

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

24² Egen...



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diseño de Instalaciones de Iluminación
Industrial y Residenciales

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Ingeniero Mecánico Electricista

P R E S E N T A :

ERNESTO MONTES DE OCA PEREZ

Guadalajara, Jal. Diciembre de 1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N T R O D U C C I O N

Hoy en día es cada vez más necesaria una buena iluminación; considerando los siguientes factores:

- a) Elevados costos de materiales y equipos
- b) Costo de la energía, así como un mejor aprovechamiento de ella.
- c) Relevancia de arquitectura y construcción.
- d) Distribución equitativa de iluminación, dependiendo de las actividades por desarrollar.

Por las razones anteriores, esta tesis trata de enfocar la teoría suficiente y necesaria para poder hacer un diseño de alumbrado industrial y residencial.

La temática se compone por una parte teórica, que trata de explicar lo necesario para comprender las bases de un diseño de iluminación; también trata lo referente a las formas y tipos de lámparas incandescentes, fluorescentes, de vapor de sodio, alta y baja presión, de mercurio y de aditivos metálicos, así como su funcionamiento y filamentos; además se hace hincapié en el diseño de sistemas de iluminación en los métodos de punto por punto y del lumen; incluyendo ejemplos para los dos métodos.

I N D I C E

	PAG.
CAPITULO I :	
PRINCIPIOS DE ILUMINACION	1
CAPITULO II:	
LAMPARAS INCANDESCENTES	43
CAPITULO III:	
LAMPARAS FLUORESCENTES Y DE ADITIVOS META <u>L</u> LICOS	58
CAPITULO IV:	
DISENO DE SISTEMAS DE ILUMINACION.....	90
CAPITULO V:	
EJEMPLO DE DISENO DE ILUMINACION.....	123
B I B L I O G R A F I A	142

.....

C A P I T U L O I

PRINCIPIOS DE ILUMINACION

TEORIAS QUE DAN ORIGEN A LA DEFINICION PRACTICA
DE LA LUZ

TEORIA CORPUSCULAR: Enunciada por Newton. Supone que la luz está formada por partículas diminutas - llamadas corpúsculos, pero no especifica si éstos son emitidos por los cuerpos en general o por nuestros órganos visuales.

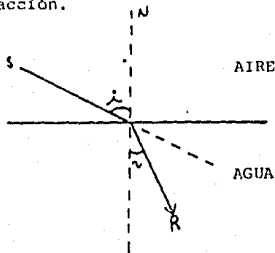
TEORIA ONDULATORIA: Esta teoría, supone que todo el espacio está lleno de una substancia llamada -- éter, que está formada por partículas -- sumamente pequeñas. La luz según esta -- teoría: consiste en vibraciones excesivamente rápidas, transmitidas por el --- éter.

TEORIA ELECTROMAGNETICA: Enunciada por Maxwell, demostró que las ondas eléctricas poseían varias propiedades similares a las ondas luminosas - como la velocidad (300,000 Km/seg.); -- que las ondas podían ser reflejadas, refractadas y transmitidas, diferenciando se estos dos tipos de ondas, únicamente en la frecuencia y longitud de onda.

Reflejar es hacer cambiar de dirección.

Refractar es un cambio de dirección que experimenta la luz al pasar de un medio a otro, por ejemplo: del aire - al agua.

Leyes de refracción. El rayo incidente SI, el rayo refractado IR y la normal IN están en el mismo plano que se llama plano de incidencia. La relación entre el seno del ángulo de refracción "r" y el ángulo de incidencia i, es constante para dos medios determinados. Dicha constante se llama índice de refracción.

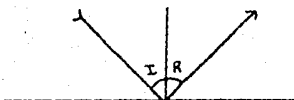


Para nuestros propósitos, podemos considerar, que la luz se desplaza en línea recta. Cuando un rayo de luz -- choca contra una superficie pulida, es reflejada tal como -- se indica en la fig. No. 1. El ángulo de reflexión es llamada: REFLEXION ESPECULAR.

Cuando un rayo de la luz choca contra una superficie áspera, es reflejada en diferentes direcciones, tal como se indica en la fig. No. 2. A este tipo de reflexión se le llama:

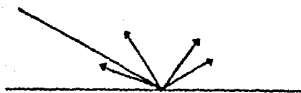
na: REFLEXION DIFUSA,

La mayoría de las superficies ofrecen una combinación de reflexión especular y difusa como se indica en la figura No. 3



REFLEXION
ESPECULAR

Fig. # 1



REFLEXION
DIFUSA.

Fig. # 2



REFLEXION
MIXTA
(especular difusa)

Fig. # 3

DEFINICION PRACTICA DE LA LUZ: La luz es una forma de energía radiada por un cuerpo luminoso, la que por su acción sobre los órganos de la vista, estimula los efectos de visión.

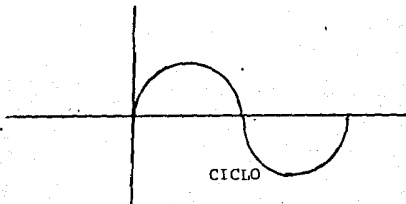
No toda la energía que irradia un cuerpo luminoso es luz, puesto que también emite calor. Además, no todas las radiaciones luminosas afectan a la visión, sino solamente aquéllas comprendidas entre los límites de visibilidad.

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

0.0001 "A"	0.1 "A"	1. "A"	RO "A"	3800 "A"	7600 "A"	1×10^6 "A"	1×10^{14} "A"	5000 Km
RAYOS COSMICOS	RAYOS GAMMA	RAYOS X	RAYOS ULTRA VIOLETA	LUZ VISIBLE	RAYOS INFRA ROJOS	ONDAS DE RADIO	ONDAS ELECTRICAS	

LOS LIMITES DE LAS RADIACIONES DE LAS LAMPARAS ELECTRICAS ESTAN COMPRENDIDAS ENTRE LOS 2000 y 20,000 ANGSTROMS.

GRAFICA REPRESENTATIVA DE LA CORRIENTE ALTERNA



La corriente alterna en un circuito comienza en cero y aumenta en una dirección hasta llegar a su punto máximo, -- donde inicia su descenso hasta llegar nuevamente a cero. -- Vuelve a aumentar, pero en dirección opuesta hasta llegar a su punto máximo y de nuevo regresa a cero. Una corriente de 60 ciclos cambia de dirección 120 veces en un segundo.

λ = Longitud de onda

F = Frecuencia

Vluz \cong 300,000 Km/seg.

$$= \lambda F = \frac{V \text{ luz}}{F}$$

Para f = 60 ciclos/seg.

= $\frac{300,000 \text{ Km/seg}}{60 \text{ c/seg}} = 5,000 \text{ Km}$ (Valor fijado en el

espectro electromag
netico)

"A" = Angstrom = Unidad para medir longitudes de onda muy pequeñas.

1"A" = 1×10^{-7} , 1 m = 10 billones de

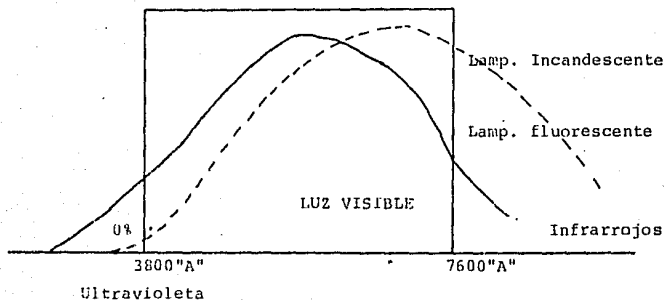
ESPECTRO ELECTROMAGNETICO ENTRE LOS LIMITES DE 2,000 y 20,000

"A"

RAYOS ULTRAVIOLETA	2,000 "A"
COLOR VIOLETA	3,800 "A"
COLOR AZUL	4,500 "A"
COLOR VERDE	4,900 "A"
COLOR AMARILLO	5,500 "A"
COLOR NARANJA	5,900 "A"
COLOR ROJO	6,400 "A"
RAYOS INFRARROJOS	7,600 "A"
	8,000 "A"
	20,000 "A"

El color de la luz es determinado por la longitud de onda. De 3,800 a 4,500 "A", produce sensación de color violeta y de 6,400 a 7,600, la sensación es de color rojo.

EJEMPLO DE CURVAS DE DISTRIBUCION ESPECTRAL



La lámpara fluorescente alcanza su máxima eficiencia a longitudes de onda entre los 4,500 y 5,200 "A" por lo cual, su luz tiende a los colores azul y verde. La lámpara incandescente alcanza su máxima eficiencia entre los 5,500 a -- 5,90 "A", siendo la luz producida de color amarillo.

PROBLEMA: Se tienen dos fuentes luminosas teóricas de idéntica potencia. La frecuencia de radiación de la fuente luminosa "A" es de 5.6×10^{14} ciclos. La fuente luminosa "B": - tiene una frecuencia de radiación de 5.1×10^{14} ciclos por-segundo. Determinar las longitudes de onda y el color de la luz que producen.

SOLUCION:

$$F_A = 5.6 \times 10^{14} \text{ cps}$$

$$F_B = 5.1 \times 10^{14} \text{ cps}$$

$$\lambda = \frac{v \lambda v^2}{F_A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{m} = 1 \times 10^7 \text{ "A"}$$

$$1 \text{ m} = 1 \times 10^{10} \text{ "A"}$$

$$1 \text{ Km} = 1 \times 10^{13} \text{ "A"}$$

$$a = \frac{(3 \times 10^5)(10^3) \text{ "A"/seg.}}{5.6 \times 10^{14}} = \frac{3 \times 10^{18}}{5.6 \times 10^{14}} = 0.535 \times 10^4$$

= 5350 "A" el color que produce este fuente es verde

$$B = \frac{(3 \times 18) \text{ Km/seg.}}{5.1 \times 10^{14}} = \frac{(3 \times 10^5)(10^{13}) \text{ "A"/seg.}}{5.1 \times 10^{14}} = 0.588 \times 10^4 \text{ "A"}$$

$$= 5880 \text{ "A"}$$

La luz que despidе esta fuente según el espectro electro magnético es de color amarillo.

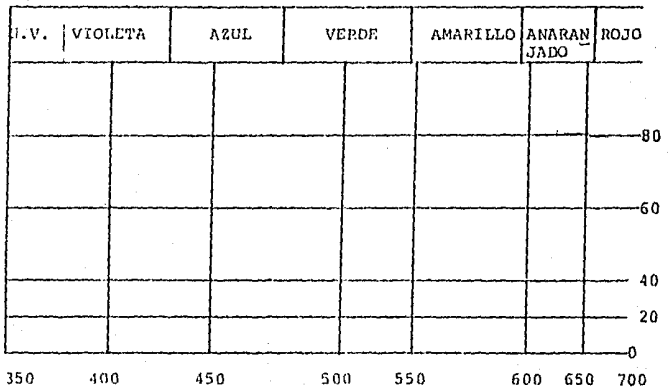
EL ESPECTRO VISIBLE.

En la figura se indica el espectro visible que se supone abarca la zona de 4000 a 7,000 "A", o sea de 400 a 700 milímetros. Se ha añadido además la curva de visibilidad del ojo humano. La distancia vertical desde la base de la curva a un punto de la misma en cualquier longitud de onada, representa.

El ojo responde más, a 55 en la zona amarillo-verde. Si la luz con la misma cantidad de energía se torna más verde y

luego más azul, la respuesta del ojo disminuye más y más. - En la zona de azul intenso, alrededor de 400, la luz se hace visible, aunque la energía radiante puede estar presente en la zona adyacente, donde produce luz ultravioleta invisible.

Igualmente, si la luz comienza nuevamente con una longitud de onda de 555 y se torna más amarilla y luego más roja, la respuesta del ojo disminuye más y más hasta que alrededor de la zona de 700 se hace invisible. Más allá de este punto en la zona adyacente, la energía produce calor infrarrojo o radiante.



Sensibilidad máxima a intensidad de alumbrado

UNIDADES Y FACTORES DE CONVERSION

FOTOMETRIA: Es la parte de la ingeniería de iluminación que se ocupa de las mediciones de la luz producida por una fuente luminosa y de la comparación de tales fuentes de luz.

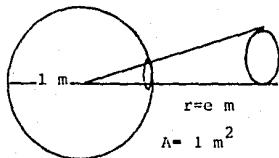
TERMINOS Y UNIDADES FOTOMETRICAS: De acuerdo con las normas de la sociedad de ingeniería de iluminación (I.E.S. Illuminating Engineering Society; se tiene la siguiente nomenclatura:

<u>TERMINO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>SIMBOLO Y ECUACION</u>
Flujo luminoso	Lumen	F
Potencia luminosa	Bujía (candle Power)	$I = F/W$
Potencia luminosa Media horizontal	Bujía (candle Power)	$I_{ms} = F \text{ Total} / W$
Potencia luminosa Media esférica	Bujía (Candle Power)	$I_{ms} = F \text{ hinf} / W$
Potencia luminosa media hemisférica inferior	Bujía (candle Power)	$I_{hinf} = F \text{ hinf} / W$
Potencia luminosa media hemisférica superior	Bujía (candle Power)	$I_{hsup} = F_{hsup} / W$
Potencia luminosa media en una zona esférica	Bujía (candle Power)	$I = F_{zon} / W$
Intensidad de iluminación.	Luz o Bujía-metro Foot candle o pié Bujía, photo ó Bujía cm.	$E = F/A$
Brillantez intrínseca	Bujías/unidades sup.	$b = I / A \cos \phi$
Brillantez de una superficie.	Lamberts Foot-Lambert	$B = I / A \cos \phi$

Flujo Luminoso: Es la radiación visible total emitida por una fuente de luz, medida de acuerdo con la sensación visual que produce.

