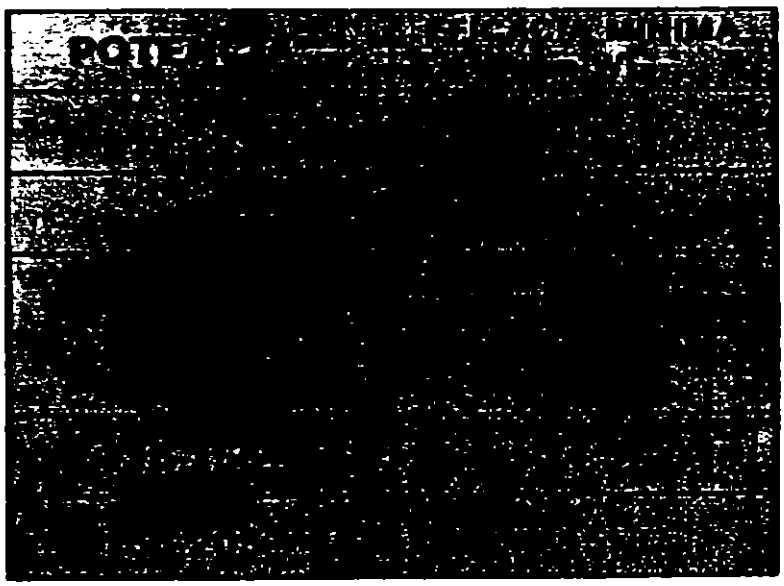
LAMPARAS QUE NO CUMPLEN CON LAS NUEVAS DISPOSICIONES:

F40CW, F40WW, F40W, F40D, FB40CW, FB40WW, FB40W, F96T12CW, F96T12WW, F96T12CW/HO, F96T12WW/HO

LAMPARAS QUE SUSTITUYEN A LAS ANTERIORES:

FO32/730, FO32/830, FO32/735, FO32/835, FO32/741, FO32/841, FO96/730, FO96/830, FO96/735, FO96/835

Nuevos estándares para lámparas incandescentes



LAMPARAS QUE NO CUMPLEN CON LAS NUEVAS DISPOSICIONES:

75PAR38, 100PAR38, 150PAR38, 100/80PAR38, 75R30, 75R40, 100R40, 150R40, 200R40

GENERTEK

NOV-93

EPACT at a Glance—Substitution Options

Special Note: *Applications subject to the following conditions require use of full wattage lamps (*) from the "Minimum Compliance" column.*

- *Ambient temperatures below 60° F*
- *Dimming ballasts*
- *Cold temperature ballasts*
- *Low power factor ballasts in shoplights, residential fixtures, etc. (check with ballast manufacturer)*

F96T12 SLIMLINE
Effective May 1, 1994

Non-Complying Lamps	Most Efficient System (Ballast change required)	Good Retrofit	Minimum Compliance (See Note above)	Exempt Lamps (Still available)
F96T12/CW (75W, COOL WHITE)	F096/841 (4100K, 85CRI, OCTRON) F096/741 (4100K, 75CRI, OCTRON)	F96T12/D841/SS (60W, 4100K, 80CRI) F96T12/D41/SS (60W, 4100K, 70CRI)	F96T12/CW/SS (60W, COOL WHITE, 62CRI) F96T12/D841* (75W, 4100K, 80CRI) F96T12/D41* (75W, 4100K, 70CRI)	F96T12/CW (89CRI, COOL WHITE DELUXE) F96T12/DSEN50 (90CRI, DESIGN 50) F96T12/N (86CRI, NATURAL) F96T12/GOLD (GOLD) F96T12/GRO/WS (GRO-LUX WIDE SPECTRUM)
F96T12/W (75W, WHITE)	F096/835 (3500K, 85CRI, OCTRON) F096/735 (3500K, 75CRI, OCTRON)	F96T12/D835/SS (60W, 3500K, 80CRI) F96T12/D35/SS (60W, 3500K, 70CRI)	F96T12/W/SS (60W, WHITE, 57CRI) F96T12/D835* (75W, 3500K, 80CRI) F96T12/D35* (75W, 3500K, 70CRI)	
F96T12/WW (75W, WARM WHITE)	F096/830 (3000K, 85CRI, OCTRON) F096/730 (3000K, 75CRI OCTRON)	F96T12/D830/SS (60W, 3000K, 80CRI) F96T12/D30/SS (60W, 3000K, 70CRI)	F96T12/WW/SS (60W, WARM WHITE, 52CRI) F96T12/D830* (75W, 3000K, 80CRI) F96T12/D30* (75W, 3000K, 70CRI)	
F96T12/D (75W, DAYLIGHT)		F96T12/D864/SS (60W, 6400K, 80CRI)	F96T12/D864* (75W, 6400K, 80CRI)	

F96T12/HO HIGH OUTPUT
Effective May 1, 1994

Non-Complying Lamps	Most Efficient System (Ballast change required)	Good Retrofit	Minimum Compliance (See Note above)	Exempt Lamps (Still available)
F96T12/CW/HO (110W, COOL WHITE)		F96T12/D41/HO/SS (95W, 4100K, 70CRI)	F96T12/CW/HO/SS (95W, COOL WHITE, 62CRI) F96T12/LW/HO/SS (96W, LITE WHITE, 48CRI) F96T12/D41/HO* (110W, 4100K, 70CRI)	F96T12/CW/HO (89CRI, COOL WHITE DELUXE) F96T12/DSEN50/HO (90CRI, DESIGN 50) F96T12/N/HO (86CRI, NATURAL) F96T12/GO/HO (GOLD) F96T12/GRO/HO/WS (GRO-LUX WIDE SPECTRUM)
F96T12/W/HO (110W, WHITE)		F96T12/D35/HO/SS (95W, 3500K, 70CRI)	F96T12/D35/HO* (110W, 3500K, 70CRI)	
F96T12/WW/HO (110W, WARM WHITE)		F96T12/D30/HO/SS (95W, 3000K, 70CRI)	F96T12/WW/HO/SS (95W, WARM WHITE, 52CRI) F96T12/D30/HO* (110W, 3000K, 70CRI)	
F96T12D/HO (110W, DAYLIGHT)		F96T12/D864/HO/SS (95W, 6400K, 80CRI)	F96T12/D864/HO* (110W, 6400K, 80CRI)	

F40T12
Effective November 1, 1995

Non-Complying Lamps	Most Efficient System (Ballast change required)	Good Retrofit	Minimum Compliance (See Note above)	Exempt Lamps (Still available)
F40CW (40W, COOL WHITE)	F032/841 (4100K, 85CRI, OCTRON) F032/741 (4100K, 75CRI, OCTRON)	F40/D841/SS (34W, 4100K, 80CRI) F40/D41/SS (34W, 4100K, 70CRI)	F40CW/SS (34W, COOL WHITE, 62CRI) F40/D841* (40W, 4100K, 80CRI) F40/D41* (40W, 4100K, 70CRI)	F40CWI (89CRI, COOL WHITE DELUXE) F40/DSEN50 (90CRI, DESIGN 50) F40N (86CRI, NATURAL) F40G (GREEN) F40GO (GOLD) F40B (BLUE) F40GRO (GRO-LUX) F40GRO/WS (GRO-LUX WIDE SPECTRUM)
F40W (40W, WHITE)	F032/835 (3500K, 85CRI, OCTRON) F032/735 (3500K, 75CRI, OCTRON)	F40/D835/SS (34W, 3500K, 80CRI) F40/D35/SS (34W, 3500K, 70CRI)	F40W/SS (34W, WHITE, 57CRI) F40/D835* (40W, 3500K, 80CRI) F40/D35* (40W, 3500K, 70CRI)	
F40WW (40W, WARM WHITE) F40WWX (40W, WARM WHITE DELUXE) F40WWX/SS (34W, WARM WHITE DELUXE)	F032/830 (3000K, 85CRI, OCTRON) F032/730 (3000K, 75CRI, OCTRON)	F40/D830/SS (34W, 3000K, 80CRI) F40/D30/SS (34W, 3000K, 70CRI)	F40WW/SS (34W, WARM WHITE, 52CRI) F40/D830* (40W, 3000K, 80CRI) F40/D30* (40W, 3000K, 70CRI)	
F40D (40W, DAYLIGHT) F40D/SS (34W, DAYLIGHT)	F032/750 (5000K, 75CRI, OCTRON)	F40/D864/SS (34W, 6400K, 80CRI)	F40/D864* (40W, 6400K, 80CRI)	

FB40/6 CURVALUME "U-Lamp"
Effective November 1, 1995

Non-Complying Lamps	Most Efficient System (Ballast change required)	Good Retrofit	Minimum Compliance (See Note above)	Exempt Lamps (Still available)
FB40/CW/6 (40W, COOL WHITE)	FB032/841/6 (4100K, 85CRI, OCTRON) FB032/741/6 (4100K, 75CRI, OCTRON)	FB40/D41/6/SS (34W, 4100K, 70CRI)	FB40/CW/6/SS (34W, COOL WHITE, 62CRI) FB40/D41/6* (40W, 4100K, 70CRI)	FB40/CWI/6 (89CRI, COOL WHITE DELUXE)
FB40/W/6 (40W, WHITE)	FB032/835/6 (3500K, 85CRI, OCTRON) FB032/735/6 (3500K, 75CRI, OCTRON)	FB40/D35/6/SS (34W, 3500K, 70CRI)	FB40/W/6/SS (34W, WHITE, 57CRI) FB40/D35/6* (40W, 3500K, 70CRI)	
FB40/WW/6 (40W, WARM WHITE) FB40/WWX/6 (40W, WARM WHITE DELUXE)	FB032/830/6 (3000K, 85CRI, OCTRON) FB032/730/6 (3000K, 75CRI, OCTRON)	FB40/D30/6/SS (34W, 3000K, 70CRI)	FB40/WW/6/SS (34W, WARM WHITE, 52CRI) FB40/D830* (40W, 3000K, 80CRI) FB40/D30* (40W, 3000K, 70CRI)	

INCANDESCENT REFLECTOR LAMPS
Effective November 1, 1995

Non-Complying Lamps	Best Complying Retrofit	Suitable Substitute	Exempt Lamps (Still available)
75PAR38	45PAR/CAPSYLITE	50PAR30/CAPSYLITE	COLORED TYPES ROUGH SERVICE ER SHAPED
100PAR38	75PAR/CAPSYLITE	75ER30	
150PAR38	90PAR/CAPSYLITE	75PAR/CAPSYLITE	
75/65PAR38	45PAR/CAPSYLITE	50PAR30/CAPSYLITE	
100/80PAR38	75PAR/CAPSYLITE	75ER30	
150/120PAR38	90PAR/CAPSYLITE	75PAR/CAPSYLITE	
75R30	50PAR30LONGNECK/CAPSYLITE	50ER30	
75R40	45PAR/CAPSYLITE/VERY WIDE FLOOD	50ER30	
100R40	75PAR/CAPSYLITE	75ER30	
150R40	90PAR/CAPSYLITE	120ER40	
200R40	150PAR/CAPSYLITE	120ER40	

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

PROCEDIMIENTO DE CALCULO ZONAL
(COMPLEMENTO)

Presentado por : ING. CARLOS GARCIA R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

HOJA DE CÁLCULO POR EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

(la letra ⊗ indica nota)

Información del Local

1. Dimensiones del local: L [ ] A [ ] Altura [ ] — H_{CT} [ ] H_{CL} [ ] H_{CP} [ ]

2. Reflectancias: (por ciento) Techo (P_T) [ ] Paredes (P_W) [ ] Piso (P_P) [ ]

3. Relaciones de cavidad: A. $RCL = \frac{5 \times H_{CL}(L + A)}{L \times A} = \frac{5 \times (\quad + \quad)}{\quad \times \quad} =$ ▶ [ ]

(De la línea 2) ▶ P_{CL} [ ]

Ⓑ $RCT = RCL\left(\frac{H_{CT}}{H_{CL}}\right) = \left(\frac{\quad}{\quad}\right) =$ [ ] ▶ P_{CT} [ ]

$RCP = RCL\left(\frac{H_{CP}}{H_{CL}}\right) = \left(\frac{\quad}{\quad}\right) =$ [ ] ▶ P_{CP} [ ]

Datos Lámpara/Luminario

4. Luminario No. _____ Tipo _____ Categoría de Manto. _____ Condición de Suciedad _____ Ciclo de Limpieza _____ S/MH _____ meses

5. A. Lámpara _____ Ⓑ Lúmenes _____ C. $\frac{\text{Lámparas}}{\text{Luminario}}$: _____ D. Lúmenes/Luminario: [ ]

6. Ⓐ DLL [ ] x Ⓑ DPL [ ] x Ⓒ DPSL [ ] x Ⓓ FB [ ] ▶ FPL [ ]

7. Ⓐ Coeficiente de utilización (CU): [ ] x Ⓑ [ ] = CU corregido ▶ [ ]

LX

⑧ ▶ Nivel de iluminación requerido (lx) ▶ [ ]

Cálculos

9. Lúmenes totales = $\frac{\text{luxes} \times \text{área}}{CU \times FPL} = \frac{\quad \times \quad}{\quad \times \quad} =$ ▶ [ ]

10. Número de luminarios = $\frac{\text{lúmenes totales}}{\text{lúmenes por luminario}} = \frac{\quad}{\quad} =$ _____ ▶ [ ]

Datos de Espaciamiento

11. Área por luminario (AL) = $\frac{\text{área total}}{\text{No. de luminarios}} = \frac{\quad}{\quad} =$ ▶ [ ]

12. Espaciamiento aproximado

A. Para unidades individuales $\sqrt{AL} = \sqrt{\quad} =$

o

B. Para tiras continuas $\frac{AL}{\text{longitud del luminario}} = \frac{\quad}{\quad} =$

▶ [ ]

Comprobación

Datos finales: Número de luminarios [ ] Espaciamiento [ ] Luxes [ ]

$Lx = \frac{LT \times FPL \times CU}{\text{área}}$

(De la línea 1) (De la línea 4)

Comprobación de espaciamiento: $H_{CL} \times S/MH =$ _____ x _____ = espaciamiento máximo ▶ [ ]

Notas

③Ⓑ P_{CT} a P_{CP} de Notas Tabla 1
⑤Ⓑ De catálogo de lámparas
⑥Ⓐ De Notas Tabla 4
⑥Ⓑ De Notas Tabla 5
⑥Ⓒ De Notas Tabla 6
⑥Ⓓ Del fabricante del balastro
⑦Ⓐ De Notas Tabla 2
⑦Ⓑ De Notas Tabla 3
⑧ Como se especifique o recomiende

Fecha_____

HOJA DE CÁLCULO POR EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

(la letra ⊗ indica nota)

Información del Local

1. Dimensiones del local: L [ ] A [ ] Altura [ ] — H CT [ ] H CL [ ] H CP [ ]

2. Reflectancias: (por ciento) Techo (P_T) [ ] Paredes (P_W) [ ] Piso (P_P) [ ]

3. Relaciones de cavidad: A. $RCL = \frac{5 \times H_{CL}(L + A)}{L \times A} = \frac{5 \times (\quad + \quad)}{\quad \times \quad} =$ ▶ [ ]

(De la línea 2) ▶ P_{CL} [ ]

Ⓑ $RCT = RCL\left(\frac{H_{CT}}{H_{CL}}\right) = \left(\frac{\quad}{\quad}\right) =$ [ ] ▶ P_{CT} [ ]

$RCP = RCL\left(\frac{H_{CP}}{H_{CL}}\right) = \left(\frac{\quad}{\quad}\right) =$ [ ] ▶ P_{CP} [ ]

Datos Lámpara/Luminario

4. Luminario No. _____ Tipo _____ Categoría de Manto. _____ Condición de Suciedad _____ Ciclo de Limpieza _____ S/MH _____ meses

5. A. Lámpara _____ Ⓑ Lúmenes _____ C. $\frac{\text{Lámparas}}{\text{Luminario}}$: _____ D. Lúmenes/Luminario: [ ]

6. Ⓐ DLL [ ] x Ⓑ DPL [ ] x Ⓒ DPSL [ ] x Ⓓ FB [ ] ▶ FPL [ ]

7. Ⓐ Coeficiente de utilización (CU): [ ] x Ⓑ [ ] = CU corregido ▶ [ ]

LX

⑧ ▶ Nivel de iluminación requerido (lx) ▶ [ ]

Cálculos

9. Lúmenes totales = $\frac{\text{luxes} \times \text{área}}{CU \times FPL} = \frac{\quad \times \quad}{\quad \times \quad} =$ ▶ [ ]

10. Número de luminarios = $\frac{\text{lúmenes totales}}{\text{lúmenes por luminario}} = \frac{\quad}{\quad} =$ _____ ▶ [ ]

Datos de Espaciamiento

11. Área por luminario (AL) = $\frac{\text{área total}}{\text{No. de luminarios}} = \frac{\quad}{\quad} =$ ▶ [ ]

12. Espaciamiento aproximado

A. Para unidades individuales $\sqrt{AL} = \sqrt{\quad} =$

o

B. Para tiras continuas $\frac{AL}{\text{longitud del luminario}} = \frac{\quad}{\quad} =$

▶ [ ]

Comprobación

Datos finales: Número de luminarios [ ] Espaciamiento [ ] Luxes [ ]

$Lx = \frac{LT \times FPL \times CU}{\text{área}}$

(De la línea 1) (De la línea 4)

Comprobación de espaciamiento: $H_{CL} \times S/MH =$ _____ x _____ = espaciamiento máximo ▶ [ ]

Notas

Ⓑ P_{CT} a P_{CP} le Notas Tabla 1
Ⓑ De catálogo de lámparas
Ⓐ De Notas Tabla 4
Ⓑ De Notas Tabla 5
Ⓒ De Notas Tabla 6
Ⓓ Del fabricante del balastro
Ⓐ De Notas Tabla 2
Ⓑ De Notas Tabla 3
⑧ Como se especifique o recomiende

Fecha_____

Fig. 9-12 Coefficients of Utilization, Wall Luminance Coefficients, Ceiling Cavity Luminance (See page 9-13 for