Lumen: Es la unidad de flujo luminoso y es igual al flujo emitido en un ángulo sólido por una fuente luminosa, con una potencia media esférica de una bujía..

Angulo Sólido Unitario: Es aquél con su vértice en el centro de una esfera y circunscrito por una área unitaria en la superficie de una esfera, con radio igual a la unidad; o bien, por una área -- igual al cuadrado del radio.



$A = 4m^2$ $I = 1$ bujía; $F = 1$ lumen
Potencia luminosa = 1 bujía;
 $F = 1$ lumen

De la ecuación de potencia luminosa se puede despejar el flujo luminoso, convirtiéndose la fórmula en la siguiente:

$$\text{Flujo luminoso} = F = 4 \text{ Ims.}$$

Potencia luminosa: Es la densidad de flujo luminoso en determinado ángulo sólido. Su unidad es la bujía ó (candle power).

Cuando se iniciaron los estudios de mediciones de la luz, el medio más común de alumbrado lo constituían las bujías. De ahí que se adoptara este nombre para la unidad de potencia luminosa.

Para determinar la potencia luminosa de una fuente de luz, se emplea el método de comparación, con mediciones o patrones existentes en las oficinas de normas del país.

DIFERENTES CATEGORIAS O CLASIFICACIONES DE BUJIAS EXISTENTES.

Bujía estándar o internacional: Es la potencia luminosa producida por una veia preparada con aceite de ballena y la que, con una flama de 43 a 45 mm, quemará 150 gr, de su material por hora.

Bujía Hefner: Es la potencia luminosa producida por una lámpara de latón, que con una flama de 40 mm, quema aceite de amilo.

1 Bujía Hefner 0.9 Bujía Internacional.

Las ventajas de la bujía Hefner son las de su fácil reproducción en patrones secundarios, su gran duración y la posibilidad de obtener combustible químicamente puro.

Bujía Pentano: Es la potencia luminosa producida por una lámpara provista de un quemador de una mezcla de aire saturado con vapor de pentano. La flama debe regularse a una altura

de 47 mm!

BUJIA PENTANO = 1 bujía internacional

Esta lámpara produce luz de mejor color que la Hefner.

Tiene mayor potencia luminosa, flama más estable y menores variaciones en la potencia luminosa, causadas por diferencias en la altura de la flama.

Bujía Platino: Es la potencia luminosa de la energía radiada por un centímetro cuadrado de platino químicamente puro, a la temperatura de fusión.

1 Bujía platino = 19 Bujía Internacional

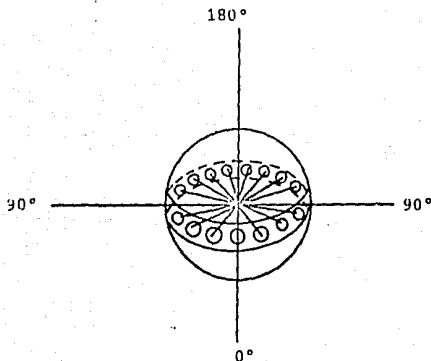
Bujía Americana: Es la fracción específica (0.0557) de la potencia media horizontal, de un grupo de 40 lámparas incandescentes de filamento de carbón, operadas a un voltaje y corriente perfectamente regulados, para obtener luz de color blanca 2097°K.

Bujía Americana = 1 Bujía Internacional

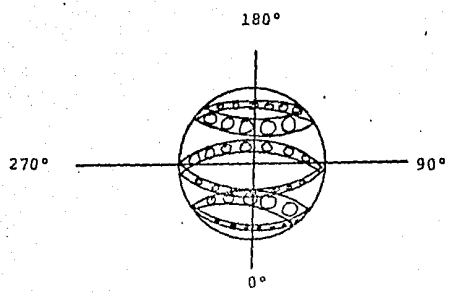
Bujía Candela ó Candle Power.- La convención internacional de iluminación, estableció como unidad internacional la Bujía Candela, que equivale a 1/16 de la potencia media esférica luminosa de un cm^2 del radio de un cuerpo negro, operado a la temperatura de fusión del platino.

Cuerpo negro se define como aquél que es capaz de absorber totalmente cualquier radiación incidente en él, sin transmitir ni reflejar ninguna.

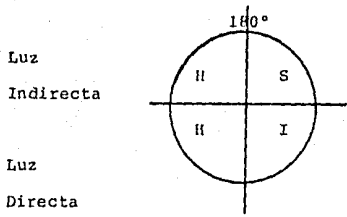
I_{mh} = Potencia luminosa media horizontal: Es el promedio de la potencia n bujías, medidas en un plano horizontal, que pase á través del centro luminoso de la lámpara.



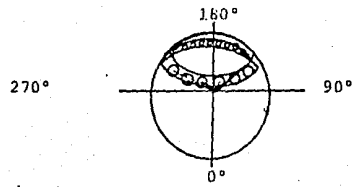
I_{ms} = Potencia Luminosa media esférica. Es el promedio de las potencias luminosas en bujías en todas las direcciones.



I_{hi} , I_{hs} = Potencia Luminosa Hemisférica inferior o superior. Es el promedio de las potencias luminosas de una -- fuente de luz en el hemisferio considerado.



Luz = Potencia Luminosa Media en una zona: Es el promedio de la potencia luminosa en bujías, en determinada zona - esférica.



PROBLEMA: Si tenemos una lámpara incandescente de 100w, 120V-1630 lúmenes iniciales. ¿Cuál es su potencia luminosa media esférica?

$$\text{Ims} = \frac{F}{4} = \frac{1630}{1206} = 130 \text{ Bujías}$$

INTENSIDAD DE LA LUZ: La unidad llamada "Candela" - corresponde originalmente a la intensidad de una vela de cera corriente; que arde bajo ciertas condiciones determinadas. Recientemente, en los laboratorios fotométricos, la vela ha sido sustituida por una lámpara eléctrica, que opera bajo condiciones controladas.

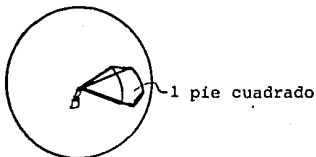
La intensidad de la luz producida por cualquier --- fuente es una dirección determinada, se expresa por el número de candelas o bujías. Así pues, es correcto decir que un haz de luz tiene 100,000 candelas en algunas de sus partes. Conviene recordar, que las candelas representan la intensidad de la luz en una sola dirección. Hay algunas lámparas pequeñas como las que se usan en los faros delanteros de los automóviles, -- que se clasifican de acuerdo con la potencia media esférica en candelas (mean spherical candle power) Esto en realidad es la intensidad luminosa media, o sea, el promedio de las intensidades luminosas de una fuente de luz en todas las direcciones.

CANTIDAD DE LUZ

La cantidad de luz correspondiente a un lúmen puede

ser explicada muy fácilmente, refiriéndonos a la siguiente figura:

Vela corriente colocada en el centro de una esfera-
cuyo radio es un pie.



- La intensidad es una candela en todas las direcciones
- La cantidad de luz en cada pie cuadrado es un lumen
- La iluminación en la superficie interior es un pie-bujfa.

En este ejemplo, una fuente de luz con intensidad de candela (una) en todas direcciones, está colocada en el centro- una esfera hueca que tiene un radio interior de 1 pie (abreviado p). El lumen es entonces definido como la cantidad de luz -- visible, que incide sobre un pie cuadrado de la superficie inte rior de la esfera. Como el lumen representa el flujo luminoso, normalmente las fuentes de luz se clasifican con relación a la cantidad de luz emitida. De manera más formal, el lumen es defi nido como la cantidad de luz que llega a una superficie de un - pie cuadrado, dispuesto de tal manera, que todos sus puntos dis tan de un pie de una fuente de luz, que emite uniformemente una candela en todas sus direcciones.

En el sistema métrico, el lumen se define como la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie de un metro cuadrado, la cual está dispuesta de tal manera, que todos sus puntos están situados a un metro de distancia, de una fuente de luz que emite uniformemente una candela en todas las direcciones. Se considera que la superficie iluminada es generalmente plana.

Intensidad de Iluminación: Es la densidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie. Estará representada por el cociente del flujo incidente sobre unidad de área.

$$E = \text{Flujo}/a$$

Las unidades usuales de intensidad de iluminación son:

1 Lux o Bujía-metro =	1 Lumen/1 Pie ²
1 Foot-candle o Pié-bujía =	1 Lumen /1Pie ²
1 Photo o bujía-cm.	1 Lumen/1 cm ²

Lux: Es la intensidad de iluminación que resulta sobre una superficie de 1 m², en la cual se encuentra uniformemente distribuido un lumen.

$$1 \text{ Pie bujía} = 10.76 \text{ Luz} = 10 \text{ Lux}$$

INTENSIDADES DE ILUMINACION NATURALES

Interperie bajo el rayo del sol	60,000 a 100,000 Lux
A la sombra de un árbol	6,000 a 10,000 Lux

A la sombra de una terraza	3,000 a 5,000 Lux
Junto a una ventana día claro	600 a 1,500 Lux
Junto a una ventana día nublado	100 a 300 Lux
A tres metros de la ventana día claro	200 a 500 Lux

Con alumbrado artificial se encuentra generalmente que la intensidad de iluminación, no es mayor de 50 Lux.

$$E \text{ Lux} = F \text{ Lumen/A en m}^2; \quad E_{fc} = F_{en} \text{ Lumen/A en Pie}^2$$

PROBLEMA:

Proyectar el alumbrado artificial para un salón de -
clases de 18 mts. de largo por 6 mts. de ancho.

Por concepto de eficiencia de los equipos de alumbrado seleccionados, por la altura del montaje, absorción de la luz en las paredes y el techo, transmisión de luz fuera de los ventanales y por depreciación luminosa ocasionada por acumulación de polvo; estimaremos que se perdiera el 70% de la luz producida.

$$E = 30 \text{ f-c} = 300 \text{ Lux}$$

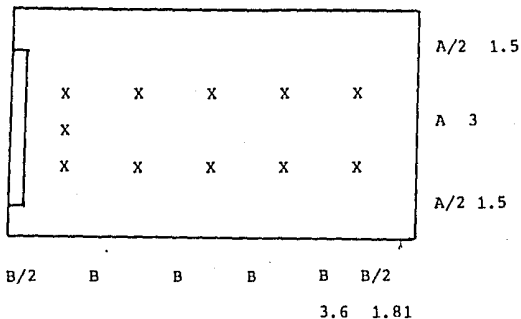
Pérdidas de luz 70%

Coefficiente de aprovechamiento 30%

$$F = \frac{EA}{\text{Coef a}} = \frac{300 \times 18 \times 16}{0.30} = 108,000 \text{ Lumen}$$

$$\text{No. de lámparas incandescentes } 300W = \frac{108,000}{5610} = 19 \text{ a } 20$$

$$\text{No. Lamp. Incandescentes } 500W = \frac{108,000}{9,900} = 10 \text{ a } 11$$



"LEY DE LOS CUADRADOS INVERSOS"

La intensidad de iluminación varía directamente con la potencia luminosa, e inversamente con el cuadrado de la distancia, entre un punto fuente de la luz y el punto en que la iluminación es observada; esta ley es aplicable, si la distancia a que está colocada el cuerpo por iluminar, es mayor que 10 veces el diámetro máximo de la fuente de luz.

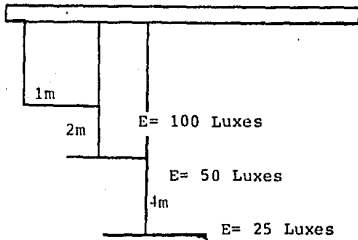


$$E = \frac{I}{d^2}$$

Si d es mayor que $D \times 10$, es válida la ley de los cuadrados inversos.

En el caso de tiras luminosas continuas, la intensidad de iluminación varía directamente con la potencia lumi-

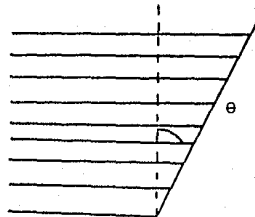
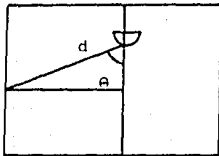
nosa e inversamente con la distancia.



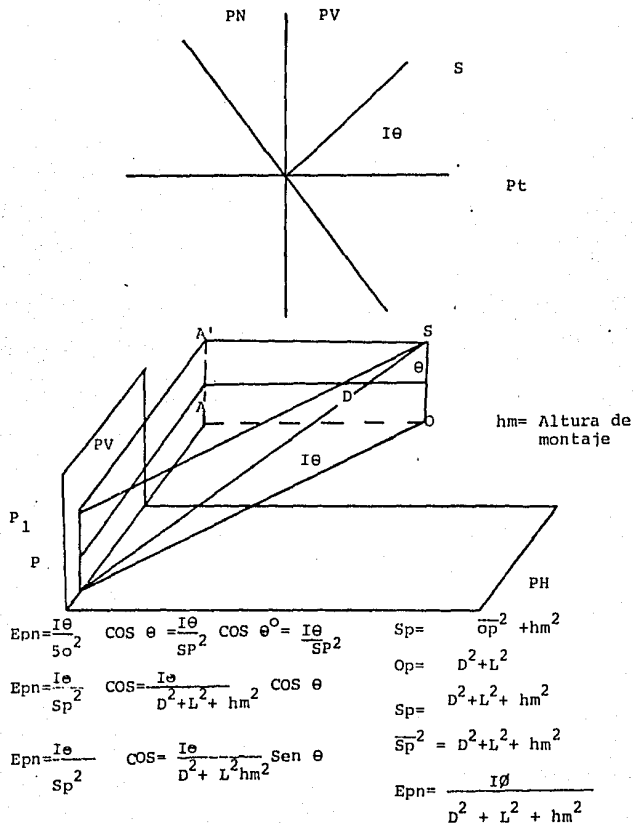
La ley de los cuadrados inversos considera que los rayos luminosos, inciden normalmente sobre todas las superficies lo cual no es cierto, Por lo tanto, para hacer cálculos más precisos, tendremos que aplicar la ley de Lambert.