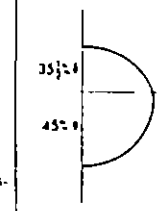
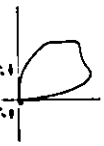
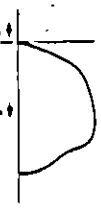
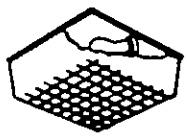
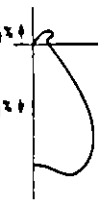
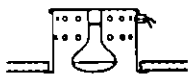
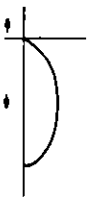
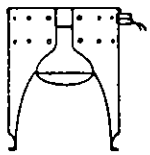
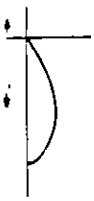
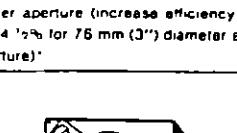
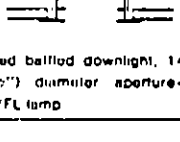
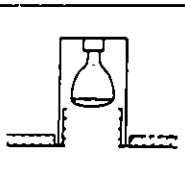
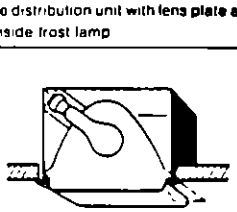
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{cc} —	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{cc} —
			ρ_w —	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w —
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{fc} = 20)																	RCR ↓
1   Pendant diffusing sphere with incandescent lamp	V	1 5	0	87	87	87	81	81	81	70	70	70	59	59	59	49	49	49	45	—	0
			1	71	67	63	66	62	59	56	.53	50	47	45	42	38	37	35	31	348	1
			2	60	54	49	56	50	45	47	43	39	39	36	33	32	29	27	23	269	2
			3	52	45	39	48	42	37	41	36	31	34	30	26	27	24	22	18	221	3
			4	46	38	33	42	36	30	36	30	26	30	26	22	24	21	18	15	186	4
			5	40	33	27	37	30	25	31	26	22	26	22	18	21	18	15	12	162	5
			6	36	28	23	33	26	21	28	23	19	23	19	16	19	15	13	10	144	6
			7	32	25	20	29	23	18	25	20	16	21	16	13	17	13	11	09	130	7
			8	29	22	17	26	20	16	23	17	14	19	15	12	15	12	09	07	117	8
			9	26	19	15	24	18	14	20	15	12	17	13	10	14	11	08	06	107	9
			10	23	17	13	22	16	12	19	14	10	16	12	09	13	09	07	05	099	10
2   Concentric ring unit with incandescent silvered-bowl lamp	II	N A	0	83	83	83	72	72	72	50	50	50	30	30	30	12	12	12	03	—	0
			1	72	69	66	62	60	57	43	42	40	26	25	25	10	10	10	03	017	1
			2	63	58	54	54	50	47	38	36	33	23	22	21	09	09	08	02	014	2
			3	55	49	45	48	43	39	33	30	28	20	19	17	08	08	07	02	013	3
			4	48	42	37	42	37	33	29	26	24	18	16	15	07	07	06	02	011	4
			5	43	36	32	37	32	28	26	23	20	16	14	13	06	06	05	01	010	5
			6	38	32	27	33	28	24	23	20	17	14	12	11	06	05	04	01	009	6
			7	34	28	23	30	24	21	21	17	15	13	11	09	05	04	04	01	009	7
			8	31	25	20	27	21	18	18	15	13	12	10	08	05	04	03	01	008	8
			9	28	22	18	24	19	16	17	14	11	10	09	07	04	03	03	01	008	9
			10	25	20	16	22	17	14	16	12	10	10	08	06	04	03	03	01	007	10
3   Porcelain-enameled ventilated standard dome with incandescent lamp	IV	1 3	0	99	99	99	97	97	97	93	93	93	89	89	89	85	85	85	83	—	0
			1	88	85	82	86	83	81	83	80	78	79	78	76	77	75	73	72	291	1
			2	78	73	68	76	72	67	73	69	66	71	67	64	68	65	63	61	277	2
			3	69	62	57	67	61	57	65	60	56	63	58	.55	61	57	54	52	262	3
			4	61	54	49	60	53	48	58	52	48	56	51	47	54	50	46	45	242	4
			5	54	47	41	.53	46	41	51	45	41	50	44	40	48	43	40	38	227	5
			6	48	41	35	47	40	35	46	39	35	44	39	34	43	38	.34	32	212	6
			7	43	35	30	.42	35	30	41	.34	30	39	34	30	.38	33	29	28	198	7
			8	38	31	26	38	31	26	37	30	.26	36	30	.26	35	30	26	24	185	8
			9	35	28	23	34	27	23	.33	27	23	32	27	23	31	.26	22	21	174	9
			10	31	25	20	31	24	.20	30	24	20	29	24	20	.29	23	20	18	163	10
4   Prismatic square surface drum	V	1 3	0	89	89	89	85	85	85	77	77	77	70	70	70	63	63	63	60	—	0
			1	78	75	.72	74	72	69	68	66	64	62	60	58	56	55	54	51	241	1
			2	69	65	61	66	62	58	61	57	54	56	.53	50	51	49	47	44	202	2
			3	62	57	52	60	55	.50	55	51	47	50	47	44	46	.43	41	39	178	3
			4	56	50	46	54	49	44	50	45	42	46	42	39	.42	39	.37	35	159	4
			5	51	45	40	49	43	.39	45	41	37	42	38	35	39	36	33	31	146	5
			6	46	40	36	45	39	35	42	37	33	39	35	31	36	32	30	28	135	6
			7	42	36	32	41	35	31	38	33	29	35	31	28	33	29	.27	25	126	7
			8	38	32	28	37	32	28	35	30	.26	32	28	25	.30	27	24	22	118	8
			9	35	29	25	34	29	25	32	27	24	30	26	23	28	24	22	20	112	9
			10	32	27	23	31	26	22	29	25	21	27	23	20	26	22	20	18	105	10
5   R-40 flood without shielding	IV	0 8	0	1 19	1 19	1 19	1 16	1 16	1 16	1.11	1 11	1 11	1 06	1 06	1 06	1 02	1 02	1 02	00	—	0
			1	1 09	1 07	1 04	1 07	1 05	1 02	1 03	1 01	99	99	98	96	96	95	93	92	205	1
			2	1 01	97	93	99	95	92	96	93	90	93	90	88	90	88	86	84	195	2
			3	93	88	84	92	87	83	.89	85	81	87	83	80	84	81	79	77	188	3
			4	87	81	76	85	80	75	83	.78	75	81	77	74	79	.76	73	71	180	4
			5	80	74	69	.79	73	69	77	72	68	76	71	67	.74	70	67	65	173	5
			6	74	68	63	73	67	63	72	66	62	.70	66	62	69	65	61	60	167	6
			7	69	62	57	68	62	57	67	61	57	65	60	56	64	60	56	55	162	7
			8	64	57	53	63	57	52	62	56	52	61	56	52	60	55	52	50	155	8
			9	59	52	48	59	52	48	58	52	48	57	.51	46	56	51	47	.46	150	9
			10	55	49	44	55	48	44	54	48	44	53	.48	44	52	47	44	42	144	10
6   R-40 flood with specular anodized reflector skirt, 45° cutoff	IV	0 7	0	1 01	1 01	1 01	.99	99	99	94	94	94	90	90	90	87	87	87	85	—	0
			1	96	94	92	94	92	91	90	89	88	87	86	85	84	84	83	82	080	1
			2	91	88	86	90	87	85	87	85	83	84	83	82	82	81	80	79	076	2
			3	87	84	81	86	83	81	.84	81	79	.82	80	78	80	78	77	76	074	3
			4	83	80	77	82	79	77	81	78	76	79	77	75	78	76	74	73	074	4
			5	79	76	73	79	75	73	77	74	72	.76	73	.71	75	73	.71	70	075	5
			6	76	73	70	76	72	70	75	72	69	74	.71	69	73	70	68	67	072	6
			7	73	69	66	73	69	66	72	68	66	71	68	66	70	67	85	64	073	7
			8	70	66	63	70	66	63	69	65	63	68	65	63	67	65	63	62	072	8
			9	67	63	60	67	63	60	66	62	60	65	62	60	.65	62	60	59	072	9
			10	64	60	58	64	60	58	63	60	58	63	60	57	62	59	57	56	071	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{CC} →	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{CC} →
			ρ_w →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w →
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{FC} = 20)																	RCR ↓
7  EAR-38 lamp above 51 mm (2") diameter aperture (increase efficiency to 54 ½% for 76 mm (3") diameter aperture)*	IV	0.7	0	52	52	52	51	51	51	48	48	48	46	46	46	45	45	45	44	—	0
			1	49	48	48	48	48	47	47	46	46	45	45	44	44	43	43	42	.036	1
			2	47	46	45	46	45	44	45	44	43	44	43	42	43	42	42	41	.034	2
			3	45	44	43	45	43	42	44	42	42	43	42	41	42	41	40	40	.033	3
			4	43	42	41	43	41	40	42	41	40	41	40	39	41	40	39	.38	.032	4
			5	42	40	39	41	40	38	41	39	38	40	39	38	39	38	38	.37	.033	5
			6	40	39	37	40	38	37	39	38	37	39	38	37	38	37	36	.36	.032	6
			7	39	37	.36	39	37	36	38	37	35	38	36	35	37	36	35	.35	.032	7
			8	37	36	34	37	35	34	37	35	34	36	35	34	36	35	34	.33	.032	8
			9	36	34	33	36	34	33	35	34	33	35	34	33	35	33	33	.32	.032	9
			10	35	33	32	35	33	32	34	33	32	34	33	32	34	32	31	.31	.032	10
8  Medium distribution unit with lens plate and inside frost lamp	V	1.0	0	65	65	65	63	63	63	60	60	60	58	58	58	55	55	55	.54	—	0
			1	60	58	57	58	57	56	56	55	54	54	53	52	52	52	51	.50	.112	1
			2	55	53	51	54	52	50	52	50	49	51	49	48	49	48	47	.46	.106	2
			3	51	48	46	50	47	45	49	46	44	47	45	44	46	44	43	.42	.102	3
			4	47	44	41	47	44	41	45	43	41	44	42	40	43	41	40	.39	.097	4
			5	44	40	38	43	40	38	42	39	37	41	39	37	40	38	37	.36	.093	5
			6	41	37	35	40	37	35	39	36	34	39	36	34	38	36	34	.33	.089	6
			7	38	34	32	37	34	32	37	34	31	36	33	31	35	33	31	.30	.086	7
			8	35	32	29	35	31	29	34	31	29	34	31	29	33	30	29	.28	.083	8
			9	33	29	27	32	29	27	32	29	26	31	28	26	31	28	26	.25	.080	9
			10	30	27	25	30	27	24	30	27	24	29	28	24	29	28	24	.23	.077	10
9  Recessed baffled downlight, 140 mm (5 ½") diameter aperture—150-PAR/FL lamp	IV	0.5	0	82	82	82	80	80	80	76	76	76	73	73	73	70	70	70	.69	—	0
			1	78	77	76	77	76	75	74	74	73	72	.71	71	69	69	69	.68	.028	1
			2	76	74	.73	75	73	72	73	71	70	71	70	69	69	68	67	.67	.027	2
			3	74	72	70	73	71	70	71	70	69	70	69	68	68	67	67	.66	.024	3
			4	72	70	68	71	69	68	70	68	67	69	67	66	67	66	66	.65	.024	4
			5	70	68	66	69	67	66	68	67	65	67	66	65	67	65	64	.64	.025	5
			6	69	66	65	68	66	65	67	66	64	67	65	64	66	65	64	.63	.024	6
			7	67	65	63	67	65	63	66	64	63	65	64	63	65	.64	62	.62	.024	7
			8	66	64	62	65	63	62	65	63	62	64	63	62	64	62	61	.61	.024	8
			9	65	63	61	64	62	61	64	62	61	63	62	61	63	62	61	.60	.024	9
			10	63	61	60	63	61	60	63	61	60	62	61	60	62	61	60	.59	.024	10
10  Recessed baffled downlight, 140 mm (5 ½") diameter aperture—75ER30 lamp	IV	0.5	0	1.01	1.01	1.01	99	99	99	95	95	95	91	91	91	87	87	87	85	—	0
			1	97	95	94	95	94	92	92	91	90	88	88	87	86	85	84	.83	.053	1
			2	93	91	89	91	89	88	89	87	86	86	85	84	84	83	82	.81	.051	2
			3	90	87	85	89	86	84	87	85	83	85	83	82	83	82	81	.79	.048	3
			4	87	84	82	86	83	81	84	82	80	83	81	.79	81	80	79	.78	.048	4
			5	84	81	79	83	80	78	82	.79	78	81	79	77	80	78	76	.75	.049	5
			6	82	79	.76	81	78	76	80	78	76	79	.77	.75	78	.76	75	.74	.047	6
			7	79	76	74	79	76	74	78	75	73	77	75	73	76	74	73	.72	.047	7
			8	77	74	72	77	74	72	76	73	71	75	73	71	75	72	71	.70	.047	8
			9	75	72	.70	75	72	70	74	.71	69	73	.71	69	73	71	69	.68	.047	9
			10	73	70	68	73	70	68	72	69	68	72	69	67	71	69	67	.67	.046	10
11  Wide distribution unit with lens plate and inside frost lamp	V	1.4	0	63	63	63	62	62	62	59	59	59	57	.57	57	54	54	54	53	—	0
			1	58	56	54	57	55	54	54	53	52	52	51	50	50	50	49	48	.135	1
			2	53	50	48	52	.49	47	50	48	46	48	47	45	47	.45	44	.43	.127	2
			3	48	45	42	47	44	42	46	43	41	44	42	40	43	41	40	.39	.122	3
			4	44	40	37	43	40	37	42	39	37	41	38	36	40	37	36	.35	.116	4
			5	40	36	33	39	36	33	38	35	33	37	35	32	36	34	32	.31	.111	5
			6	36	32	.30	36	32	29	35	32	29	34	31	29	33	31	29	.28	.106	6
			7	33	29	26	33	29	26	32	28	26	31	28	26	30	28	26	.25	.102	7
			8	30	26	23	30	26	23	29	26	23	28	25	23	28	25	23	.22	.098	8
			9	27	23	21	27	23	21	26	23	21	26	23	20	25	22	20	.19	.094	9
			10	25	21	18	25	21	18	24	21	18	24	20	18	23	20	18	.17	.090	10
12  Recessed unit with dropped diffusing glass	V	1.3	0	62	62	62	60	60	60	57	57	57	54	54	54	52	52	52	51	—	0
			1	53	51	48	52	49	47	49	47	46	47	45	44	45	43	42	41	.234	1
			2	46	42	39	45	42	39	43	40	38	41	39	36	39	37	35	34	.204	2
			3	40	36	33	40	35	32	38	34	31	36	33	31	35	32	30	29	.182	3
			4	36	31	28	35	31	28	34	30	27	32	29	26	31	28	26	25	.161	4
			5	32	27	24	31	27	24	30	26	23	29	.25	23	28	25	22	21	.147	5
			6	29	24	20	28	24	20	27	23	20	26	22	20	25	22	19	18	.134	6
			7	26	21	18	25	21	18	24	20	17	23	20	17	22	19	17	16	.124	7
			8	23	19	16	23	18	15	22	18	15	21	.18	15	20	.17	15	14	.115	8
			9	21	17	14	21	16	14	20	16	13	19	16	13	19	15	13	12	.107	9
			10	19	15	12	19	15	12	18	14	12	18	14	12	17	14	12	11	.100	10

* Also, reflector downlight with baffles and inside frosted lamp.