LEY DE LOS COSENOS O DE LAMBERT

Si una superficie alumbrada por una fuente de luz, está inclinada con respecto a la normal; la intensidad de iluminación sobre dicha superficie, varía directamente con el coseno del ángulo de inclinación, entre los rayos incidentes y la normal.



INTENSIDADES DE ILUMINACION EN PLANOS NORMAL, HORIZONTAL Y VERTICAL.



Ecuaciones anteriores en función de la altura de montaje.

$$E_{pn} = \frac{I\theta}{Sp^2} \quad \cos \theta = \frac{hm}{Sp} \quad \therefore Sp = \frac{hm}{\cos \theta}$$

$$E_{pw} = \frac{I\theta}{\left(\frac{hm}{\cos \theta}\right)^2} = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^2 \theta$$

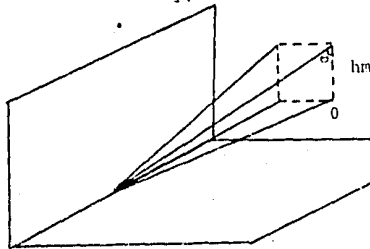
$$E_{pn} = \frac{I\theta}{Sp^2} \cos \theta = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^3 \theta \quad \text{Sen } \theta = \frac{OP}{Sp}$$

$$E_{pu} = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^2 \theta \cdot \frac{OP}{Sp} = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^2 \theta \cdot \frac{OP}{\left(\frac{hm}{\cos \theta}\right)} = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^3 \theta \cdot \frac{OP}{hm}$$

$$\frac{OP}{hm} = f_{g\theta}$$

$$E_{pv} = \frac{I\theta}{hm^2} \cos^3 \theta + \theta$$

PROBLEMA.- Determinar las intensidades de iluminación en un punto de los planos normal, horizontal y vertical, en los cuales incide un rayo luminoso con una potencia de 1200 bujías. La fuente luminosa se encuentra a una altura de 3 metros sobre el plano horizontal. El punto P está a 3.5 mts. a la izquierda de la fuente y, a 2 mts. al frente.



$$I\theta = 1200 \text{ bujías}$$

$$hm = 3 \text{ m}$$

$$D = 3.5 \text{ m}$$

$$L = 2.0 \text{ m}$$

$$E_{pn} = \frac{I_e}{sp^2} \cos \theta; \quad \cos \theta = 0.596 \quad \therefore \quad E_{pn} = \frac{I_e}{sp^2} = \frac{I_e}{D^2 + L^2 + hm^2}$$

$$\frac{1200}{9+12.25+4} = \frac{1200}{25.25} = 47.6 \text{ LUX}$$

$$E_{eH} = \frac{I_e}{sp^2} \cos \theta = \frac{1200}{25.25} \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{hm}{sp} = \frac{3}{25.25} = \frac{3.00}{5.02} = 0.596$$

$$E_{pH} = (47.6)(0.596) = 28.3 \text{ LUX}$$

$$E_{pv} = \frac{I_e}{sp^2} \text{Sen } \theta = \frac{1200}{25.25} \text{Sen } \theta$$

$$\text{Sen } \theta = \frac{op}{sp} = \frac{L^2 + D^2}{sp} = \frac{3.5^2 + 2^2}{5.02} = 0.802$$

$$E_{pv} = (47.6)(0.802) = 38.25 \text{ LUX}$$

BRILLANTEZ: Es la sensación de brillo que resulta al ver un objeto que envíe luz hacia los ojos del observador.

La brillantez se clasifica en brillantez intrínseca o propia de la fuente luminosa y en brillantez reflejada o brillantez de una superficie.

BRILLANTEZ INTRINSECA: Se define como la potencia luminosa en una determinada dirección, sobre el área proyectada de la fuente de luz, viendo la superficie luminosa desde la dirección considerada..



$$b = \frac{\text{Potencia luminosa}}{\text{Area proyectada}} = \frac{I_e}{\text{Acos } \theta} \left(\frac{\text{Bujias}}{\text{un superficie}} \right)$$

θ = Angulo formado entre la dirección del observador y la normal.

Internacionalmente la unidad de brillantez es la bujia/cm², - que se conoce con el nombre de Stilb- En sistema inglés la unidad es la bujia/plg² 1 stilb=6.45 bujia /Plg²

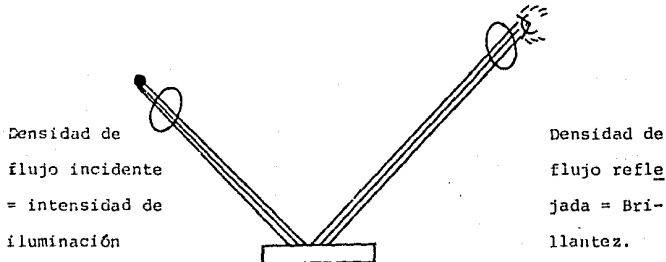
BRILLANTEZ INTRINSECA DE VARIAS FUENTES LUMINOSAS

Sol en el Cenit		200,000 bujias/cm ²	
Sol a 30° sobre el horizonte		160,000	" "
Lámpara incandescente	40 W	200	" "
"	" 100 W	580	" "
"	" 300 W	930	" "
"	" 500 W	1080	" "
Lámpara fluorescente bco, frío	15W	0.6	" " 1"x18" long
"	" cálido 15W	0.69	" "
"	" frío 30W	0.68	" " 1"x36"
"	" cálido 30W	0.76	" "
"	" frío 40W	0.50	" " 11/2"x48"

Globo difusor de vidrio o palino con lámpara incandescente de 500W. 0.60

Fuentes luminosas con una brillantez de 0.5 a 1 bujia/cm² producen deslumbramiento. Dentro de la línea de visión, la máxima brillantez permisible deberá ser de 0.15 bujias/cm².

BRILLANTEZ DE UNA SUPERFICIE: Este término se aplica para designar la brillantez de superficies que reflejan o transmiten la luz, al recibirla de las fuentes luminosas. Esta brillantez se mide en Lamberts ó en Foot-Lamberts y es igual a la densidad de flujo luminoso transmitido o reflejado por la superficie reflectora, hacia los ojos del observador.



No se deben confundir la intensidad de iluminación y la brillantez; ya que ambas se expresan en lúmenes/unidad de superficie.

INTENSIDAD DE ILUMINACION: Es la densidad de flujo luminoso incidente en una superficie.

BRILLANTEZ: Es la densidad de flujo luminoso reflejada por una superficie iluminada por una fuente de luz.

LAMBERT: Es la unidad de brillantez y equivale a la brillantez uniforme de una superficie, que transmite o refleja la luz, a razón de un lumen/cm².

FOOT/LAMBERT: Es la brillantez uniforme de una superficie que transmite o refleja la luz a razón de un lumen/pie².

La brillantez de una superficie = Intensidad de iluminación X factor de reflexión.

$$\text{Factor de Reflexión} = \frac{\text{Densidad de flujo reflejado}}{\text{Densidad de flujo incidente}}$$

La equivalencia entre la brillantez de una superficie y la brillantez intrínseca, es la siguiente:

$$1 \text{ Lambert} = 1 \frac{\text{Lumen}}{\text{cm}^2}$$

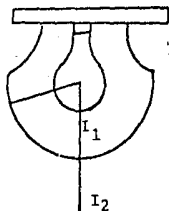
$$1 \text{ Foot Lambert} = 1 \frac{\text{Lumen}}{\text{Pie}^2}$$

$$\frac{1 \text{ bujfa}}{\text{cm}^2} = \text{II Lambert} = 3.14 \text{ Lambert}$$

$$1 \text{ Lambert} = \frac{1}{\text{cm}^2} \frac{\text{Bujfas}}{2} = 0.318 \text{ Bujfas/cm}^2 = 2.05 \frac{\text{Bujfas}}{\text{p}^2}$$

$$1 \text{ Lambert} = 1076 \text{ Foot Lambert} = 1000 \text{ FL}$$

PROBLEMA: Se tiene un globo difusor de vidrio opalino, de forma esférica y radio = 20 cm. En el interior del globo se tiene una fuente de luz con una potencia media esférica de 500 bujfas. El coeficiente de transmisión del vidrio es de 0.8. Determinar la brillantez en lamberts y en bujfas/cm².



$$r = 20 \text{ cm} \quad ct = 0.8$$

$$I_{ms} = 500 \text{ bujías}$$

$$A = r^2 = (3.14)(20^2) = 1256 \text{ cm}^2$$

$$b = \frac{I}{A} = 3. = \frac{\text{Potencia luminosa}}{\text{Area Projectada}}$$

$$I_1 = 500 \text{ bujías}$$

$$I_2 = I_1 \times ct = (500)(0.8) = 400 \text{ bujías}$$

$$b = \frac{400}{1256} = 0.318 \text{ bujías/cm}^2$$

$$B = b(3.14)(0.318) = 1 \text{ Lambert}$$

Comprobación:

$$B = \frac{F}{A} = \frac{F \lambda}{A} = E = \frac{-I}{r^2} = \frac{400}{20^2} = \frac{400}{400} = 1 \text{ Lamb}$$

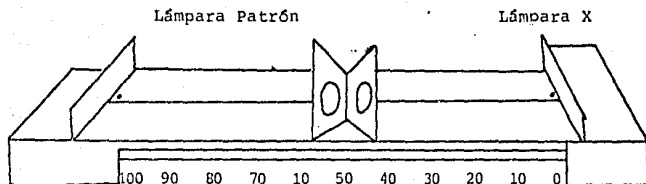
$$1 \text{ Lambert} = \frac{1 \text{ bujías}}{\text{cm}^2} = \frac{1 \text{ bujías}}{3.14 \text{ cm}^2} = 0.318 \frac{\text{buj.}}{\text{cm}^2}$$

FOTOMETRIA: Es la rama de la ingeniería de ilumina--
ción que trata de las mediciones de la luz producida por una --
fuente luminosa y de la comparación de tales fuentes de luz. To--
das estas mediciones, son realizadas por comparación entre una -
fuente luminosa patrón con la fuente desconocida. Esta compara--
ción se realiza por medio de aparatos denominados fotómetros.

Los fotómetros más sencillos se basan simplemente en--
la comparación de las pantallas fotométricas a los ojos del ob--
servador y los equipos más modernos, sustituyen la comparación -
directa, por lecturas dadas por celdas fotoeléctricas.

Uno de los fotómetros más sencillos es el FOTOMETRO

DE BARRA O FOTOMETRO DE BUNSEN.

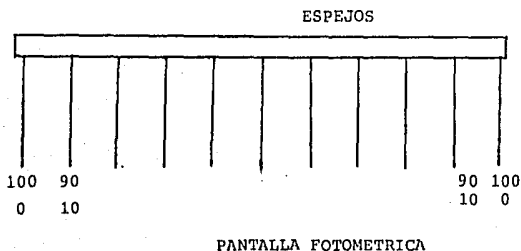


En cada uno de los extremos del fotómetro, se monta la lámpara patrón o de potencia luminosa conocida y la lámpara cuya potencia se va a investigar. Entre las lámparas cortando a 90° los rayos luminosos, se encuentra la pantalla fotométrica, que consiste en un disco de papel con su centro transluciente por medio de una mancha de parafina. La pantalla está colocada en un dispositivo móvil que puede correr a lo largo de la barra. Con objeto de observar simultáneamente ambas caras de la hoja de papel, se encuentra con dos espejos montados oblicuamente. El equilibrio fotométrico, se obtiene ajustando la posición de la pantalla en forma tal, que las dos curvas del papel aparezcan con igual iluminación.

Siendo la potencia de lámpara (s) patrón conocida, la potencia luminosa de la otra lámpara, se calculará aplicando la ley de los cuadrados inversos.

$$E_s = \frac{I_s}{ds^2} \quad ; \quad E_x = \frac{I_x}{DX^2}$$

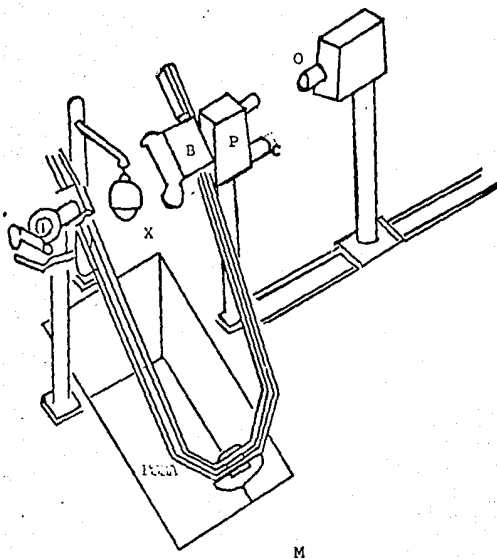
$$\text{Si } E_s = E_x ; \frac{I_s}{ds^2} = \frac{I_x}{dx^2} \quad I_x = I_s (dx/ds)^2$$



Los fotómetros modernos sustituyen las operaciones visuales con dispositivos de medición, a base de celdas fotoeléctricas; pero el principio de operación, sigue siendo el de comparación, de una fuente de luz de potencia luminosa, conocida con una fuente cuya potencia luminosa se desconoce:

FOTOMETRO DE DISTRIBUCION: Se utiliza para conocer la potencia luminosa de una fuente o diferentes ángulos de emisión, es decir, permite obtener la curva de distribución fotométrica de una lámpara o de un equipo de alumbrado.

FOTOMETRO DE DISTRIBUCION



X= Lámpara por probar

M= Espejo por probar

S= Lámpara patrón

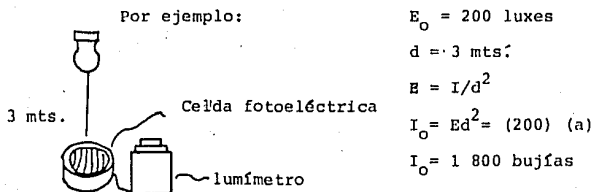
B= Caja del fotómetro

P= Pantalla fotómetro

C= Celda fotoeléctrica

Este fotómetro tiene un dispositivo para montar la lámpara cuya potencia se desconoce: una pantalla fotométrica, espejos para reflejar el flujo luminoso en diferentes direcciones y a diferentes ángulos de emisión, una celda fotoeléctrica para realizar automáticamente las comparaciones fotométricas y un dispositivo donde se encuentra la lámpara patrón y el cual, por ser móvil, permite las variaciones de iluminación necesarias para obtener el equilibrio fotométrico en la pantalla.

Otra forma de encontrar la potencia luminosa es, - utilizando un lumímetro para determinar la intensidad de iluminación y aplicar posteriormente las fórmulas conocidas.

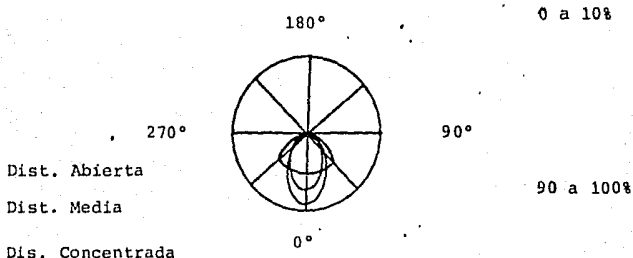


Los reportes fotométricos obtenidos con los equipos antes mencionados se especifican generalmente en forma gráfica conociéndose como CURVAS DE DISTRIBUCION DE LUZ y las cuales - pueden presentarse en coordenadas rectangulares o en coordenadas polares. Es más común utilizar la representación polar, ya que es más fácil y rápida su interpretación polar debido a su análisis, se permite seleccionar el equipo adecuado para un ca

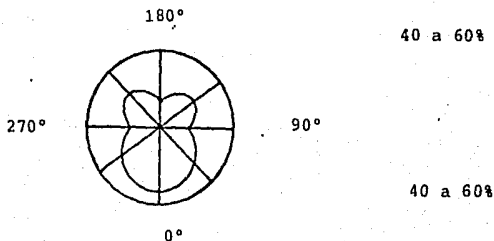
caso específico.

CURVAS DE DISTRIBUCION DE LUZ: Es la curva que muestra la variación de la potencia luminosa de una lámpara o fuente luminosa, con relación al ángulo de emisión.

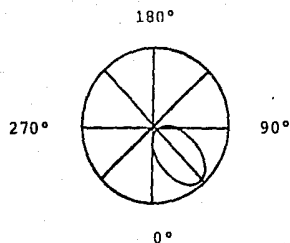
Curvas de distribución vertical en coordenadas polares:



Alumbrado directo simétrico



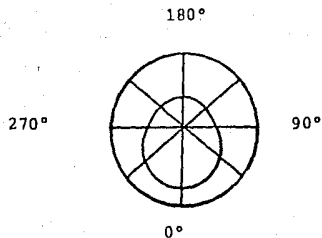
Alumbrado difuso o Directo -indirecto



0 a 100%

90 - 100%

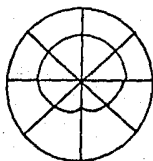
Alumbrado Directo Asimétrico



10 a 40%

60 a 90%

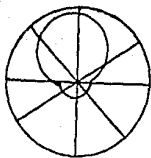
Alumbrador semi-directo



60 a 90%

10 a 40%

Alumbrado semi-directo



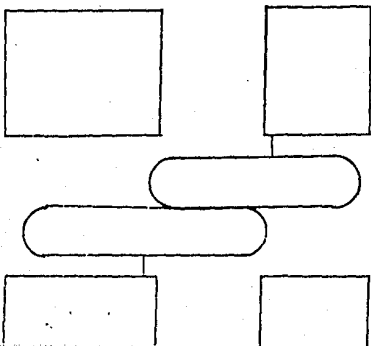
90 a 100%

0 a 10%

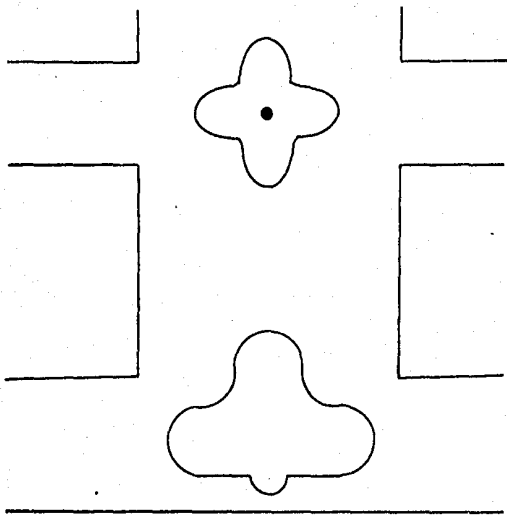
Alumbrado indirecto simétrico

, Las curvas anteriores son verticales en coordenadas polares. Es la que representa la potencia luminosa de una fuente a varios ángulos de elevación en un plano vertical.

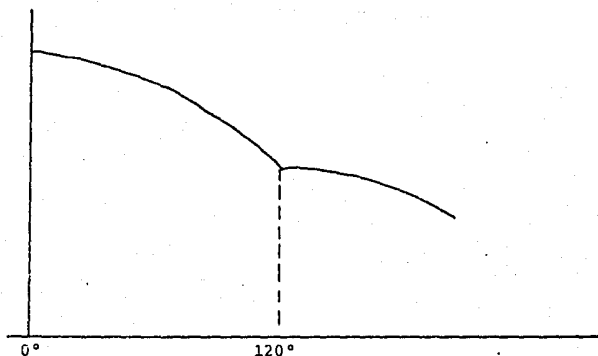
CURVAS DE DISTRIBUCION HORIZONTAL: Son las que -- representan la potencia luminosa de una fuente, a varios ángulos en un plano horizontal, que pasa a través del centro luminoso de la fuente.



CURVAS DE DISTRIBUCION HORIZONTAL:



CURVA DE DISTRIBUCION VERTICAL EN COORDENADAS RECTANGULARES



El flujo luminoso es igual a la potencia luminosa, multiplicada por una constante que se conoce como constante de flujo $F = I_e K$ flujo. La constante de flujo para diferentes ángulos de emisión, se obtiene con la siguiente ecuación:

ZONA	K flujo	ZONA
0° - 10°	0.0954	170°-180°
10 - 20	0.283	160°-170°
20 - 30	0.463	150°-160°
30 - 40	0.628	140°-150°
40 - 50	0.774	130°-140°
50 - 60	0.897	120°-130°
60 - 70	0.992	110°-120°
70 - 80	1.058	100°-110°
80 - 90	1.091	90°-100°

REPORTE FOTOMETRICO. Lámpara incandescente 500 W.,
114 V Bulbo perla.

<u>ANGULO</u>	<u>BUJIAS</u>	<u>ZONA</u>	<u>K FLUJO</u>	<u>LUMENES</u>
0°	971	--	--	--
5	957	0 - 10	0.0954	91
15	930	10 - 20	0.283	263
25	885	20 - 30	0.463	410
35	844	30 - 40	0.628	530
45	836	40 - 50	0.774	647
55	813	50 - 60	0.897	730
65	799	60 - 70	0.992	793
75	794	70 - 80	1.058	840
85	787	80 - 90	1.091	859
90	780	- - -	-	-
95	789	90 - 100	1.091	861
105	795	100 - 110	1.058	841
115	804	110 - 120	0.992	798
125	793	120-- 130	0.897	712
135	782	130 - 140	0.774	605
145	772	140 - 150	0.628	485
155	744	150 - 160	0.463	344
165	661	160 - 170	0.283	187
175	568	170 - 180	0.0954	54
180	537	- - -	- -	-

FLUJO LUMINOSO TOTAL: 10,050

Imh= 780 Bujías

Potencia luminosa hemisferio inferior

Potencia luminosa hemisferio superior

$$I_{mh} = I_{g0} = 780 \text{ Bujías}$$

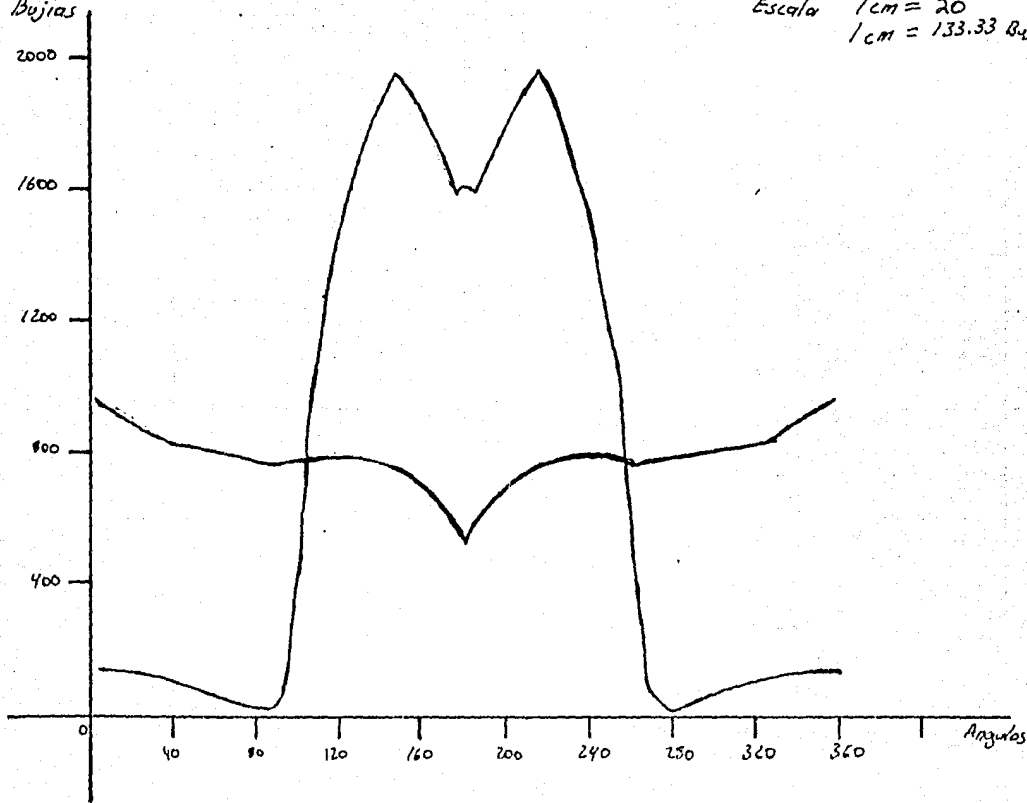
Potencia luminosa hemisferio inferior

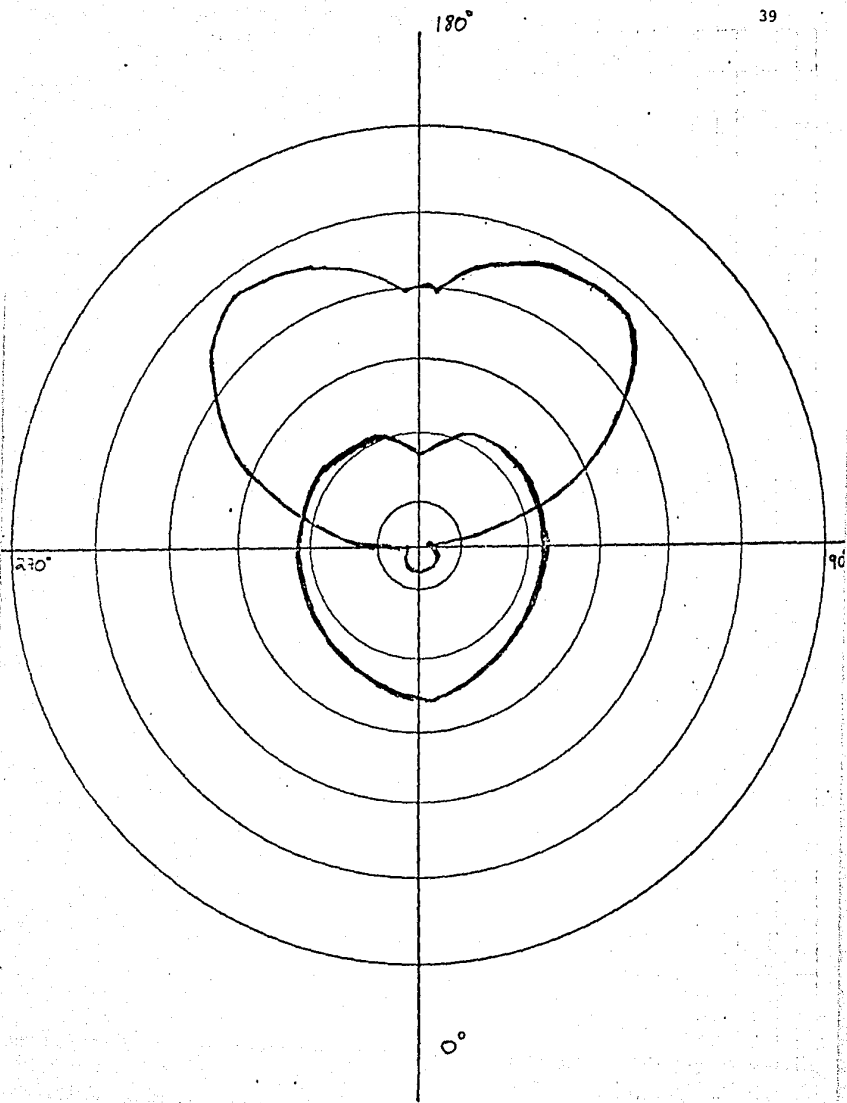
$$I_{hin} = \frac{F_{0^\circ - 90^\circ}}{2} = \frac{5143}{6.28} = 822 \text{ Bujías}$$

$$\text{Luz directa} = \frac{\text{Flujo de } 0^\circ \text{ a } 90^\circ}{\text{Flujo total}} = \frac{5163}{10050} = 0.514$$

$$\text{Luz indirecta} = \frac{\text{Flujo de } 90^\circ \text{ a } 180^\circ}{\text{Flujo total}} = \frac{4887}{10050} = 48.6\%$$