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

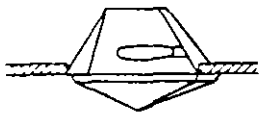
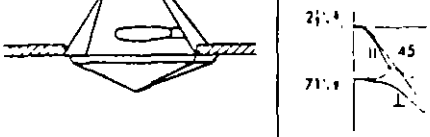
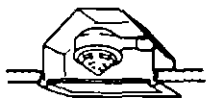
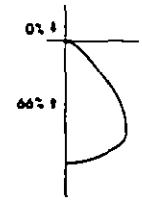
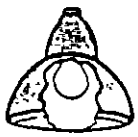
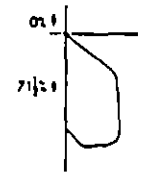
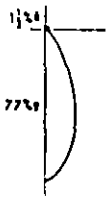
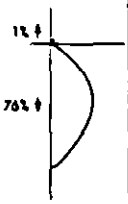
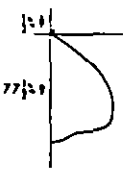
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{CC} →	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{CC} →
			ρ_w →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w →
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{FC} = 20)																	RCR ↓
13	V	N.A.	0	.87	.87	.87	.85	.85	.85	.80	.80	.80	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.71	—	0
			1	.78	.73	.70	.74	.71	.69	.71	.68	.66	.67	.65	.64	.64	.63	.61	.60	.287	1
			2	.67	.62	.58	.66	.61	.57	.63	.59	.56	.60	.57	.54	.57	.55	.53	.51	.253	2
			3	.59	.54	.49	.58	.53	.48	.56	.51	.47	.53	.49	.46	.51	.48	.45	.43	.230	3
			4	.53	.47	.42	.52	.46	.42	.50	.45	.41	.48	.44	.40	.46	.42	.39	.38	.209	4
			5	.47	.41	.36	.46	.40	.36	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.41	.37	.34	.32	.193	5
			6	.42	.36	.31	.41	.35	.31	.40	.34	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.29	.28	.180	6
			7	.37	.31	.26	.37	.31	.26	.35	.30	.26	.34	.29	.25	.33	.28	.25	.24	.170	7
			8	.34	.27	.23	.33	.27	.23	.32	.26	.22	.31	.26	.22	.30	.25	.22	.20	.158	8
Bilateral batwing distribution—clear HID with dropped prismatic lens			9	.30	.24	.20	.29	.24	.20	.28	.23	.19	.27	.23	.19	.27	.22	.19	.17	.149	9
			10	.27	.21	.17	.27	.21	.17	.28	.20	.17	.25	.20	.17	.24	.19	.16	.15	.140	10
14	V	1.3	0	.78	.78	.78	.77	.77	.77	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.67	.67	.67	.66	—	0
			1	.71	.69	.67	.70	.68	.66	.67	.66	.64	.65	.64	.62	.62	.61	.61	.59	.165	1
			2	.65	.62	.59	.64	.61	.58	.62	.59	.57	.60	.58	.56	.58	.56	.55	.54	.155	2
			3	.59	.55	.52	.58	.55	.52	.57	.53	.51	.55	.52	.50	.53	.51	.49	.48	.149	3
			4	.54	.50	.47	.54	.49	.46	.52	.49	.46	.51	.48	.45	.49	.47	.45	.43	.141	4
			5	.50	.45	.42	.49	.45	.41	.48	.44	.41	.47	.43	.41	.46	.43	.40	.39	.134	5
			6	.46	.41	.37	.45	.40	.37	.44	.40	.37	.43	.39	.37	.42	.39	.36	.35	.128	6
			7	.41	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.36	.33	.39	.35	.33	.38	.35	.32	.31	.123	7
			8	.38	.33	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.28	.118	8
Clear HID lamp and glass refractor above plastic lens panel			9	.35	.30	.27	.34	.30	.27	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.25	.113	9
			10	.32	.27	.24	.31	.27	.24	.31	.27	.24	.30	.26	.24	.30	.26	.23	.22	.109	10
15	V	1.4	0	.85	.85	.85	.83	.83	.83	.80	.80	.80	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.72	—	0
			1	.78	.76	.74	.76	.74	.73	.73	.72	.70	.71	.69	.68	.68	.67	.66	.65	.167	1
			2	.71	.68	.65	.70	.67	.64	.68	.65	.63	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.59	.159	2
			3	.65	.61	.57	.64	.60	.57	.62	.59	.56	.60	.57	.55	.59	.56	.54	.53	.156	3
			4	.60	.55	.51	.59	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.52	.50	.54	.51	.49	.48	.149	4
			5	.54	.49	.45	.54	.49	.45	.52	.48	.45	.51	.47	.44	.50	.46	.44	.43	.144	5
			6	.49	.44	.40	.49	.44	.40	.48	.43	.40	.46	.42	.40	.45	.42	.39	.38	.140	6
			7	.44	.39	.35	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.42	.38	.35	.41	.37	.35	.33	.137	7
			8	.40	.35	.31	.40	.35	.31	.39	.35	.31	.38	.34	.31	.38	.34	.31	.30	.131	8
Enclosed reflector with an incandescent lamp			9	.37	.31	.28	.36	.31	.28	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.26	.126	9
			10	.33	.28	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24	.23	.121	10
16	III	0.7	0	.93	.93	.93	.90	.90	.90	.86	.86	.86	.82	.82	.82	.78	.78	.78	.77	—	0
>7.5 			1	.87	.85	.83	.85	.83	.82	.81	.80	.79	.78	.77	.76	.75	.75	.74	.72	.107	1
			2	.81	.79	.76	.80	.77	.75	.77	.75	.73	.75	.73	.72	.72	.71	.70	.69	.101	2
			3	.77	.73	.71	.76	.72	.70	.73	.71	.69	.71	.69	.67	.70	.68	.66	.65	.098	3
			4	.73	.69	.66	.72	.68	.65	.70	.67	.64	.68	.66	.64	.67	.65	.63	.62	.094	4
			5	.69	.65	.62	.68	.64	.61	.66	.63	.61	.65	.62	.60	.64	.61	.59	.58	.093	5
			6	.65	.61	.58	.64	.61	.58	.63	.60	.57	.62	.59	.57	.61	.58	.56	.55	.089	6
			7	.62	.57	.54	.61	.57	.54	.60	.56	.54	.59	.56	.53	.58	.55	.53	.52	.088	7
			8	.58	.54	.51	.58	.54	.51	.57	.53	.51	.56	.53	.51	.55	.52	.50	.49	.086	8
High bay narrow distribution ventilated reflector with clear HID lamp			9	.55	.51	.48	.55	.51	.48	.54	.50	.48	.53	.50	.48	.53	.50	.48	.47	.084	9
			10	.53	.49	.46	.52	.48	.46	.52	.48	.46	.51	.48	.45	.50	.47	.45	.44	.081	10
17	III	1.0	0	.91	.91	.91	.89	.89	.89	.85	.85	.85	.81	.81	.81	.78	.78	.78	.76	—	0
>7.5 			1	.84	.82	.80	.82	.80	.78	.79	.77	.76	.76	.74	.73	.73	.72	.71	.69	.163	1
			2	.77	.73	.70	.76	.72	.70	.73	.70	.68	.70	.68	.66	.68	.66	.65	.63	.156	2
			3	.71	.66	.63	.69	.65	.62	.67	.64	.61	.65	.62	.60	.63	.61	.59	.57	.154	3
			4	.65	.60	.56	.64	.59	.56	.62	.58	.55	.60	.57	.54	.59	.56	.54	.52	.148	4
			5	.59	.54	.50	.59	.54	.50	.57	.53	.50	.56	.52	.49	.54	.51	.48	.47	.144	5
			6	.54	.49	.45	.54	.49	.45	.52	.48	.45	.51	.47	.44	.50	.47	.44	.42	.139	6
			7	.50	.44	.40	.49	.44	.40	.48	.43	.40	.47	.43	.39	.46	.42	.39	.38	.136	7
			8	.45	.40	.36	.45	.40	.36	.44	.39	.36	.43	.39	.35	.42	.38	.35	.34	.131	8
High bay" intermediate distribution ventilated reflector with clear HID lamp			9	.41	.36	.32	.41	.36	.32	.40	.35	.32	.39	.35	.32	.38	.35	.32	.30	.127	9
			10	.38	.33	.29	.37	.32	.29	.37	.32	.29	.36	.32	.29	.35	.31	.28	.27	.122	10
18	III	1.5	0	.93	.93	.93	.91	.91	.91	.87	.87	.87	.83	.83	.83	.79	.79	.79	.78	—	0
			1	.85	.82	.80	.83	.81	.79	.79	.78	.76	.76	.75	.74	.74	.72	.71	.70	.194	1
			2	.77	.73	.70	.76	.72	.69	.73	.70	.67	.70	.68	.66	.68	.66	.64	.63	.187	2
			3	.70	.65	.61	.68	.64	.60	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.62	.59	.57	.56	.184	3
			4	.63	.58	.53	.62	.57	.53	.60	.56	.52	.58	.55	.52	.57	.54	.51	.49	.176	4
			5	.57	.51	.47	.56	.51	.47	.55	.50	.46	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.44	.170	5
			6	.51	.45	.41	.51	.45	.41	.49	.44	.40	.48	.43	.40	.47	.43	.40	.38	.164	6
			7	.46	.40	.35	.45	.39	.35	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.42	.38	.34	.33	.159	7
			8	.41	.35	.31	.41	.35	.31	.40	.34	.31	.39	.34	.30	.38	.33	.30	.29	.152	8
"High bay" wide distribution ventilated reflector with clear HID lamp			9	.37	.31	.27	.37	.31	.27	.36	.30	.27	.35	.30	.27	.34	.30	.26	.25	.146	9
			10	.33	.28	.24	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.31	.27	.23	.31	.26	.23	.22	.140	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρcc →	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρcc →
			ρw →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρw →
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρcc = 20)																	RCR ↓
19	III	1.0	0	96	96	96	93	93	93	88	88	88	83	83	83	78	78	78	76	—	0
			1	89	87	84	86	84	83	82	80	79	78	.76	75	74	73	72	70	140	1
			2	82	79	76	80	77	74	76	74	72	73	71	69	70	68	67	65	134	2
			3	76	72	68	74	70	67	71	68	65	68	66	63	66	63	62	60	131	3
			4	70	66	62	69	65	61	66	63	60	64	61	58	62	59	57	55	127	4
			5	65	60	56	64	59	56	62	58	54	60	56	53	58	55	52	51	124	5
			6	60	55	51	59	55	51	57	53	50	56	52	49	54	51	48	47	119	6
			7	56	50	47	55	50	46	53	49	46	52	48	45	50	47	44	43	117	7
High bay, intermediate distribution ventilated reflector with phosphor coated HID lamp			8	52	47	43	51	46	43	50	45	42	48	44	41	47	43	41	40	113	8
			9	48	43	39	47	42	39	46	42	39	45	41	38	44	40	38	36	.109	9
			10	45	40	36	44	39	36	43	39	36	42	38	35	41	37	35	34	105	10
20	III	1.5	0	93	93	93	90	90	90	83	83	83	77	77	77	72	72	72	69	—	0
			1	85	83	81	82	80	78	77	.75	74	72	71	69	67	66	65	63	146	1
			2	78	74	71	76	72	69	71	68	66	67	65	63	63	61	60	58	138	2
			3	71	67	63	69	65	62	65	62	59	62	59	57	58	56	54	53	137	3
			4	65	60	56	64	59	55	60	56	53	57	54	51	54	52	50	48	132	4
			5	60	54	50	58	53	49	55	51	48	53	49	46	50	47	45	43	129	5
			6	54	49	45	53	48	44	51	46	43	48	45	42	46	43	40	39	125	6
			7	49	44	40	48	43	39	46	41	38	44	40	37	42	39	36	34	123	7
High bay, wide distribution ventilated reflector with phosphor coated HID lamp			8	45	39	35	44	38	35	42	37	34	40	36	33	38	35	32	31	120	8
			9	41	35	31	40	34	31	38	33	30	36	32	29	35	31	28	27	117	9
			10	37	31	27	36	31	27	34	30	26	33	29	26	32	28	25	24	.113	10
21	V	1.8	0	82	82	82	80	80	80	76	76	76	73	73	73	70	70	70	68	—	0
			1	73	71	68	72	69	67	69	67	65	66	65	63	64	63	61	60	209	1
			2	66	62	58	64	61	58	62	59	56	60	57	55	58	56	54	53	199	2
			3	58	54	50	57	53	49	55	52	48	54	50	46	52	49	47	45	192	3
			4	52	47	43	51	46	43	50	45	42	46	45	42	47	44	41	40	180	4
			5	47	41	.37	46	41	37	45	40	36	43	39	36	42	38	36	34	171	5
			6	42	36	32	41	36	32	40	35	31	39	34	31	38	34	31	29	163	6
			7	37	31	.27	36	31	27	35	30	27	34	30	26	33	29	26	25	156	7
'Low bay' rectangular pattern, lensed bottom reflector unit with clear HID lamp			8	33	27	23	32	.27	23	.31	26	23	31	26	23	30	26	23	21	147	8
			9	29	24	20	29	23	20	28	23	20	27	23	19	27	22	.19	18	140	9
			10	26	20	17	26	20	17	.25	20	17	24	20	17	24	20	17	15	133	10
22	V	1.9	0	83	83	83	81	81	81	77	77	77	73	73	.73	70	70	70	68	—	0
			1	73	.70	67	71	68	66	67	65	63	64	62	61	61	60	.58	57	277	1
			2	64	59	55	62	58	54	.59	56	52	57	54	51	54	52	49	46	252	2
			3	56	50	45	54	49	45	52	47	44	50	46	43	47	44	42	40	233	3
			4	49	43	38	.48	42	.38	.46	41	37	44	40	.36	42	39	36	34	212	4
			5	43	37	.32	42	36	32	41	35	31	39	34	31	37	33	30	29	197	5
			6	38	32	27	37	31	27	36	30	26	34	30	26	33	.29	25	24	183	6
			7	34	27	23	33	27	22	31	26	.22	30	25	.22	29	.25	21	20	172	7
			8	30	.24	19	29	23	19	28	23	19	27	22	19	26	22	18	17	159	8
Low bay lensed bottom reflector unit with clear HID lamp			9	27	21	16	26	20	16	25	20	16	24	.19	16	23	.19	16	14	.149	9
			10	24	18	14	24	.18	14	23	17	14	22	17	.14	21	.17	13	12	139	10
23	IV	1.7	0	67	67	67	.65	65	65	62	62	62	60	60	60	57	57	57	56	—	0
			1	.60	58	57	59	57	56	57	55	54	54	53	52	52	52	51	50	159	1
			2	54	51	48	53	50	48	51	49	47	49	47	46	48	46	45	44	155	2
			3	48	44	41	47	44	41	46	43	40	44	42	40	43	41	39	38	152	3
			4	43	39	36	42	38	35	41	38	35	40	37	34	39	36	34	33	145	4
			5	38	34	30	38	34	30	37	.33	30	36	32	30	35	32	29	28	138	5
			6	34	30	26	34	29	26	33	29	26	32	28	26	31	.28	25	24	132	6
			7	30	26	22	30	25	22	29	25	22	28	25	22	27	24	22	21	126	7
Wide spread, recessed, small open bottom reflector with low wattage diffusse HID lamp			8	27	23	.19	27	22	19	26	22	19	25	22	19	25	.21	19	18	119	8
			9	24	20	17	24	20	.17	23	19	17	23	19	16	22	.19	16	15	113	9
			10	22	17	14	22	17	14	21	17	14	21	17	.14	.20	17	14	13	107	10
24	VI	N.A.	0	74	74	74	63	63	63	43	43	43	25	25	25	08	08	08	00	—	0
			1	64	62	59	55	53	51	38	36	35	22	21	20	07	07	07	00	000	1
			2	56	52	48	48	45	42	33	31	29	19	18	17	06	06	06	00	000	2
			3	49	44	40	42	38	35	29	26	24	17	15	14	05	05	05	00	000	3
			4	43	38	33	37	33	29	26	23	20	15	13	.12	05	04	04	00	000	4
			5	38	33	28	33	28	25	23	20	17	.13	12	10	04	04	03	00	000	5
			6	34	28	24	29	25	21	20	17	15	12	10	09	04	03	03	00	000	6
			7	31	25	21	26	22	18	.18	15	13	11	09	08	03	03	03	00	000	7
Open top, indirect, reflector type unit with HID lamp (mult by 0.9 for lens top)			8	28	22	18	24	19	16	16	13	11	10	08	07	03	03	02	00	000	8
			9	25	20	16	21	17	14	15	12	10	09	07	06	03	02	02	00	000	9
			10	23	18	14	20	15	12	14	11	09	08	06	05	03	02	02	00	000	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