Bujías

Escala $1\text{ cm} = 20^\circ$
 $1\text{ cm} = 133.33$ Bujías



C A L C U L O S

ANGULO	BUJIAS LAMPARA	BUJIAS CANDIL	Z O N A	CONSTANTE FLUJO	FLUJO LUMINOSO LAMPARA	CANDIL
0	981	159	-----	-----	-----	-----
5	957	159	0 - 10	0.0954	91	15
15	930	156	10 - 20	0.2830	263	44
25	885	145	20 - 30	0.4630	410	67
35	844	128	30 - 40	0.6280	530	80
45	836	109	40 - 50	0.7740	647	84
55	813	86	50 - 60	0.8970	730	77
65	799	70	60 - 70	0.9920	793	69
75	794	53	70 - 80	1.0580	840	56
85	787	59	80 - 90	1.0910	859	51
90	780	86	- - -	-----	-----	--
95	789	127	90 - 100	1.0910	861	139
105	775	930	100 - 110	1.0580	841	984
115	804	1315	110- 120	0.9920	798	1304
125	793	1623	120 - 130	0.8970	712	1456
135	782	1777	130 - 140	0.7740	605	1375
145	772	1931	140 - 150	0.6280	485	1213
155	744	1890	150 - 160	0.4630	344	875
165	661	1767	160 - 170	0.2830	187	500
175	568	1592	170 - 180	0.0954	54	152
180	537	1633	--- - ---	-----	---	---
FLUJO LUMINOSO TOTAL:					10050	8541

FORMULAS EMPLEADAS PARA ENCONTRAR LOS VALORES ANTERIORES:

$$K \text{ flujo} = 2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

$$\text{Flujo luminoso} = K \text{ flujo} \times \text{potencia luminosa}$$

CALCULOS ADICIONALES PARA LA LAMPARA:

$$I_{mh} = 980.00 \text{ Bujías}$$

$$I_{ms} = \text{flujo total} / 4$$

$$= 10050.00/12.56$$

$$= 800,10 \text{ Bujías}$$

$$I_{hinf.} = \text{flujo de } 0^\circ \text{ a } 90^\circ / 2$$

$$= 5163.00/6.28$$

$$= 822.00 \text{ Bujías}$$

$$I_{hsup} = \text{flujo de } 90^\circ \text{ a } 180^\circ / 2$$

$$= 4887.00 / 6.28$$

$$= 778.00 \text{ Bujías}$$

$$\text{Luz directa} = \text{flujo de } 0^\circ \text{ a } 90^\circ / \text{flujo total}$$

$$= 5163.00/10050.00$$

$$= 0.514$$

$$= 51.4\%$$

$$\text{Luz indirecta} = \text{flujo de } 90^\circ \text{ a } 180^\circ / \text{flujo total}$$

$$= 4887.00/10050.00$$

$$= 0.486$$

$$= 48.6\%$$

CALCULOS ADICIONALES PARA EL CANDIL

$$I_{mh} = 59.00 \text{ Bujfas}$$

$$I_{ms} = \text{flujo total} / 4$$

$$= 8541.00 / 12.56$$

$$= 680.00 \text{ Bujfas}$$

$$I_{hinf.} = \text{Flujo de } 0^\circ \text{ a } 90^\circ / 2$$

$$= 543.00 / 6.28$$

$$= 86.46 \text{ Bujfas}$$

$$I_{hsup.} = \text{flujo de } 90^\circ \text{ a } 180^\circ / 2$$

$$= 543.00 / 8541.00$$

$$= 0.0635$$

$$= 6.35\%$$

$$\text{Luz indirecta} = \text{flujo de } 90^\circ \text{ a } 180^\circ / \text{flujo total}$$

$$= 7998.00 / 8541.00$$

$$= 0.9364$$

$$= 93.64\%$$

EFICIENCIA DEL CANDIL

$$= \frac{\text{flujo total del candil}}{\text{flujo total de la lámpara}}$$

$$= \frac{8541.00}{10050.00}$$

$$= 0.8498$$

$$= 84.98\%$$

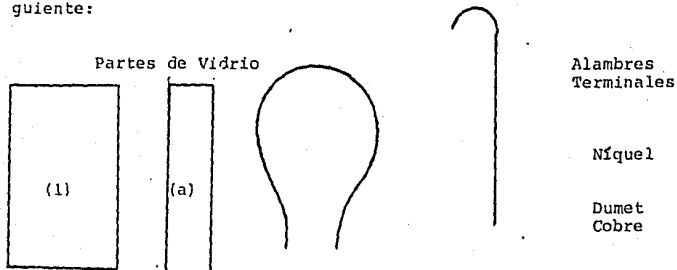
CAPITULO II

" LAMPARAS INCANDESCENTES "

LAMPARAS INCANDESCENTES

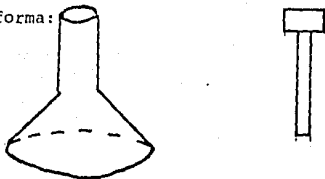
Las primeras lámparas construidas en América fueron en el año de 1907. En 1954, las lámparas más usadas fueron las de vapor de Mercurio, en este tiempo surgieron muchos tipos de lámparas como las fluorescentes y de diferentes tipos de filamentos de las lámparas incandescentes.

La construcción de las lámparas incandescentes es la siguiente:



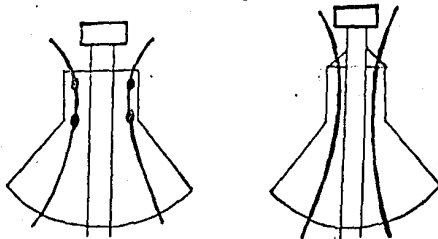
Donde Dumet es una aleación de cobre-níquel.

Las partes de vidrio (1) y (2), son sometidas a calentamiento y por medio de un torno de rechazado, se les da la siguiente forma:



Acoplando estas piezas y los alambres terminales o hilos

de toma, se obtiene el vástago central.



Se colocan los soportes de molibdeno, el filamento y el bulbo. Se hace el vacío. Se llena de gas y se instala la base de latón, se cortan los alambres terminales y se sueldan las puntas, una al casco y otra al fondo de la base de latón.

EFECTO TERMINCO DE LA CORRIENTE

Cuando una corriente eléctrica fluye a través de un alambre, éste se calienta. El aumento de temperatura es pequeño -- cuando el alambre tiene amplia capacidad conductiva, pero si la resistencia del alambre es suficientemente alta, el efecto térmico producido por la corriente es de tal manera, que puede causar este brillo. Esto se puede observar en el caso de un ca lentador eléctrico, donde el calor es emitido por un alambre candente.

Este dispositivo tiene un efecto de autocontrol. Cualquier voltaje causa que una corriente fluya a través de un alambre y lo calienta. El calor a su vez; aumenta la resistencia del alam bre y tiende a reducir el flujo de corriente. Así llega a un --

punto, en que la corriente dejaría de fluir, a menos que se aumentara el voltaje. Como se verá más adelante, esto no sucede con las lámparas fluorescentes que escaparía todo control, a menos que se usara un dispositivo limitador de corriente.

El alambre encendido de un calentador eléctrico, no sería muy eficaz si se usara como una fuente de luz. Si el voltaje fuera aumentando y con ellos se forzara el paso de más corriente en el alambre, éste se fundiría antes de alcanzar suficiente brillo para emitir luz. En la lámpara incandescente, el alambre es sellado dentro de un bombillo de vidrio, del cual se extrae todo el aire. Sin el oxígeno, es posible hacer funcionar el filamento a una temperatura mucho más elevada, sin que éste se funda.

Muchas lámparas incandescentes contienen un gas inerte dentro del bombillo, en vez de estar al vacío. La presencia de este gas, permite funcionar el filamento a temperaturas más altas, ya que la presión del gas reduce el grado de evaporación de las partículas metálicas del filamento.

LAMPARAS RELLENAS DE GAS Y AL VACIO

Antes de la introducción de lámparas llenas de gas, en 1913, las lámparas incandescentes se hacían con bombillos al vacío, con el objeto de evitar que el filamento ardiese al hacer contacto con el oxígeno. En la mayoría de las lámparas, -

el gas introducido en el bombillo, ejerce una presión sobre el filamento que retarda la evaporación de éste y permite la fabricación de lámparas que trabajan con temperaturas más altas; en el filamento el gas usado al principio era el nitrógeno, pero ahora en la mayoría de las lámparas modernas, se usa una combinación de argón y nitrógeno en proporción al voltaje de las lámparas. El argón y el nitrógeno son gases inertes que no se combinan químicamente con el tungsteno. Se introducen en el bombillo al 80% de la presión atmosférica - pero luego la presión interior del bombillo sube hasta casi igualar la presión atmosférica cuando la lámpara trabaja a voltaje nominal.

F I L A M E N T O S . -

Edison experimentó con ciertos materiales antes de encontrar el filamento más adecuado para la primera lámpara; - con la cual obtuvo resultados exitosos. Edison escogió el carbón, que tiene un punto de fusión más alto que cualquier elemento conocido. El usar el carbón para hacer los filamentos tenía un problema, que éste se evapora a muy altas temperaturas. Al tener estos problemas, se utilizó Osmio y Tantalio, pero al perfeccionarse un método para estirar el alambre de Tungsteno, éste sustituyó totalmente al carbón. El Tungsteno tiene una gran fuerza de tensión y es muy durable, pero la razón principal fué, su capacidad para arder a un punto muy cercano a su punto de fusión, sin evaporarse rápidamente.

Los filamentos son hechos de diferentes formas hoy en día, de acuerdo al uso que se les destine. La designación de los filamentos se hace con una letra, para indicar el tipo de construcción del alambre y un número escogido arbitrariamente para identificar la forma.

Los factores que afectan el diseño del filamento son -- largo, diámetro y forma de un filamento, son seleccionados -- para llenar los requisitos de uso, voltaje y duración que se desea en las lámparas. Su objetivo es el de diseñar una fuente que produzca luz, al menor costo posible.

DIVERSOS TIPOS DE FILAMENTOS PARA LAMPARAS INCANDESCENTES

- C-1 Filamento de espiral simple; largo, bien sostenido, que se usa en aparatos domésticos.
- C-2V Filamento de espiral simple; que requiere un soporte.
- C-5 Filamento concentrado para pequeñas fuentes de luz.
- CC-6 Filamento de doble espiral o doble espiralizado, que requiere varios soportes.
- C-74 Filamento largo sostenido arriba y abajo, para encendido universal.
- C-8 Filamento de espiral simple, instalado perpendicularmente a la base. Puede ser alargado, como en las lámparas de iluminación lineal.

CC-8 Filamento de doble espiral o doble espiralizado, para -
instalación axial.

C-9 Filamento de longitud media, bien sostenido semicircular.
También usado para lugares donde hay vibración.

CC-13 Filamento monoplano, altamente concentrado para equipos
de proyección.

C-17 Filamento largo, que requiere un número mayor, que el pro
medio de soportes.

C-22 Filamento largo, que requiere soportes extras, para resis
tir movimientos bruscos.

C-1



C-ZU



C-5



CC-6



C-7A



C-22



C-8



CC-8



C-9

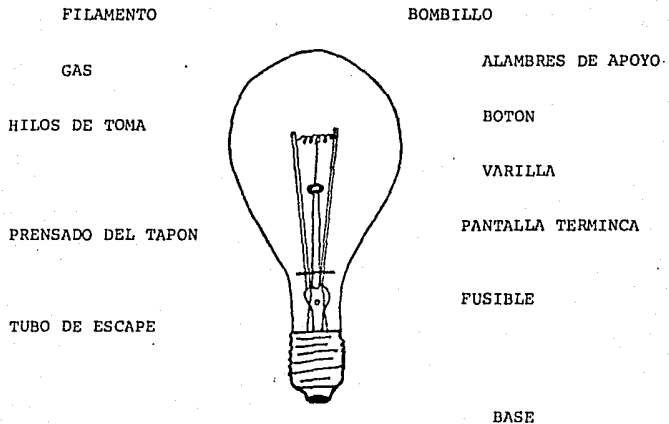


C-13



C-17





CONSTRUCCION DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE
TIPICA

CONSTRUCCION DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE TIPICA

Filamento: Generalmente el filamento es fabricado con tungsteno, Puede ser un alambre recto, en espiral sencillo o doble espiralizado.

Gas: En las lámparas de más de 40 watts, se usa generalmente una mezcla de nitrógeno y argón, para retardar la evaporación del filamento.

Hilos de toma: Son de cobre entre la base y el prensado del tapón y desde este punto, hasta el filamento, son de níquel.

Prensado del tapón: Los hilos de toma sellados herméticamente en el vidrio, son una combinación de hierro y níquel dentro de los manguitos de cobre (alambre domet); lo cual asegura casi el mismo coeficiente de dilatación que el del vidrio.

Tubo de escape: Este tubo se usa para extraer el aire e introducir gases inertes durante la fabricación de la lámpara. Luego es sellado y cortado al tamaño debido, para poder cubrirlo con la base.

Bombillo: Se fabrica generalmente con vidrio blando. En algunos tipos de lámparas, se usa vidrio duro para resistir altas temperaturas y para uso a la intemperie, Los bombillos se fabrican de diferentes formas y acabados.

Fusible: Protege la lámpara y al circuito al fundirse, por si saltan arcos en el filamento.

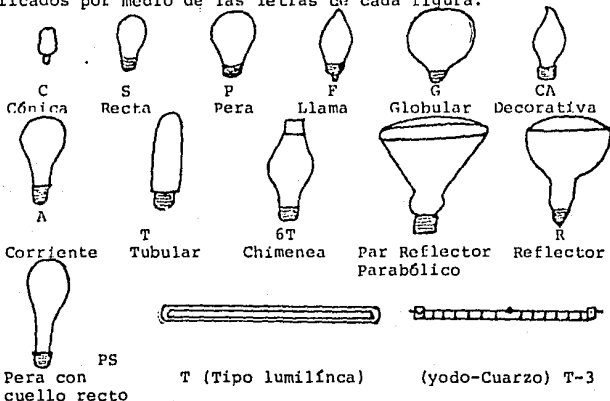
Pantalla térmica: (disco de mica): Se usa en las lámparas de servicio general de mayor potencia y otros tipos, cuando se desea reducir la circulación de gases calientes, hacia el cuello del bombillo.

Varilla: Varilla de vidrio que sostiene el botón.

Alambres de apoyo: Son de molibdeno y se usan para sostener el filamento.

FORMAS DEL BOMBILLO

En la siguiente figura se indican las formas más usadas de bombillos para lámparas incandescentes. Estos bombillos están identificados por medio de las letras de cada figura.



DIFERENTES FORMAS DE BOMBILLOS PARA LÁMPARAS INCANDESCENTES

Forma del bombillo	Significado	Lámpara típica que usa este bombillo.
S	De lado recto	Avisos y decoración
C	En forma de cono	Piloto
F	Llama	Decorativa
P	Forma de pera	Locomotoras
G	Redondo	Tres luces
A	Standart	Interior esmerilado
T	Tubular	Lumilínea
PS	Forma de pera cuello recto	Claro
PAR	Reflector parabólico aluminizado	Proyector
R	Reflector	Reflector
CA	Tipo de vela	Decoración
GT	Redondo, tubular	Chimenea

TIPOS DE BASES

La base de una lámpara incandescente desempeña dos importantes funciones, Primero, mantiene la lámpara firme en el portalámpara, y en segundo lugar, conduce la electricidad del circuito a los hilos de conexión de la lámpara. Para la mayoría de aplicaciones, las lámparas se fabrican con uno de los varios tamaños de bases enroscadas; que junto a otros tipos, se muestran en la figura siguiente:



Nini-can



Candelabro



Intermedio

Bayoneta
candelabro
doble con-
tacto.

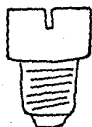
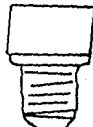
Media

Media 3
contac-
tos.

Media

Media contacto
lateral

Mogul

Mogul tres
contactosMogul Pre
enfocado.Media con
manguito
(mecánica)Media con
manguito
cementada

Rectangular



Embutida

Ecuaciones para el cálculo de las variaciones de las características luminosas, eléctricas y de duración de las lámparas incandescentes, cuando se operan a voltajes diferentes del nominal.

Valores con mayúsculas = Nominales

Valores con minúsculas = Reales o de operación

$$\frac{\text{duración}}{\text{DURACION}} = \frac{\text{VOLTS}}{\text{volts}} = \frac{\text{LUMENES}}{\text{lumenes}} = \frac{\text{LUMENES / WATT}}{\text{lumenes/watt}} = \frac{\text{AMPERES}}{\text{amperes}}$$

$$\frac{\text{lúmenes}}{\text{LUMENES}} = \frac{\text{volts}}{\text{VOLTS}} = \frac{\text{lúmenes/watt}}{\text{LUMENES/WATT}} = \frac{\text{watts}}{\text{WATTS}} = \frac{\text{amperes}}{\text{AMPERES}} = \frac{\text{ohms}}{\text{OHMS}}$$

$$\frac{\text{LUMENES/WATT}}{\text{lúmenes/watt}} = \frac{\text{VOLTS}}{\text{volts}} = \frac{\text{LUMENES}}{\text{lúmenes}} = \frac{\text{AMPERES}}{\text{amperes}}$$

$$\frac{\text{amperes}}{\text{AMPERES}} = \frac{\text{volts}}{\text{VOLTS}}$$

$$\frac{\text{watts}}{\text{WATTS}} = \frac{\text{volts}}{\text{VOLTS}}$$

VALORES DE LOS EXPONENTES

(1) Lámp. llenas de gas.	a	b	d	u	h	k	s	y	z	t
	3.86	7.10	13.1	24.1	1.84	3.38	2.19	6.25	7.36	0.54

(2) Lámp. al vacío.	a	b	d	u	h	k	s	y	z	t
	3.85	7.00	13.5	23.3	1.82	3.51	2.22	6.05	8.36	0.580

(1)	1.54	0.544	1.84	3.40
-----	------	-------	------	------

(2)	1.58	0.550	1.93	3.33
-----	------	-------	------	------

PROBLEMA: Para el alumbrado de un campo de beisboll, se utilizarán reflectores con lámparas incandescentes de 1500 W 110V. Las cuales se operarán con sobre voltaje del -- 10%. Determinar lúmenes, watts y duración real de las lámparas.

110 volts, 1500 watts; 33500 lúmenes, 1000 horas de vida

$$\frac{\text{lúmenes}}{\text{LUMENES}} = \frac{\text{volts}}{\text{VOLTS}} \quad \text{Lúmenes} = \text{LUMENES} \cdot K \log (\text{volts}/\text{VOLTS})$$

$$3.38 \log(121/110) = 3.38 \times 0.0414 = 0.139$$

$$\log^{-1} 0.139 = 1.38$$

$$\text{lúmenes} = (33500) (1.38) = 46,200$$

$$\frac{\text{watts}}{\text{WATTS}} = \frac{\text{volts}}{\text{VOLTS}} ; m=1.54 \quad \text{watts} = \text{WATTS} \cdot 1.54 \log(\text{volts}/\text{volts})$$

$$1.54 \log(121/110) = 1.54 \times 0.0414 = 0.0638$$

$$\log^{-1} 0.0638 = 1.16$$

$$\text{watts} = 1500 \times 1.16 = 1740 \text{ W.}$$

$$\frac{\text{duración}}{\text{DURACION}} \quad \frac{\text{VOLTS}}{\text{volts}} \quad d = 13.1$$

$$\frac{\text{VOLTS}}{\text{volts}} = 13.1 \log(110/121) = 13.1 \log 0.91$$

$$= 13.1 \times (-0.42) = 0.551$$

$$\log^{-1} (-0.551) = \log^{-1} (-1.449) = 0.281$$

$$\text{duración} = 1000 \times 0.281 = 281 \text{ horas}$$

Para aumentar la vida de las lámparas, se operan a bajo voltaje o se utilizan de voltaje nominal superior al del sistema. Las lámparas de larga vida tienen un voltaje nominal de --

140 volts. En circuitos en serie, pueden intercalarse un número mayor de luminarias. Se reduce la intensidad de iluminación, y la potencia en watts.

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAMPARAS INCANDESCENTES USUALES

Watts	Bulbo	Base	Hora vida	Lúmenes iniciales	A	B	C	D
15	A-15	Media	1000	141	120	---	1.5	94.0
25	A-19	"	1000	260	225	---	1.5	94.0
40	A-19	"	1000	460	420	24.5	1.6	66.8
60	A-19	"	1000	835	790	13.5	1.2	80.8
75	A-19	"	1000	1150	1090	13.5	1.2	80.8
100	A-21	"	1000	1630	1530	11.5	1.3	82.0
150	A-23	"	1000	1700	2500	12.0	1.5	81.3
200	A-25	Mogul	1000	3700	3450	13.7	1.7	77.4
300	PS-30	"	1000	5900	5200	11.6	1.8	79.8
100	PS-25	"	1000	1560	1430	11.5	1.3	82.0
200	PS-25	"	1000	3460	3020	13.7	1.7	77.4
300	PS-35	"	1000	5650	4970	11.6	1.8	79.8
500	PS-40	"	1000	9850	8750	8.8	1.8	82.3
750	PS-52	"	1000	15500	13400	8.0	1.8	83.1
1000	PS-52	"	1000	21600	17800	6.0	1.9	87.4
1500	PS-52	"	1000	33500	26700	6.0	2.0	87.3

- A Lúmenes promedio
- B % watts perdidos en gas
- C % watts perdidos en terminales
- D % watts radiación fuera del bulbo

Nota: El número que sigue a la letra identificadora del bulbo, representa el diámetro máximo de éste, en octavos de pulgada.

CARACTERISTICAS, PROYECTORES Y REFLECTORES

P R O Y E C T O R E S

watts	Bulbo	Base	horas vida	Lúmenes x zona	Clase
75	PAR-38	Media	2000	400 (0°-15°)	Spot concentrado
75	PAR-38	"	2000	500 (0°-30°)	Flood abierto
150	PAR-38	"	2000	1100 (0°-15°)	Spot interno
150	PAR-38	"	2000	1350 (0°-30°)	Flood
300	PAR-56	Mogul	2000	2300 (0°-15°)	
300	PAR-56	"	2000	2500 (0°-30°)	

R E F L E C T O R E S

75	R-30	Media	2000	220 (0°-15°)	Spot
75	"	"	2000	270 (0°-30°)	Flood
150	R-40	"	2000	660 (0°-15°)	Spot
150	"	"	2000	810 (0°-30°)	Flood
300	"	"	2000	1450 (0°-15°)	Spot
300	"	"	2000	1500 (0°-30°)	Flood
500	"	Mogul	2000	3770 (0°-15°)	Spot
500	"	"	2000	3150 (0°-30°)	Flood

C A P I T U L O I I I

LAMPARAS FLUORESCENTES Y ADITIVOS METALICOS

LAMPARAS FLUORESCENTES

La lámpara fluorescente ha sido frecuentemente mencionada como una creación típica de la era de la electrónica. Sin embargo, en el año de 1867, un físico francés llamado Becquerel, hizo las primeras lámparas fluorescentes.

A principios de 1930, las investigaciones sobre iluminación sufrieron un gran impulso. La lámpara incandescente había alcanzado el límite de su eficacia y el tipo lumilínea no sólo ofreció una nueva forma de bombillo, sino que también señaló la necesidad de una nueva fuente de luz lineal.

Para el año de 1939, las lámparas fluorescentes tenían un rendimiento de 35 LPW y una duración de 1500 horas. Hoy en día, tienen un rendimiento de 80 LPW y una duración media de 12000 horas.

La ventaja principal de la lámpara fluorescente, es su eficacia, que casi es tres veces más alta que la de la lámpara incandescente equivalente. Otra ventaja es, que ofrece la posibilidad de disponer de una considerable gama de colores, sin sacrificar su eficacia.

Clavijas de
contacto



Espacio interior del
tubo lleno de gas argón
y vapor de mercurio,

Cátodo

Interior del tubo re-
vestido de polvo fluo-
rescente.

Tubo de vidrio

Construcción de una lámpara fluorescente típica de cátodo caliente.