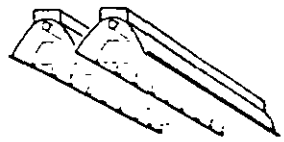
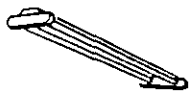
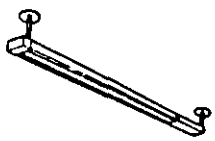
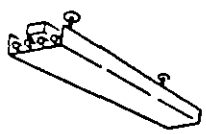
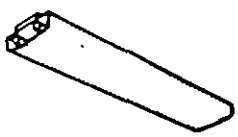
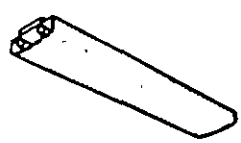
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{cc} =	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{cc} =
			ρ_w =	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w =
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{fc} = 20)																	RCR ↓
31 	IV	1.5/1.2	0	69	69	69	67	67	67	64	64	64	62	62	62	59	59	59	58	—	0
			1	63	61	.59	62	60	58	59	58	57	57	56	55	55	54	53	52	148	1
			2	57	54	52	56	53	51	54	52	50	52	50	49	51	49	48	47	142	2
			3	52	48	45	51	47	45	49	46	44	48	45	43	46	44	42	41	139	3
			4	47	42	39	46	42	39	44	41	38	43	40	38	42	40	.38	36	135	4
			5	42	37	34	41	37	34	40	36	34	39	36	33	38	35	33	32	131	5
			6	38	33	30	37	33	30	36	32	29	35	32	29	34	31	29	28	125	6
			7	34	29	26	33	29	26	32	29	26	32	28	.26	31	28	25	24	120	7
150 mm × 150 mm (6" × 6") cell parabolic wedge louver (multiply by 1.1 for 250 × 250 mm (10 × 10") cells)			8	30	26	22	30	25	22	29	25	22	28	25	22	28	24	22	21	.116	8
			9	27	22	.19	27	22	19	26	22	19	25	.22	19	25	21	.19	18	112	9
			10	24	20	17	24	20	17	23	19	17	23	19	17	22	19	17	16	108	10
32 	I	1.3	0	1.02	1.02	1.02	99	99	99	.92	92	92	86	86	86	81	81	81	78	—	0
			1	86	82	78	83	79	75	78	74	71	73	70	67	68	66	64	61	426	1
			2	74	67	61	71	65	60	66	61	57	62	58	54	58	55	52	49	365	2
			3	64	56	50	62	55	49	58	52	47	54	49	45	51	47	.43	41	313	3
			4	56	48	42	55	47	41	51	45	39	48	42	38	45	40	36	34	276	4
			5	49	41	35	48	40	34	45	38	33	42	36	32	39	34	30	28	250	5
			6	44	36	30	43	35	29	40	33	28	38	32	27	35	30	26	24	226	6
2 lamp, surface mounted, bare lamp unit—Photometry with 460 mm (18") wide panel above luminaire (lamps on 150 mm (6") centers)			7	39	31	25	38	30	25	36	29	24	34	28	23	32	27	.23	21	206	7
			8	35	27	22	34	27	22	32	26	21	30	24	20	29	23	19	18	190	8
			9	32	24	19	31	23	18	29	22	18	27	21	.17	26	20	17	15	176	9
			10	29	21	17	28	21	16	26	20	16	25	19	15	23	18	15	13	163	10
33 	VI	N.A.	0	77	77	77	68	68	68	50	.50	50	34	34	34	19	.19	19	12	—	0
			1	67	64	62	59	57	54	44	.42	41	30	29	28	17	16	16	10	043	1
			2	59	54	50	52	48	45	38	36	34	26	25	23	15	14	13	09	041	2
			3	51	46	42	45	41	37	34	31	28	23	21	20	13	12	12	07	037	3
			4	45	40	35	40	35	31	30	27	24	20	18	17	12	11	.10	06	035	4
			5	40	34	30	35	30	27	26	23	20	18	16	14	10	09	08	05	032	5
			6	36	30	26	32	27	23	24	20	18	16	14	12	09	08	07	05	030	6
			7	32	26	22	28	.23	20	21	.18	15	15	.12	.11	08	07	06	04	028	7
			8	29	23	19	25	21	.17	19	16	13	13	11	09	08	06	06	03	026	8
Luminous bottom suspended unit with extra-high output lamp			9	26	20	17	23	.18	15	17	14	12	12	.10	08	07	.06	05	03	025	9
			10	24	18	.15	21	16	13	16	12	10	11	.09	07	06	05	04	03	023	10
34 	VI	1.4/1.2	0	91	91	91	85	85	85	74	74	74	64	64	64	54	54	54	50	—	0
			1	80	77	74	.75	73	70	66	64	62	57	.56	54	49	48	47	43	163	1
			2	71	66	62	67	63	59	59	56	53	51	49	47	44	43	41	38	151	2
			3	63	58	.53	60	55	50	53	49	45	46	.43	41	40	38	36	33	140	3
			4	57	50	45	53	48	43	47	43	39	41	38	35	36	34	.32	29	131	4
			5	50	44	39	.48	42	37	.42	38	34	37	34	31	33	.30	28	25	124	5
			6	45	39	34	43	37	33	38	33	30	34	30	27	30	27	.24	22	116	6
			7	41	34	30	39	33	28	34	30	26	30	27	24	27	24	21	19	109	7
			8	37	30	26	35	29	25	31	26	23	27	24	21	24	21	.19	17	103	8
Prismatic bottom and sides, open top, 4 lamp suspended unit—see note 7			9	33	27	22	.31	26	22	28	.23	20	25	.21	18	22	19	16	15	098	9
			10	30	24	.20	28	23	19	25	21	18	23	19	16	20	17	14	13	093	10
35 	V	1.5/1.2	0	81	81	81	78	78	78	72	72	72	66	66	66	61	61	61	59	—	
			1	.71	69	66	69	66	64	64	62	60	59	58	56	55	54	53	50	204	1
			2	64	59	56	61	58	54	57	54	51	53	51	49	49	48	46	44	.184	2
			3	57	52	48	.55	50	47	51	48	45	46	45	42	45	42	40	38	168	3
			4	51	46	41	49	44	41	46	.42	39	43	40	37	41	38	.35	34	156	4
			5	46	40	.38	44	39	35	41	.37	34	39	35	32	37	33	31	29	147	5
			6	41	35	31	40	35	31	38	33	30	35	31	28	33	30	.27	26	137	6
			7	37	31	27	36	31	27	34	29	26	32	28	25	30	27	.24	23	129	7
			8	33	.28	24	32	27	.23	30	26	22	29	.25	.22	27	.24	21	19	122	8
2 lamp prismatic wraparound—see note 7			9	30	24	20	29	24	20	.27	23	19	26	22	19	24	21	18	17	116	9
			10	27	22	18	26	21	18	25	.20	.17	23	.19	16	22	18	.16	15	110	10
36 	V	1.2	0	82	82	82	77	77	77	69	69	69	61	61	61	53	53	.53	50	—	0
			1	71	68	65	67	65	62	60	58	56	53	51	50	47	45	44	41	215	1
			2	63	58	54	59	55	52	53	50	47	47	45	42	42	40	38	35	182	2
			3	56	50	46	53	48	44	47	44	40	42	39	37	38	35	.33	31	158	3
			4	50	44	40	48	42	38	43	39	35	38	35	32	34	32	29	27	142	4
			5	45	39	34	43	37	33	38	34	31	35	31	28	31	28	.26	24	130	5
			6	41	35	30	39	33	29	35	30	27	32	28	25	28	25	23	21	119	6
			7	37	31	.27	35	30	26	32	27	24	29	25	22	26	.23	20	19	111	7
			8	33	27	23	32	26	23	29	24	21	26	22	20	23	20	.18	16	.104	8
2 lamp prismatic wraparound—see note 7			9	30	24	20	29	23	20	26	22	19	24	20	17	21	18	16	14	098	9
			10	27	22	18	26	21	18	24	19	16	22	18	15	19	16	.14	13	092	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{cc} →	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{cc} →
			ρ_w →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
	Maint Cat.	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{fc} = 20)																	RCR ↓
37	V	1.3	0	52	52	52	50	50	50	.46	46	46	43	43	43	39	39	39	38	—	0
			1	45	43	41	43	41	39	40	38	37	36	35	34	34	33	32	30	183	1
			2	39	35	33	37	34	32	34	32	30	32	30	28	29	28	26	25	.160	2
			3	34	30	.27	33	29	26	30	27	25	28	26	24	26	24	22	21	140	3
			4	30	26	23	29	25	22	.27	24	21	25	22	20	23	21	.19	18	125	4
			5	26	22	19	25	21	19	23	20	18	22	19	17	20	18	16	15	114	5
			6	23	19	16	23	19	16	21	18	15	19	17	14	18	16	14	13	104	6
			7	21	17	14	20	16	14	19	16	13	18	15	13	16	.14	12	11	096	7
			8	19	15	12	18	14	12	.17	14	11	16	13	11	15	12	10	09	088	8
2 lamp diffuse wraparound—see note 7			9	17	13	10	16	13	10	15	12	10	14	11	09	13	11	09	08	082	9
			10	15	12	09	15	11	09	.14	11	09	13	10	08	12	10	08	07	077	10
38	IV	1.0	0	60	60	60	58	58	58	56	56	56	53	53	53	51	.51	51	50	—	0
			1	54	52	50	52	51	49	50	49	48	48	47	46	47	46	45	44	151	1
			2	48	45	43	47	44	42	45	43	41	44	42	40	42	41	39	39	.144	2
			3	43	40	37	42	39	37	41	38	36	40	37	36	39	37	35	34	134	3
			4	39	35	32	38	35	32	37	34	32	36	33	31	35	33	31	30	.126	4
			5	35	31	28	35	31	28	34	30	28	33	30	28	32	29	27	26	119	5
			6	32	28	25	32	28	25	31	27	25	30	27	25	29	26	24	23	111	6
			7	29	25	22	29	25	22	28	25	22	27	.24	22	27	24	22	21	104	7
			8	26	22	20	26	22	20	25	22	20	25	22	19	24	21	.19	18	099	8
4 lamp 610 mm (2') wide troffer with 45° plastic louver—see note 7			9	24	20	17	24	20	17	23	20	17	23	19	17	22	.19	.17	16	094	9
			10	22	18	16	22	18	16	21	18	16	21	18	15	20	17	15	15	089	10
39	IV	0.9	0	55	55	55	54	54	54	51	51	51	49	49	49	47	47	47	46	—	0
			1	50	48	47	49	47	46	47	46	45	45	44	43	43	43	42	41	122	1
			2	45	43	41	44	42	40	43	41	39	41	40	38	40	39	37	37	118	2
			3	41	38	36	40	38	35	39	37	35	38	36	34	37	.35	34	33	111	3
			4	37	34	32	37	34	31	36	33	31	35	32	31	34	32	30	29	105	4
			5	34	30	28	33	30	28	32	30	27	32	.29	27	31	29	27	26	100	5
			6	31	28	25	31	27	25	30	27	25	29	27	25	.29	26	24	24	094	6
			7	29	25	23	28	25	23	28	25	22	27	24	22	26	.24	22	21	088	7
			8	26	23	20	26	23	20	25	22	20	25	.22	20	24	22	20	19	084	8
4 lamp 610 mm (2') wide troffer with 45° white metal louver—see note 7			9	24	20	18	24	20	18	23	20	18	23	20	18	22	.20	18	17	081	9
			10	22	19	16	22	19	16	21	18	16	21	18	16	20	18	16	15	077	10
40	V	1.2	0	73	73	73	71	71	71	68	68	68	65	65	65	62	.62	62	60	—	0
			1	64	61	59	62	60	58	60	58	56	57	56	54	55	54	52	51	234	1
			2	56	52	49	55	51	48	.52	49	47	50	.48	46	48	.46	.44	43	.217	2
			3	50	45	41	49	44	41	47	43	40	45	.42	39	43	.41	38	37	198	3
			4	44	39	35	43	38	35	42	37	34	40	.38	33	39	.36	33	32	180	4
			5	39	34	30	38	33	29	37	32	29	36	32	29	34	.31	28	27	.168	5
			6	35	30	26	34	29	25	.33	29	25	32	28	25	31	27	.25	23	155	6
			7	31	26	22	31	28	22	30	25	22	29	.25	22	28	.24	22	20	.143	7
			8	28	23	19	28	23	19	27	22	19	26	22	19	25	22	.19	18	134	8
Fluorescent unit dropped diffuser, 4 lamp 610 mm (2') wide—see note 7			9	25	20	17	25	20	17	24	20	17	23	19	16	23	.19	16	.15	.126	9
			10	23	18	15	23	18	15	22	18	15	21	.17	15	21	17	14	13	118	10
41	V	1.2	0	69	69	69	67	67	67	64	64	64	61	61	61	59	59	59	58	—	0
			1	61	58	56	59	57	56	57	55	54	55	53	52	53	52	51	49	204	1
			2	53	50	47	52	49	46	50	48	45	49	46	44	47	45	43	42	.195	2
			3	47	43	40	47	42	39	45	41	38	43	.40	38	42	39	37	36	180	3
			4	42	37	34	41	37	33	40	36	33	39	35	33	37	35	32	31	167	4
			5	37	32	29	37	32	28	35	.31	28	34	31	28	33	30	27	26	.157	5
			6	33	28	25	33	28	25	32	28	24	.31	27	24	30	.27	24	23	.145	6
			7	30	25	22	30	25	21	29	24	21	28	24	21	27	24	21	20	135	7
Fluorescent unit with flat bottom diffuser, 4 lamp 610 mm (2') wide—see note 7			8	27	22	19	27	22	19	26	22	.18	25	21	18	24	21	18	17	126	8
			9	24	19	16	24	19	16	23	19	16	23	.19	16	22	18	16	15	119	9
			10	22	17	14	22	17	14	21	17	14	.21	17	14	.20	17	.14	13	112	10
42	V	1.4/1.2	0	75	75	75	73	73	73	70	70	70	67	67	67	64	64	64	63	—	0
			1	67	65	63	66	64	62	63	62	60	61	60	58	59	.58	57	55	189	1
			2	60	57	54	58	56	53	57	54	52	55	53	51	53	51	50	49	180	2
			3	54	50	47	53	49	46	52	48	45	50	47	45	48	.46	44	43	.169	3
			4	49	44	40	48	44	40	47	43	40	45	42	39	44	41	39	37	160	4
			5	44	39	35	43	38	35	42	38	34	41	37	34	40	.36	34	33	152	5
			6	40	34	31	39	34	31	38	34	30	37	33	30	.36	32	.30	29	143	6
			7	36	30	27	35	30	27	34	30	27	33	29	26	32	.29	26	25	135	7
Fluorescent unit with flat prismatic lens, 4 lamp 610 mm (2') wide—see note 7			8	32	27	23	32	27	23	31	26	23	30	26	23	.29	26	23	22	129	8
			9	29	24	20	28	23	20	28	23	20	27	23	20	26	23	20	19	123	9
			10	26	21	18	26	21	18	25	21	18	24	20	18	24	20	18	16	116	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

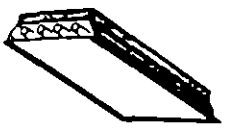
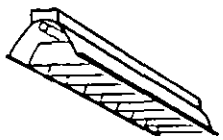
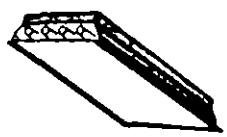
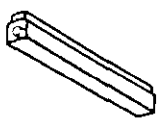
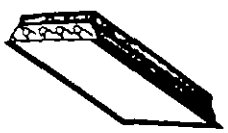
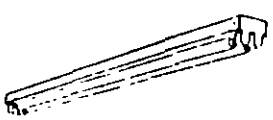
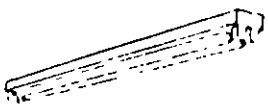
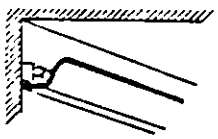
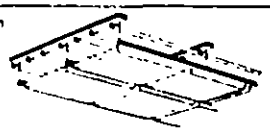
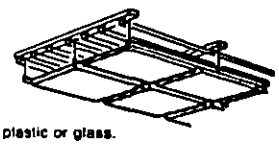
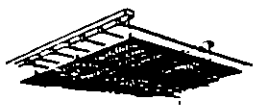
Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{CC} =	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{CC} =
			ρ_w =	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w =
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{FC} = 20)																	RCR ↓
43 	V	1.4/1.3	0	.78	.78	.78	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.67	.67	.67	.66	—	0
			1	.71	.69	.67	.70	.68	.68	.67	.65	.64	.64	.63	.62	.62	.61	.60	.59	.165	1
			2	.64	.61	.58	.63	.60	.58	.61	.59	.56	.59	.57	.55	.57	.55	.54	.53	.161	2
			3	.58	.54	.51	.58	.54	.51	.56	.52	.50	.54	.51	.49	.52	.50	.48	.47	.155	3
			4	.53	.48	.45	.52	.48	.44	.51	.47	.44	.49	.46	.43	.48	.45	.43	.42	.150	4
			5	.48	.43	.39	.47	.42	.39	.46	.42	.39	.45	.41	.38	.43	.40	.38	.37	.145	5
			6	.43	.38	.35	.43	.38	.34	.42	.37	.34	.40	.37	.34	.40	.36	.34	.32	.138	6
4 lamp, 610 mm (2') wide unit with sharp cutoff (high angle—low luminance) flat prismatic lens—see note 7			7	.39	.34	.30	.38	.34	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.30	.28	.133	7
			8	.35	.30	.26	.35	.30	.26	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.25	.128	8
			9	.31	.26	.23	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.21	.123	9
			10	.28	.24	.20	.28	.23	.20	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.26	.23	.20	.19	.117	10
44 	IV	N.A.	0	.71	.71	.71	.70	.70	.70	.66	.66	.66	.64	.64	.64	.61	.61	.61	.60	—	0
			1	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.61	.59	.58	.59	.57	.56	.57	.56	.55	.54	.154	1
			2	.59	.55	.53	.58	.55	.52	.55	.53	.51	.54	.52	.50	.52	.50	.49	.48	.150	2
			3	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.50	.47	.45	.49	.46	.44	.47	.45	.43	.42	.147	3
			4	.47	.43	.40	.47	.43	.40	.45	.42	.39	.44	.41	.39	.43	.40	.38	.37	.143	4
			5	.42	.38	.34	.42	.37	.34	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.36	.33	.32	.139	5
			6	.38	.33	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.28	.133	6
			7	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.28	.25	.24	.128	7
			8	.30	.25	.22	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.28	.24	.22	.27	.24	.21	.20	.123	8
Bilateral batwing distribution—louvered fluorescent unit			9	.27	.22	.18	.26	.22	.18	.26	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.17	.119	9
			10	.24	.19	.16	.24	.19	.16	.23	.19	.16	.22	.19	.16	.22	.18	.16	.15	.113	10
45 	V	N.A.	0	.57	.57	.57	.56	.56	.56	.53	.53	.53	.51	.51	.51	.49	.49	.49	.48	—	0
			1	.50	.48	.47	.49	.47	.46	.47	.46	.44	.45	.44	.43	.44	.43	.42	.41	.185	1
			2	.44	.41	.38	.43	.40	.38	.41	.39	.37	.40	.38	.36	.38	.37	.35	.34	.175	2
			3	.39	.35	.32	.38	.34	.31	.37	.33	.31	.35	.33	.30	.34	.32	.30	.29	.161	3
			4	.34	.30	.27	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.31	.28	.26	.30	.27	.25	.24	.149	4
			5	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.28	.24	.22	.27	.24	.21	.26	.23	.21	.20	.140	5
			6	.26	.22	.19	.26	.22	.18	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.23	.20	.18	.17	.130	6
Bilateral batwing distribution—4 lamp, 610 mm (2') wide fluorescent unit with flat prismatic lens and overlay—see note 7			7	.23	.19	.16	.23	.19	.16	.22	.18	.16	.21	.18	.15	.21	.18	.15	.14	.121	7
			8	.21	.16	.13	.20	.16	.13	.19	.16	.13	.19	.15	.13	.18	.15	.13	.12	.113	8
			9	.18	.14	.11	.18	.14	.11	.17	.14	.11	.17	.13	.11	.16	.13	.11	.10	.106	9
			10	.16	.12	.09	.16	.12	.09	.16	.12	.09	.15	.12	.09	.15	.12	.09	.08	.099	10
46 	V	N.A.	0	.87	.87	.87	.84	.84	.84	.77	.77	.77	.72	.72	.72	.66	.66	.66	.64	—	0
			1	.76	.73	.70	.73	.70	.67	.67	.65	.63	.63	.61	.59	.58	.57	.55	.53	.272	1
			2	.66	.61	.57	.64	.59	.56	.59	.56	.52	.55	.52	.49	.51	.49	.47	.44	.241	2
			3	.59	.53	.48	.56	.51	.47	.53	.48	.44	.49	.45	.42	.46	.43	.40	.38	.216	3
			4	.52	.45	.40	.50	.44	.40	.47	.42	.38	.44	.39	.36	.41	.37	.34	.32	.196	4
			5	.46	.39	.34	.44	.38	.33	.41	.36	.32	.38	.34	.31	.36	.32	.29	.27	.182	5
			6	.41	.34	.29	.39	.33	.29	.37	.31	.27	.34	.30	.26	.32	.28	.25	.23	.168	6
			7	.36	.30	.25	.35	.29	.24	.33	.27	.23	.31	.26	.23	.29	.25	.22	.20	.157	7
Bilateral batwing distribution—one lamp, surface mounted fluorescent with prismatic wraparound lens			8	.32	.26	.21	.31	.25	.21	.29	.24	.20	.27	.23	.19	.26	.21	.18	.17	.147	8
			9	.29	.22	.18	.28	.22	.18	.26	.21	.17	.24	.20	.16	.23	.19	.15	.14	.138	9
			10	.26	.20	.16	.25	.19	.15	.23	.18	.15	.22	.17	.14	.20	.16	.13	.12	.129	10
47 	V	1.7	0	.71	.71	.71	.69	.69	.69	.66	.66	.66	.63	.63	.63	.61	.61	.61	.60	—	0
			1	.62	.60	.58	.61	.59	.57	.59	.57	.55	.56	.55	.53	.54	.53	.52	.51	.227	1
			2	.55	.51	.47	.53	.50	.47	.51	.48	.46	.49	.47	.45	.48	.45	.44	.42	.218	2
			3	.48	.43	.39	.47	.43	.39	.45	.41	.38	.44	.40	.38	.42	.39	.37	.36	.199	3
			4	.42	.37	.33	.41	.37	.33	.40	.36	.32	.39	.35	.32	.37	.34	.31	.30	.184	4
			5	.37	.32	.27	.36	.31	.27	.35	.30	.27	.34	.30	.27	.33	.29	.26	.25	.172	5
			6	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.21	.159	6
			7	.29	.24	.20	.29	.24	.20	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.26	.22	.19	.18	.148	7
Radial batwing distribution—4 lamp, 610 mm (2') wide fluorescent unit with flat prismatic lens—see note 7			8	.26	.21	.17	.25	.20	.17	.25	.20	.17	.24	.20	.17	.23	.19	.16	.15	.138	8
			9	.23	.18	.14	.23	.18	.14	.22	.17	.14	.21	.17	.14	.21	.17	.14	.13	.130	9
			10	.21	.16	.12	.20	.16	.12	.20	.15	.12	.19	.15	.12	.19	.15	.12	.11	.121	10
48 	I	1.6/1.2	0	1.01	1.01	1.01	.96	.96	.96	.87	.87	.87	.79	.79	.79	.72	.72	.72	.68	—	0
			1	.85	.81	.77	.81	.77	.73	.73	.70	.67	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.53	.378	1
			2	.73	.66	.61	.69	.63	.58	.63	.58	.54	.57	.53	.50	.51	.46	.45	.42	.323	2
			3	.63	.56	.50	.60	.53	.48	.55	.49	.44	.50	.45	.41	.45	.41	.38	.35	.277	3
			4	.56	.47	.41	.53	.46	.40	.48	.42	.37	.44	.39	.34	.40	.35	.32	.29	.244	4
			5	.49	.40	.34	.46	.39	.33	.42	.36	.31	.38	.33	.29	.35	.30	.26	.24	.221	5
			6	.43	.35	.29	.41	.34	.28	.38	.31	.26	.34	.29	.24	.31	.26	.23	.20	.200	6
			7	.39	.31	.25	.37	.29	.24	.34	.27	.23	.31	.25	.21	.28	.23	.19	.17	.182	7
			8	.34	.27	.21	.33	.26	.21	.30	.24	.19	.27	.22	.18	.25	.20	.17	.15	.167	8
			9	.31	.23	.18	.30	.23	.18	.27	.21	.17	.25	.19	.15	.22	.18	.14	.12	.155	9
2 lamp fluorescent strip unit			10	.28	.21	.16	.27	.20	.16	.25	.19	.15	.22	.17	.14	.20	.16	.13	.11	.144	10