En la figura anterior, se muestra una lámpara típica de cátodo caliente. En cada extremo tiene un cátodo que es llamado también electrodo; el bulbo o tubo, contiene un gas inerte que podría ser argón y una gota de mercurio. El cátodo es un filamento de tungsteno parecido al de una lámpara incandescente, pero en este caso, su función es emitir electrones. Cualquier alambre caliente emite electrones, pero aquel que contiene material emisor, como un compuesto de bario, calcio o estroncio, los emite con mayor rapidez. El cátodo de la lámpara fluorescente, está hecho en forma de espiral como el filamento de la lámpara incandescente, para que retenga más material emisor. La corriente eléctrica se ha definido, como un flujo de electrones a través de un circuito, pero el conductor no tiene que ser necesariamente de alambre. Un gas ionizado conduce corriente eléctrica y al hacerlo también irradia energía. Es posible quebrar la resistencia del trayecto entre dos electrodos y aplicar un voltaje suficientemente alto entre sus extremos, para causar la formación de un arco. Sin embargo, si los cátodos de una lámpara fluorescente se precalientan, de ellos emana una nube de electrones que facilita la formación del arco con un voltaje menor. Los circuitos de algunas lámparas fluorescentes, dependen directamente del voltaje que se aplique, mientras que otras calientan los cátodos primero.

Básicamente una lámpara fluorescente de cátodo caliente, es un tubo de vidrio a base de sales de plomo, al que se le aplica interiormente un baño de sustancias fluorescentes con aglutinantes para evitar su caída.

El color de las lámparas fluorescentes depende de la composición química del fósforo utilizado. Las lámparas de color dorado y rojo, llevan colorantes mezclados con el fósforo.

Después de efectuado el vacío en el tubo, se carga con -- gas argón o kriptón, antes de cargar el gas, se inyectan al - tubo 2 ó 3 gotas de mercurio.

Debido a las altas temperaturas, se desplazan los electrones de un electrodo a otro. Al hacerlo, chocan con los electrones de los átomos de mercurio, desplazándolos de sus órbitas. - Estos electrones reciben energía, para que el sistema no se -- altere y lo hacen en forma de radiaciones ultravioleta de una longitud de onda de 2537 'A'; los cuales excitan el material - fluorescente de las paredes del tubo, produciéndose radiaciones luminosas visibles, cuya longitud de onda varía entre 3800 y - 7600 'A' .

Resistencia negativa:

Al establecer un arco en una lámpara fluorescente el gas-conductor (vapor de Hg), eleva su temperatura y por lo tanto, - se reduce su resistencia eléctrica. Al disminuir, aumenta la - corriente provocándose un nuevo aumento de temperatura, dismi-

nución adicional de la resistencia, repitiéndose este ciclo - hasta que el filamento no resista y se queme.

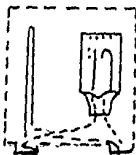
Para evitar ésto, debe instalarse un equipo auxiliar que se denomina balastra o reactor. Este es una reactancia inductiva, que consiste en un embobinado de alambre, enrollando en un nucleo de hierro u ahogado en un material aislante.

El reactor limita y regula el voltaje y la corriente. -- Además, al abrirse el interruptor de arranque, se produce en el reactor por el fenómeno de auto-inductancia, una fuerza -- electromotriz, que produce el sobrevoltaje necesario para el encendido (aproximadamente el doble del voltaje de operación) El mismo reactor absorbe posteriormente el sobre voltaje, que dando la lámpara funcionando a sus valores nominales.

El reactor provoca pérdidas del 20 al 25% de la capacidad de la lámpara. Otro elemento auxiliar que requieren las lámparas de cátodo caliente, es el cartucho de arranque. Este es -- básicamente una válvula electrónica llena de gas de neón, encerrada en una cápsula de aluminio.

Condensador de
papel y estaño

(filtro para -
radiointerfe--
rencia)



Bulbo de vidrio cargado de
gas Neón.

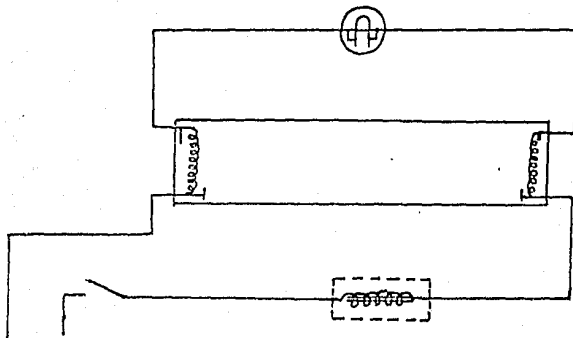
Contacto móvil (tira bime-
tálica)

Contacto fijo

Cubierta de Aluminio

Bases

CIRCUITO DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE DE CATODO CALIENTE

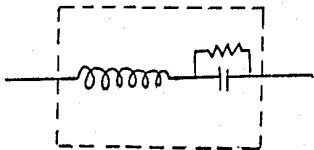


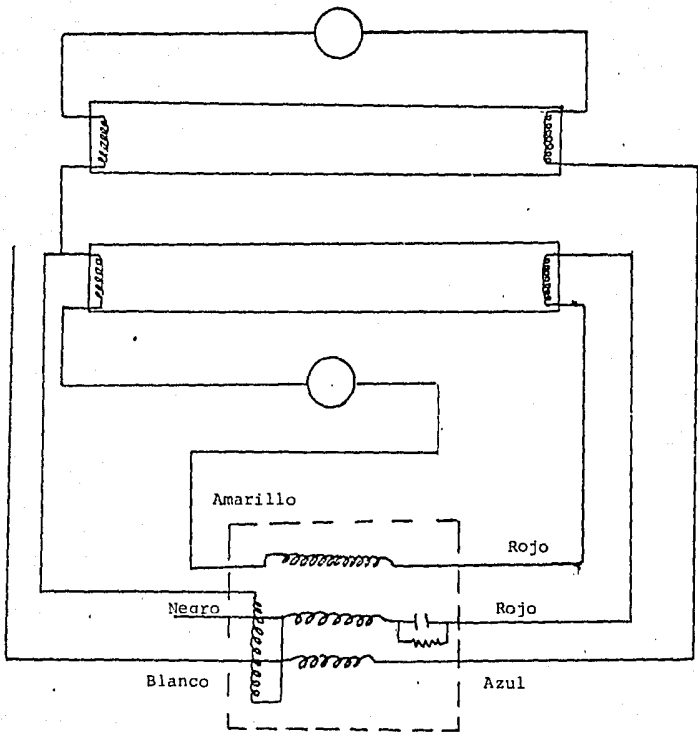
Al cerrarse el interruptor de línea, aparece una diferencia de potencial de 125V, entre los contactos del cartucho de arranque. Este potencial produce un arco eléctrico entre los contactos, ionizándose el gas neón y provocando una elevación de temperatura, que produce una deformación de la tira bimetalica cerrándose entonces el contacto. Con ésto, desaparecen los efluvios, deja de ionizarse el neón, baja la temperatura, se separa la tira bimetalica, uniendo entonces el sobrevoltaje que enciende la lámpara, al establecerse el circuito eléctrico entre los cátodos de la misma.

El condensador está formado por capas alternadas de papel y estaño y tiene por objeto eliminar la radio interferencia producida por el chisporroteo.

El reactor que se ha descrito es practicamente una carga inductiva pura, provocando un factor de potencia muy bajo, -- que generalmente varía entre 0.4 y 0.6.

Como todas las empresas suministradoras de energía eléctrica, establecen multas elevadas a los servicios con bajo -- factor de potencia, se vió la necesidad de fabricar reactores de alto factor de potencia, (0.9); mediante la inclusión en -- el circuito de un capacitor y de una resistencia que provoque la descarga de la energía almacenada en el capacitor al abrir se el circuito y evitar así accidentes lamentables.



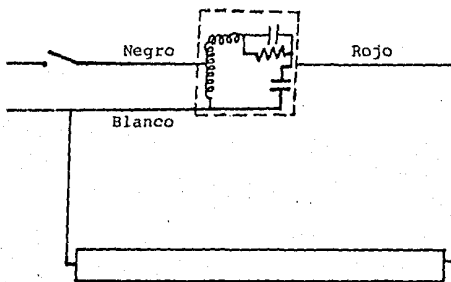


Circuito para la operación de dos lámparas de cátodo caliente con precalentamiento y reactor de alto factor de potencia.

El compensador de arranque produce un sobre voltaje, en el momento del encendido, para compensar el que consume el capacitor del reactor. Esto limita la corriente del precalentamiento y si no se tuviera el compensador, la lámpara conectada a este circuito, encendería más lentamente que la otra; ocasionando molestias y disminuyendo la vida de la lámpara, por un mayor tiempo de precalentamiento.

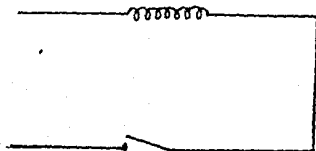
Lámparas de arranque instantáneo.

Si se le aplica un voltaje suficientemente alto a las terminales de una lámpara fluorescente, se forma el arco sin necesidad de calentamiento previo de los cátodos. Estos circuitos requieren balastos con autotransformador. Son más grandes, de mayor peso y más costosos. Las lámparas de arranque rápido tienen una sola clavija en cada extremo y su filamento es de doble o triple embobinado.

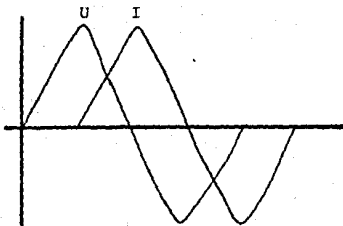


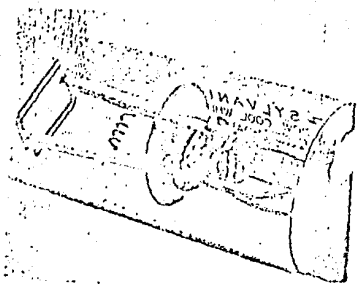
Reactancia inductiva.-

Al aplicarse potencial, se produce un campo magnético - en la bobina que frena la corriente, de modo que ésta alcanza su valor máximo, después de que el voltaje alcanzó el suyo. Es decir, la corriente va retrasada con relación al voltaje.

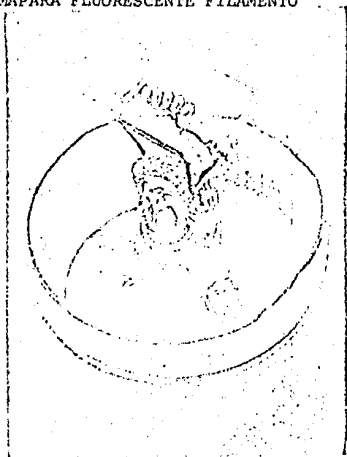


Al abrirse el interruptor, la pérdida del campo magnético induce un voltaje en el circuito. Este voltaje inducido, es mayor que el voltaje original y establece el arco en el tubo fluorescente.





LAMAPARA FLUORESCENTE FILAMENTO



CATODO DE UNA LAMPARA DE ALTA EMISION

Lámparas de cátodo frío.

En estas lámparas de cátodo frío, el cátodo es un cilindro - en forma de dedal, hecho de hierro blando en lugar del filamento. Las designaciones de cátodo caliente y cátodo frío, no son muy apropiadas si consideramos que las lámparas llamadas de cá todo frío, emiten más calor que las de cátodo caliente para el mismo voltaje.

Al igual que las lámparas de arranque instantáneo y de cá todo caliente, el arco se forma aplicando un voltaje alto a través de los cátodos. Durante muchos años, se han venido usando los cátodos fríos en los tubos de neón, usados en los anuncios. En realidad, si se substituye el neón por el argón y el mercurio, y se usa fósforo dentro del tubo, el resultado sería una lámpara fluorescente. Cuando las limitaciones de voltaje lo permiten, varias lámparas de cátodo frío pueden operar en serie, con un transformador de alto voltaje.

Las lámparas de cátodo frío tienen una larga duración, pero son menos eficientes que las de cátodo caliente y su emisión luminosa es menor, por unidad de longitud.

Estas lámparas tienen especial aplicación en los anuncios, donde se requieren tubos más finos que sean más brillantes y blancos que los de neón y que además se puedan doblar para obtener diferentes formas. Las lámparas de cátodo frío, se usan-

en algunos artefactos para iluminación de salones de clases - y se usan frecuentemente en instalaciones decorativas que requieran darle forma a los tubos, para adaptarlos a contornos de superficies curvadas.

COMPORTAMIENTO DE LAS LAMPARAS CUANDO CON BALASTROS
TIPICOS, SE INTERCAMBIAN LAMPARAS FLOURESCENTES DE
40W Y DOS CONTACTOS.

	Tipo de arranque	Comportamiento
Balastro de precalentamiento.	A	S Vida nominal normal
	B	NS No enciende. El filamento queda en cortocircuito dentro del casquillo.
	C	S Vida nominal normal.
Balastro de arranque instantáneo.	A	NS Puede encender. Muy corta vida, porque la corriente primaria -- fluye por el filamento, ennegreciendo el tubo y falla.
	B	S Vida nominal normal
	C	NS No se recomienda. Puede encender pero muy poca vida.

Balastro de arranque rápido.	A NS	No se recomienda. Puede encender con óptima conexión a tierra y alto voltaje de línea, arranque dudoso.
	B NS	No enciende. El filamento en corto circuito por el arrollamiento.
	C S	Vida nominal normal.

A = Precalentamiento

B = Arranque instantáneo

C = Arranque rápido

S = Sirve

Ns= No sirve

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TONALIDADES DE BLANCO FLUORESCENTE.

Blanco fresco corriente. Frecuentemente usado en las oficinas, fábricas y áreas comerciales donde se desea obtener una atmósfera fresca de trabajo. Produce un efecto parecido a la iluminación natural exterior. Es el tono más popular de todas las lámparas fluorescentes.

Blanco fresco de lujo. Se usa en las mismas aplicaciones del blanco fresco corriente, pero tiene un tono más rojizo.

zo y hace más atractiva la apariencia de las personas y la mercancía. Se le selecciona -- perfectamente, cuando se desea una buena apariciencia general de colores.