Fig. 9-12. *Continued (see page 9-13 for instructions and notes)*

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens		ρ_{cc} →	80			70			50			30			10			0	WDRC	ρ_{cc} →
			ρ_w →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		ρ_w →
	Maint Cat	SC	RCR ↓	Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ_{fc} = 20)																	RCR ↓
49 	I	1 4/1 2	0	1 13	1 13	1 13	1 09	1 09	1 09	1 01	1 01	1 01	94	94	94	88	88	88	.85	—	0
			1	96	92	88	93	.89	85	87	83	80	81	78	75	75	73	71	68	422	1
	12°		2	83	78	70	80	74	68	75	69	65	70	65	61	65	61	58	.55	369	2
			3	73	65	58	70	63	57	66	59	54	61	56	52	57	.53	49	46	321	3
			4	64	55	49	62	54	48	58	51	46	54	48	44	.51	46	42	.39	286	4
			5	56	47	41	55	46	40	51	44	38	48	42	37	45	39	35	.33	261	5
	85°		6	50	41	35	49	40	34	46	38	33	43	36	32	40	35	30	.28	237	6
			7	45	38	30	44	35	30	41	34	28	38	32	27	36	31	26	.24	217	7
			8	40	32	26	39	31	25	37	30	25	35	28	24	33	27	23	.21	201	8
2 lamp fluorescent strip unit with 235 reflector fluorescent lamps			9	36	28	22	35	27	22	33	26	21	31	25	20	.29	24	20	18	187	9
			10	33	25	20	32	24	19	30	23	19	28	22	18	27	21	17	15	174	10

Typical Luminaires	ρ_{cc} →	80			70			50			30			10			0
	ρ_w →	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
	RCR ↓	Coefficients of utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance, ρ_{fc}															
50 	1	42	40	39	38	35	33	25	24	23	Coves are not recommended for lighting areas having low reflectances						
	2	37	34	32	32	29	27	22	20	19							
	3	32	29	26	28	25	23	.19	17	16							
	4	28	25	22	25	22	19	17	15	13							
	5	25	21	18	22	18	16	.15	13	11							
	6	23	19	16	20	.16	14	14	.12	10							
	7	20	.17	14	17	14	.12	12	10	09							
	8	18	15	12	.16	.13	10	11	09	08							
Single row fluorescent lamp cove without reflector, mult by 0.93 for 2 rows and by 0.85 for 3 rows	9	17	13	10	15	11	.09	10	08	07							
	10	15	.12	09	13	10	08	09	07	06							
51 ρ_{cc} from below ~85% 	1				60	58	56	58	56	54							
	2				53	49	45	51	47	43							
	3				47	42	37	45	41	36							
	4				41	36	32	39	35	31							
	5				37	31	27	35	30	26							
Diffusing plastic or glass	6				33	27	23	31	26	.23							
1) Ceiling efficiency ~80%; diffuser transmittance ~50%; diffuser reflectance ~40% Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflectance paint—use ρ_c = 70	7				29	24	20	.28	23	20							
	8				26	21	18	25	20	.17							
	9				23	.19	.15	23	.18	15							
	10				21	.17	13	21	16	.13							
2) For lower reflectance paint or obstructions—use ρ_c = 50																	
52 ρ_{cc} from below ~60% 	1				71	68	66	67	66	65	.65	64	62				
	2				63	60	.57	61	58	55	59	56	54				
	3				57	53	.49	55	52	48	54	50	47				
	4				52	47	43	50	45	42	48	44	42				
	5				46	41	37	44	40	37	43	40	36				
Prismatic plastic or glass.	6				42	37	.33	41	.36	32	.40	35	32				
1) Ceiling efficiency ~67%; prismatic transmittance ~72%, prismatic reflectance ~18% Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflectance paint—use ρ_c = 70	7				38	32	29	37	31	28	38	31	28				
	8				34	28	.25	33	28	25	.32	.28	25				
	9				30	25	22	30	25	21	29	25	21				
	10				27	23	.19	.27	22	19	26	22	19				
2) For lower reflectance paint or obstructions—use ρ_c = 50																	
53 ρ_{cc} from below ~45% 	1							51	49	48				.47	46	45	
	2							46	44	42				.43	42	40	
	3							42	39	37				.39	38	36	
	4							38	.35	33				.36	34	32	
	5							35	32	29				.33	31	29	
Louvered ceiling.	6							32	.29	26				30	28	26	
1) Ceiling efficiency ~50%, 45° shielding opaque louvers of 80% reflectance Cavity with minimum obstructions and painted with 80% reflectance paint—use ρ_c = 50	7							29	26	23				28	25	23	
	8							27	23	21				26	23	21	
	9							24	21	19				24	21	19	
2) For other conditions refer to Fig 9-48	10							22	19	17				22	19	17	

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

ILUMINACION PARA ESTACIONAMIENTOS

Presentado por : ING. CARLOS GARCIA R.

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

OBJETIVOS

El alumbrado para estacionamientos es vital para la seguridad del transito, para protección contra asaltos, robos y vandalismo, para conveniencia y confort del usuario, y en muchos casos, para atracción comercial.

TIPOS DE ILUMINACIÓN

Para propósitos del alumbrado, los estacionamientos pueden ser clasificados como descubiertos y cubiertos. Muchos estacionamientos pueden ser de un tipo o del otro pero en un estacionamiento de niveles, el nivel del techo podrá ser considerado descubierto mientras que los niveles inferiores podrán ser considerados cubiertos.

Estacionamientos descubiertos

Los requerimientos de iluminación de un estacionamiento descubierto depende de la cantidad del uso que reciba. Han sido establecidos tres niveles de actividad y son designados como ***alta***, ***media*** y ***baja***. Esos niveles reflejan tanto actividad vial como peatonal y están representadas por, pero no limitadas, a los siguientes ejemplos:

Actividad alta:
- Eventos deportivos profesionales.
- Eventos culturales o cívicos de importancia.
- Centros comerciales regionales.
- Estacionamiento de restaurantes de comida rápida.

Actividad media:
- Centros comerciales locales.
- Estacionamiento de oficinas.
- Estacionamiento de hospitales.
- Estacionamiento de estaciones de transporte (aeropuertos, lotes de estacionamiento, etc.).
- Estacionamiento de complejos residenciales.

Actividad baja:
- Comercios vecinales.
- Estacionamiento de empleados en industrias.
- Estacionamiento de escuelas.
- Estacionamiento de iglesias.

Si el nivel de actividad nocturna involucra una gran cantidad de vehículos, entonces los ejemplos anteriores para baja y mediana actividad pertenecen adecuadamente al siguiente nivel superior.

Estacionamientos cubiertos

Cuatro áreas críticas pueden ser identificadas dentro de estacionamientos cubiertos: estacionamientos generales y áreas peatonales; rampas y esquinas; áreas de entrada; y escaleras. Estas áreas críticas pueden requerir iluminación durante el día y la noche. La primera de estas áreas es considerada igual que la de estacionamientos abiertos. La segunda área es auto-explicativa. La tercer área (entrada) es definida como el tramo de entrada que cubre la porción del estacionamiento desde el portal hasta 15 m (50 pies) más allá del borde del techo de la estructura La cuarta área de nuevo es auto-explicativa.

Recomendaciones de iluminación

Las recomendaciones han sido establecidas para ambos tipos de estacionamientos descubiertos (exteriores) y cubiertos (estructuras), como muestra la figura 24-23. Estas recomenda-

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

ILUMINACION EFICIENTE Y SU CONTROL EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

ILUMINACION DE HELIPUERTOS

Presentado por : DR. FEDERICO NAVA

1996

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg Cuauhtémoc 06000 México D F APDO Postal M-2285
Teléfonos 512-8995 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 512-5121 521-4020 AL 26

H E L I P U E R T O S

AREA DE APROXIMACION FINAL Y DE DESPEGUE (FATO)

AREA DE SEGURIDAD (AREA EN TORNO A LA FATO)

AREA DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACION INICIAL (TLOF)

CALLE DE RODAJE AEREO

CALLE DE RODAJE EN TIERRA PARA HELICOPTEROS

DISTANCIA DE DESPEGUE DISPONIBLE (TODAH)

DISTANCIA DE DESPEGUE INTERRUMPIDO DISPONIBLE (RTODAH)

DISTANCIA DE ATERRIZAJE DISPONIBLE (LDAH)

HELIPLATAFORMA. HELIPUERTO SITUADO EN UNA ESTRUCTURA MAR ADENTRO FLOTANTE O FIJA.

HELIPUERTO.- AERÓDROMO O AREA DEFINIDA SOBRE UNA ESTRUCTURA DESTINADA A SER UTILIZADA TOTAL O PARCIALMENTE PARA LLEGADA, SALIDA O MOVIMIENTO DE SUPERFICIE DE LOS HELICÓPTEROS.

HELIPUERTO DE SUPERFICIE.- EMPLAZADO EN TIERRA O EN AGUA.

HELIPUERTO ELEVADO.- EMPLAZADO SOBRE UNA ESTRUCTURA TERRESTE ELEVADO.

ZONA LIBRE DE OBSTACULOS.- AREA DEFINIDA EN TERRENO O EN EL AGUA BAJO CONTROL DE LA AUTORIDAD COMPETENTE DESIGNADA O PREPARADA SOBRE LA CUAL UN HELICOPTERO PUEDA ACELERAR Y ALCANZAR UNA ALTURA ESPECIFICADA.

DATOS DE LOS HELIPUERTOS

COORDENADAS GEOGRAFICAS

A) OBSTÁCULOS DESTACADOS
B) CENTRO GEOMÉTRICO

PUNTO DE REFERENCIA DEL HELIPUERTO

A) NO EMPLAZADO EN UN AERÓDROMO
B) EMPLAZADO EN UN AERÓDROMO
ESTARÁ SITUADO CERCA DEL CENTRO GEOMÉTRICO.
SE MEDIRÁ LA POSICIÓN DEL CENTRO DE REFERENCIA Y SE NOTIFICARÁ A LA DGAC EN GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS.

ELEVACION DEL HELIPUERTO

SE MEDIRÁ LA ELEVACIÓN DEL HELIPUERTO Y SE NOTIFICARÁ A LA DGAC REDONDEANDO AL METRO MÁS PRÓXIMO.

DIMENSIONES Y DATOS AFINES

(COORDENADAS GEOGRÁFICAS EN GRADOS, MINUTOS, SEGUNDOS Y DÉCIMAS DE SEGUNDO. INFORMAR A LA DGAC)

A) TIPO DE HELIPUERTO: DE SUPERFICIE, ELEVADO O HELIPLATAFORMA.
B) AREA DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACION INICIAL (DIMENSIONES), PENDIENTE, TIPO DE SUPERFICIE, RESISTENCIA DEL PAVIMENTO EN TONELADAS.
C) AREA DE APROXIMACIÓN FINAL Y DESPEGUE, LONGITUD, ANCHURA, PENDIENTE, TIPO DE LA SUPERFICIE.
D) AREA DE SEGURIDAD, LONGITUD, ANCHURA Y TIPO DE LA SUPERFICIE.
E) CALLE DE RODAJE. EN TIERRA, AÉREO Y RUTA DE DESPLAZAMIENTO, DESIGNACIÓN, ANCHURA Y TIPO DE SUPERFICIE.
F) PLATAFORMAS. TIPO DE SUPERFICIE Y PUESTOS DE ESTACIONAMIENTO.
G) ZONA LIBRE DE OBSTÁCULOS, LONGITUD, PERFIL EN TIERRA.
H) AYUDAS VISUALES. APROXIMACIÓN, FATO, TLOF, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

CARACTERISTICAS FISICAS

1. HELIPUERTO DE SUPERFICIE

A) AREAS DE APROXIMACION FINAL Y DESPEGUE (FATO)
PARA HELICÓPTEROS PEQUEÑOS 1.5 VECES LA LONGITUD/ANCHURA

EN HIDROHELIPUERTOS IDEM AL ANTERIOR + 10%
LA PENDIENTE NO EXCEDERÁ DEL 5%.
LA SUPERFICIE SERÁ RESISTENTE A LOS EFECTOS DELA CORRIENTE DESCENDENTE DEL ROTOR ESTARÁ LIBRE DE IRREGULARIDADES.

B) ZONAS LIBRES DE OBSTÁCULOS. ESTARÁN SITUADAS MÁS ALLA DEL EXTREMO CONTRA EL VIENTO DEL ÁREA DE DESPEGUE INTERRUMPIDO DISPONIBLE (NO DEBE SER INFERIOR A LA DEL ÁREA DE SEGURIDAD CORRESPONDIENTE).

C) AREAS DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACIÓN INICIAL (TLOF). 1.5 VECES LA LONGITUD/ANCHURA EL VALOR MAYOR DEL HELICÓPTERO CRÍTICO. LA PENDIENTE EN CUALQUIER DIRECCIÓN NO EXCEDERÁ DEL 2%.

D) AREAS DE SEGURIDAD. CIRCUNDA A LA FATO Y SERÁ POR LO MENOS DE 3 M Ó 0.25 VECES LA LONGITUD/ANCHURA TOTAL EN VUELO VISUAL.
EN VUELO POR INSTRUMENTOS LATERALMENTE POR LO MENOS 45 M. DEL EJE DE CADA LADO Y LONGITUDINALMENTE 60 M. MÁS ALLA DE LOS EXTREMOS DE LA FATO.
NO SE PERMITIRÁ NINGÚN OBJETO FIJO EN EL ÁREA DE SEGURIDAD QUE EXCEDA DE 25 CM. CON MONTAJE FRANGIBLE.
LA PENDIENTE HACIA FUERA DEL BORDE DE LA FATO SERÁ DE 5%.
LA SUPERFICIE DEL ÁREA DE SEGURIDAD TENDRÁ UNA PENDIENTE MÁXIMA DE 4% Y TENDRÁ UN TRATAMIENTO PARA EVITAR QUE LA CORRIENTE DESCENDENTE DEL ROTOR LEVANTE DETRITOS Y PODRÁ SOPORTAR SIN SUFRIR DAÑOS ESTRUCTURALES A LOS HELICÓPTEROS.

E) CALLES DE RODAJE EN TIERRA PARA HELICÓPTEROS. LA ANCHURA PODRÁ SER DE 7.5 M. A 20 M. DEPENDIENDO DEL TAMAÑO DEL HELICÓPTERO CRÍTICO, LA PENDIENTE LONGITUDINAL NO EXCEDERÁ DEL 3%. DEBERÁ ESTAR EN CONDICIONES DE SOPORTAR EL TRÁFICO DE HELICÓPTEROS PREVISTOS. DEBERÁ CONTAR CON UN ACOTAMIENTO A LOS LADOS DE LA CALLE DE RODAJE POR LO MENOS DE LA MITAD DE LA ANCHURA MÁXIMA DE LA CALLE. LA PENDIENTE TRANSVERSAL NO EXCEDERÁ DEL 2%.

2.- HELIPUERTO ELEVADO

A) AREA DE APROXIMACIÓN FINAL Y DESPEGUE Y ÁREA DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACIÓN INICIAL.

SE SUPONE QUE LA FATO COINCIDE CON EL ÁREA DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACIÓN INICIAL. LAS DIMENSIONES PARA HELICÓPTEROS PEQUEÑOS NO SERÁ INFERIOR A 1.5 VECES LA LONGITUD/ANCHURA TOTAL DEL HELICÓPTERO MAS LARGO/ANCHO PARA EL CUAL ESTÉ PREVISTO EL HELIPUERTO. LA PENDIENTE NO EXCEDERÁ DEL 3%. EL DISEÑO SE HARÁ TOMANDO EN CUENTA EL PESO DEL HELICÓPTERO, PERSONAL, CARGA, EQUIPO DE REABASTECIMIENTO Y EQUIPO DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

LA FATO TENDRÁ UN ÁREA DE SEGURIDAD MÍNIMA DE 3 M. Ó 0.25 = VECES LA LONGITUD/ANCHURA TOTAL, SEA CUAL FUERE LA MAYOR.

NO SE PERMITIRÁ NINGÚN OBJETO FIJO EN EL ÁREA DE SEGURIDAD DE UNA DIMENSIÓN SUPERIOR A 25 CM. EXCEPTO LOS OBJETOS FRANGIBLES QUE DEBAN ESTAR EMPLAZADOS EN EL ÁREA, NO SE PERMITIRÁ NINGÚN OBJETO MÓVIL DURANTE LAS OPERACIONES DE LOS HELICÓPTEROS.

3.- HELIPLATAFORMAS Y HELIPUERTOS A BORDO DE BUQUES

TENDRÁN UN SECTOR DESPEJADO DE OBSTÁCULOS, DELANTE Y DETRÁS DE LA FATO, HABRÁ DOS SECTORES EMPLAZADOS SIMÉTRICAMENTE CUBRIENDO CADA UNO DE ELLOS UN ARCO DE 150°, EN ESTE SECTOR SOLO HABRÁ LAS AYUDAS NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL HELICÓPTERO EN CONDICIONES DE SEGURIDAD HASTA UNA ALTURA MÁXIMA DE 25 CM.

AYUDAS VISUALES

1) INDICADORES DE LA DIRECCION DEL VIENTO

LOS HELIPUERTOS ESTARÁN EQUIPADOS POR LO MENOS CON UN INDICADOR DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO, SE EMPLAZARÁ EN UN LUGAR QUE INDIQUE LA CONDICIONES DEL VIENTO SOBRE EL ÁREA DE APROXIMACIÓN FINAL Y DE DESPEGUE DE TAL MODO QUE NO SUFRA LOS EFECTOS DE PERTURBACIONES DE LA CORRIENTE DE AIRE PRODUCIDAS POR OBJETOS CERCANOS O POR EL ROTOR. EL INDICADOR SERÁ VISIBLE DESDE LOS HELICÓPTEROS EN VUELO, EN VUELO ESTACIONARIO O SOBRE EL ÁREA DE MOVIMIENTO. LA MANGA TENDRÁ LA FORMA DE UN CONO TRUNCADO DE TELA O DE NYLON DE COLOR NARANJA O BLANCO Y DEBERÁ SER VISIBLE, E INTERPRETARSE CLARAMENTE DESDE UNA ALTURA POR LO MENOS DE 200 M. SI EL HELIPUERTO TIENE OPERACIÓN NOCTURNA, EL INDICADOR DE LA DIRECCIÓN DEL VIENTO DEBERÁ SER ILUMINADO CON CUATRO FUENTES LUMINOSAS Y UNA LUZ DE OBSTRUCCIÓN.

2) SEÑALES Y BALIZAS

A) SEÑAL DE ÁREA DE CARGA Y DESCARGA CON MALACATE. SE EMPLAZARÁ DE TAL MODO QUE SU CENTRO COINCIDA CON EL CENTRO DE LA ZONA DESPEJADA DE DICHA ÁREA. CONSISTIRÁ EN UN CÍRCULO DE UN DIÁMETRO NO INFERIOR A 5 M. Y PINTADO DE AMARILLO.

B) SEÑAL DE IDENTIFICACIÓN DE HELIPUERTO. ESTAPÁ DELIMITADA LA SUPERFICIE CON UNA LÍNEA AMARILLA Y EN EL CENTRO SE PINTARÁ UN TRIÁNGULO CON LÍNEAS SECCIONADAS Y EN EL CENTRO UNA " H ", ORIENTADA AL NORTE MAGNÉTICO; LA " H " TENDRÁ 3 M. DE LARGO POR 1.80 M. DE ANCHO Y LAS LÍNEAS SEPÁN DE 0.40 M. DE ANCHO.

EN UN HELIPUERTO DE HOSPITAL SE PINTARÁ LA MISMA " H " PERO DE COLOR ROJO Y ESTA " H " ESTARÁ EN EL CENTRO DE UNA CRUZ BLANCA QUE TENDRÁ CADA LADO 3 M. X 3 M

3) GENERALIDADES

LAS LUCES NO AERONÁUTICAS QUE SE LOCALICEN CERCA DE LA PLATAFORMA Y QUE PUDIERAN PONER EN PELIGRO LA SEGURIDAD DE LAS OPERACIONES, SE EXTINGUIRÁN, SE APANTALLARÁN O SE MODIFICARÁN DE FORMA QUE SE SUPRIMA LA CAUSA DE ESE PELIGRO.

4) FARO DE HELIPUERTO

SE DEBE PROPORCIONAR CUANDO SE CONSIDERE LA GUÍA DE LARGO ALCANCE VISUAL O CUANDO SEA DIFÍCIL IDENTIFICAR EL HELIPUERTO DEBIDO A LAS LUCES DE LOS ALREDEDORES. SE DEBERÁ EMPLAZAR EN UN SITIO CERCANO PERO QUE NO DESLUMBRE AL PILOTO A CORTA DISTANCIA, ESTE PODRÁ APAGARSE DURANTE LAS ETAPAS FINALES DE APROXIMACIÓN O ATERRIZAJE. LA LUZ DEL FARO SE DEBERÁ VER DESDE TODOS LOS ÁNGULOS. UTILIZARÁN LÁMPARAS DE 500 WATTS DE CUARZO CON UNA VIDA PROMEDIO DE 4,000 HORAS PRODUCIENDO FLASHES EN UNA SECUENCIA DE 36 RPM CON LOS SIGUIENTES COLORES: BLANCO, VERDE Y AMARILLO.

5) SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACION.

SE DEBE SUMINISTRAR CUANDO SEA CONVENIENTE Y FACTIBLE INDICAR UNA DIRECCIÓN PREFERIDA DE APROXIMACIÓN. ESTE SISTEMA DE LUCES ESTARÁ EMPLAZADO EN LÍNEA RECTA Y CONSISTIRÁ EN UNA FILA DE 3 LUCES ESPACIADAS ENTRE SÍ 30 M. Y DE UNA BARRA TRANSVERSAL DE 18 M. DE LONGITUD A UNA DISTANCIA DE 90 M. DE LA FATO, LA BARRA TENDRÁ 5 LUCES ESPACIADAS ENTRE SÍ 4.5 M. ADEMÁS SE INSTALARÁN OTRAS 4 LUCES SIGUIENDO EL EJE DE LAS 3 PRIMERAS, TAMBIÉN A 30 M. CADA UNA ; ESTAS ÚLTIMAS 4 LUCES PODRÁN SER FIJAS O DE DESTELLOS CONSECUTIVOS. EL SISTEMA TOTAL TENDRÁ UNA LONGITUD DE 210 M. TODAS LAS LUCES SERÁN OMNIDIRECCIONALES BLANCAS.

6) INDICADOR DE PENDIENTE DE APROXIMACION DE PRECISION

DEBERÁ PROPORCIONARSE UN INDICADOR PARA LAS APROXIMACIONES A LOS HELIPUERTOS PRINCIPALMENTE CUANDO EXISTAN UNA O MÁS DE LAS SIGUIENTES CONDICIONES O EN OPERACIONES NOCTURNAS:

A) LOS PROCEDIMIENTOS DE FRANQUEAMIENTO DE OBSTÁCULOS, DE ATENUACIÓN DE RUIDO O DE CONTROL DE TRÁNSITO, EXIGEN QUE SE SIGA UNA DETERMINADA PENDIENTE.

B) EL SITIO DONDE SE ENCUENTRA EL HELIPUERTO PROPORCIONA POCAS REFERENCIAS VISUALES.

C) LAS CARACTERÍSTICAS DEL HELIPUERTO EXIGEN UNA APROXIMACIÓN ESTABILIZADA.

LOS DISPOSITIVOS LUMINOSOS SERÁN FRANGIBLES Y ESTARÁN MONTADOS TAN BAJO COMO SEA POSIBLE.

EL SISTEMA DEBERÁ SER SUCEPTIBLE DE AJUSTE EN ELEVACIÓN A CUALQUIER ÁNGULO DESEADO QUE FIJARÁ LA DGAC ENTRE 1° Y12° POR ENCIMA DE LA HORIZONTAL CON UNA PRECISIÓN DE ± 5 MINUTOS.

7) SISTEMA DE ILUMINACION DE AREA DE TOMA DE CONTACTO Y DE ELEVACION INICIAL

CONSISTIRÁ EN LUCES DE PERÍMETRO Y REFLECTORES. LAS LUCES DE PERÍMETRO ESTARÁN EMPLAZADAS A LO LARGO DEL BORDE DE LA PLATAFORMA (CUADRADA O CIRCULAR) A UNA DISTANCIA MENOR DE 1.5 M.

ESTARÁN ESPACIADAS A INTERVALOS DE NO MÁS DE 3 M. PARA HELIPUERTOS ELEVADOS O HELIPLATAFORMAS Y A NO MÁS DE 5 M. EN HELIPUERTOS DE SUPERFICIE. EN UN HELIPUERTO DE CONFIGURACIÓN CUADRADA HABRÁ COMO MÍNIMO 4 LUCES POR LADO INCLUYENDO SIEMPPE UNA LUZ EN CADA ESQUINA, EN UN HELIPUERTO CIRCULAR HABRÁ COMO MÍNIMO 14 LUCES.

LOS REFLECTORES SERÁN DE 500 WATTS DE CUARZO CON VISERA PARA EVITAR EL DESLUMBRAMIENTO, SE INSTALARÁN MÍNIMO 2 DE CADA LADO, PROCURANDO NO SE ENCUENTREN EN EL SENTIDO DE APROXIMACIÓN FINAL O DE DESPEGUE.

TANTO LAS LUCES PERIMETRALES COMO LOS REFLECTORES NO SOBREPASARÁN 25 CM. DE ALTURA Y SERÁN FRANGIBLES.

8) SISTEMA DE LUCES DE OBSTRUCCION

TODAS LAS CONSTRUCCIONES U OBJETOS CERCANOS AL HELIPUERTO DEBERÁN ESTAR BALIZADOS CON LUCES DE OBSTRUCCIÓN, PREFERENTEMENTE DOBLES CON RELEVADOR DE TRANSFERENCIA Y FOTOCELDA.

[illegible]