Blanco cálido
corriente.

Se usa en los sitios donde se desea que prevalezca un ambiente social cálido. Su tono se -- aproxima al de la luz incandescente y se su--giere su uso, en los sitios donde se proyecta combinar iluminación incandescentes y fluorescente. En las tiendas ha reducido la devolu--ción de mercancías para ser usadas, en casas--iluminadas con luz incandescente. Su tonali--dad beige produce una brillante apariencia -- cálida a los rojos y amarillos. Destaca el -- amarillo de los verdes y da un tono cálido a los azules.

Blanco cálido
de lujo. (Lí--
nea doméstica)

Tiene las mismas aplicaciones del blanco cálido corriente, pero contiene un elemento adicional de rojo, que mejora la apariencia de las--personas y objetos. Se usa mucho en los hoga--res, ambientes sociales e interiores comercia--les, donde es de mucha importancia lograr un - efecto atractivo en las personas y mercancías.

- Blanco natural Este tono contiene más rojo que el tipo blanco cálido de lujo. Favorece la apariencia del cutis de las personas y mejora los colores naturales de las carnes y otros alimentos.
- Blanco. Se usa para iluminación general en las oficinas, escuelas, tiendas y hogares. Tiene su principal aplicación en sitios donde no se requiere una atmósfera fresca de trabajo, ni es importante un ambiente social cálido. Destaca amarillos, amarillo-verdosos y los anaranjados.
- Luz de día Se usa en industrias y áreas de trabajo, donde se prefiere que el azul se asemeje a la luz diurna. Produce azules, verdes claros y brillantes y atenúa los rojos, anaranjados y amarillos.
- Blanco suave Originalmente usados en las carnicerías. Actualmente se usa poco, debido al funcionamiento superior de la lámpara de tono blanco natural.

9000	60	540	240	60	51	43	36	30	26	23	20	17	13
	45	395	170	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	30	270	125	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	18	162	100	"	"	"	"	25	22	20	18	13	11
7500	60	450	210	46	37	30	25	21	20	18	15	12	10
	30	225	110	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	18	150	75	"	"	"	"	19	18	16	13	11	8
6000	60	360	170	36	31	25	20	17	15	14	12	10	8
	30	180	75	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	18	140	60	"	"	"	"	15	14	12	9	8	6
5000	60	300	140	30	25	20	17	15	14	12	9	8	6
	45	235	100	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	30	150	70	"	"	"	"	13	12	10	7	6	5
	18	90	45										
4000	45	180	75	24	20	17	15	12	11	10	7	6	5
	30	120	55	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	18	72	40	"	"	"	"	10	9	8	6	5	4

Los datos a que se refiere la tabla anterior, son aplicables a tubos cargados con vapor de Mercurio y para aplicarse en intemperie. Pueden aplicarse también a tubos cargados con gas Neón. Para servicio interior, las longitudes pueden aumentarse 20% aproximadamente.

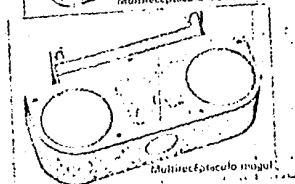
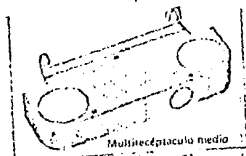
EFICIENCIA LUMINOSA DE TUBOS FLUORESCENTES DE CATODO FRIO
EN LUMENES / PIE.

Ø del tubo en mm	mA	EFICIENCIA Blanco de día	LUMINOSA Blanco azuloso	EN LUMENES/PIE Cálido	Rosado
12	25	94	121	117	99
	30	107	138	133	113
	40	142	183	177	151
	45	157	202	196	166
	50	180	231	223	190
	60	209	269	260	222
15	25	89	122	112	93
	30	100	138	126	105
	40	128	176	162	135
	45	146	199	182	153
	50	161	220	202	169
	60	189	259	238	199
18+	40	116	139	143	130
	45	127	154	158	143
	50	146	178	174	158
	60	176	214	210	191
	90	253	309	305	277
	100	272	333	326	296
22+	120	316	385	285	
	60	155	184	192	172
	90	223	266	279	249
	100	240	285	298	267
	120	280	332	350	310
	150	341	403	425	378

	155	348	415	436	387
	160	357	425	452	398
22+	165	363	433	462	405
	170	375	447	473	418
	175	383	455	486	425
	60	140	162	161	145
	90	202	233	232	209
	100	217	251	250	225
	120	252	292	290	260
	150	307	355	353	318
25+	175	347	400	398	358
	180	357	413	412	370
	185	363	419	417	375
	190	367	426	424	382
	195	373	432	430	387
	200	378	437		392

+ más usuales

La duración de los tubos es de 6000 horas aproximadamente.

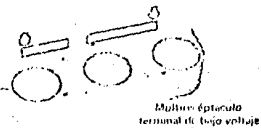
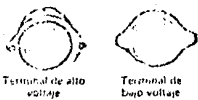
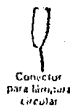


Receptáculos para lámparas fluorescentes de tipo clavillo.

clavillo.



El tipo 107 para voltaje alto con tope y el tipo FG, FB, F17 o F17 tipo de tope.



Receptáculos para lámparas Shofline, circular, de alta emisión y muy alta emisión (HQ y VHO).

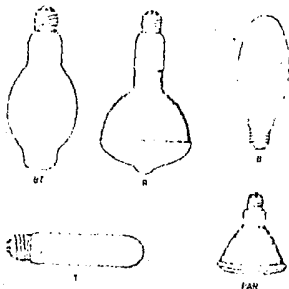
LAMPARAS DE MERCURIO

Durante un número de años antes de la aparición de las lámparas fluorescentes, las lámparas de mercurio de Cooper Hewitt, eran usadas en la industria, particularmente en las plantas textiles y en los departamentos de fotograbado de los periódicos. Estas eran del tipo T-8, con una longitud de 4 pies y funcionaban con un arco de mercurio de baja presión. El arranque de la lámpara, no siempre era fácil y el color de la luz era azul verdoso. Un gran número de estas lámparas, eran usadas en los sitios donde se requería una fuente prolongada de luz, que fuera más difusa y más eficiente que las lámparas incandescentes.

El principio de operación de las lámparas de mercurio - esta es de arco, tiene que funcionar con balastro a fin de controlar el aumento de la corriente y evitar su destrucción. Además, el balastro debe incluir un transformador para aumentar el voltaje de la línea, cuando éste es inferior a 220 Volts. - Cuando una lámpara es encendida, el voltaje completo de arranque, es aplicado entre la sonda de arranque mostrado en la figura y el cátodo principal adyacente. Este voltaje produce una escarqa incandescente entre la sonda al cátodo. Muy poca corriente fluye de la sonda al cátodo en cualquier momento, debido a la alta resistencia conectada en serie con la sonda. Al principio, el arco formado con el gas argón, produce muy poca luz visible. Gradualmente el calor vaporiza el mercurio en el

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

quier bombillo de la línea de incandescente.



Formas de bombillo
o bulbos de lámpa-
ras de Mercurio.

BASES.-

Las bases para la mayoría de las lámparas de mercurio, son del tipo de rosca mogul, a excepción de las que se usan en las lámparas H4GS, para luz concentrada y H4JM de luz difusa. Como estas lámparas tienen un bombillo de tipo PAR-38, se usa una base llamada ADMEDIUM, que no encaja en los receptáculos medianos ni mogul. De esta manera se evita, que una persona -- confunda una lámpara de mercurio, con una incandescente y la instale directamente sin balastro en un circuito. Otra excepción es la lámpara B 21 de 75 W, que tiene una base roscada mediana. Por lo tanto, se debe tener cuidado de no instalar una lámpara de este tipo, en un receptáculo conectado directamente a la línea. Las bases de latón niquelado, pueden ser fácilmente retiradas de los receptáculos.

BALASTROS Y LOS CIRCUITOS

Como en el caso de las lámparas fluorescentes, para las de mercurio hay balastros con alto factor de potencia y bajo factor de potencia. Se pueden obtener balastros individuales para todas las lámparas, son obtenibles solamente para los tipos más populares. Como el caso de equipos fluorescentes, estos balastros se pueden obtener en los tipos serie y de adelanto y retraso.

En las grandes instalaciones industriales, se usa una distribución trifásica, a fin de lograr ahorros en el costo de los cables. Los circuitos trifásicos son del tipo de tres alambres o tres alambres más uno neutro, para abastecer tres circuitos. Estos circuitos no será detalladamente explicados. Sin embargo, el voltaje y la corriente en cada uno de ellos, están con una tercera parte del ciclo en adelanto o retraso, con respecto al voltaje y corriente del circuito adyacente.

Por lo tanto, las lámparas instaladas en los diferentes circuitos, alcanzarán su punto de máxima emisión en momentos diferentes, en la rara ocasión en que el efecto estroboscópico se convierta en un problema, el uso de los balastros de adelanto y atraso, o la combinación de éstos, sería una solución al problema.

CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

El voltaje de las lámparas de doble bulbo, varía entre 75

y 1000 volts. En el tipo de 1000 volts. hay diferencias en -- voltaje. Las grandes instalaciones industriales, usan frecuen -- temente voltajes de 460 a 480 volts, para sus circuitos de -- iluminación en montajes elevados. Una lámpara diseñada para -- esos voltajes, puede operar con un balastro más económico y -- sencillo, que el que requiere una lámpara de 220 volts. ya -- que no necesita incorporar un transformador. Por lo tanto, las lámparas de 1000 volts se ofrecen para 220 y 460 volts.

CARACTERISTICAS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

<u>WATTS</u>	<u>BULBO</u>	<u>LUMENES INICIALES</u>	<u>HORAS DE VIDA</u>
80	BT-26	3800	24,000
100	BT-26	4575	24,000
125	BT-26	6300	24,000
175	BT-28	7000	24,000
250	BT-28	13500	24,000
400	BT-37	23000	24,000
700	BT-46	42000	24,000
1000	BT-56	60000	24,000
3000	T-9(1/2)	128000	24,000

Las lámparas de vapor de mercurio tienen un alto grado de brillantez y por lo tanto, la altura mínima de montaje, debe -- ser como mínimo de 20 pies.

Designación ASA	Antigua Designación Westinghouse	Bulbo	Acabado	Longitud de Arco (mm)	Longitud Máxima (mm)	Distancia Base Foco (mm)	Flujo Luminoso Inicial (Lúmenes por 100 W)	(1) Flujo Luminoso Alto (Lúmenes)
100 Watts								
H38-4 GS	C.H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Intensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 JM	E.H4-LG	PAR-38	Clara, Reflector Extensivo	—	138	—	2400	1440
H38-4 HT	L.H4-LG	BT-25	Clara	28	187	127	3650	2960
H38-4 JA/C	M.H4-LG	BT-25	Bianca Normal	28	187	127	3150	2580
H38-4 JA'W	M.H4/SW-LG	BT-25	Bianca de Alta Emisión	28	187	127	4000	2840
175 Watts								
H39-22 KB	A.H22-LG	BT-28	Clara	51	211	127	7800	6700
H39-22 KC/C	B.H22-LG	BT-28	Bianca Normal	51	211	127	7500	6350
H39-22 KC/W	B.H22/SW-LG	BT-28	Bianca de Alta Emisión	51	211	127	8050	6500
250 Watts								
H37-5 KR	C.H5-LG	BT-28	Clara	54	211	127	12000	10300
H37-5 KC/C	D.H5-LG	BT-28	Bianca Normal	54	211	127	11500	9650
H37-5 KC/W	D.H5/SW-LG	BT-28	Bianca de Alta Emisión	54	211	127	13000	10300
H37-5 KC/X	D.H5/X-LG	BT-28	Bianca de Lujo	54	211	127	8600	6950
400 Watts (2)								
H33-1 CD	E.H1-LG	BT-37	Clara	70	292	177	21500	18000
H33-1 GL/C	J.H1-LG	BT-37	Bianca Normal	70	292	177	21000	18200
H33-1 GL/W	J.H1/SW-LG	BT-37	Bianca de Alta Emisión	70	292	177	24000	19700
H33-1 GL/X	J.H1/X-LG	BT-37	Bianca de Lujo	70	292	177	15000	12700
H33-1 GL/Y	J.H1/Y-LG	BT-37	Amarilla	70	292	177	11500	9500
H33-1 FY	K.H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Ancho	—	324	—	18500	16400
H33-1 HC	L.H1-LG	R-57	Mat. Int. Refl. Haz Medio	—	324	—	17500	15200
H33-1 DN/C	P.H1-LG	R-57	Bianca Normal Semi Refractora	70	324	217	21000	19000
H33-1 DN/W	P.H1/SW-LG	R-57	Bianca de Alta Emisión Semi Refractora	70	324	217	24000	20100
H33-1 DN/X	P.H1/X-LG	R-57	Bianca de Lujo Semi Reflect.	70	324	217	15000	13000
H33-1 LN	—	R-60	Bianca Normal Haz Abierto	—	276	—	17200	15000
H33-1 FS/C	—	R-60	Bianca de Alta Emisión Haz Abierto	—	276	—	15000	13200
H33-1 FS/X	—	R-60	Bianca de Lujo Alta Emisión	—	276	—	11000	9300
475 Watts								
H40-17 MA	A.H17-LG	BT-37	Clara	89	292	177	21500	18200
H40-17 GL/C	B.H17-LG	BT-37	Bianca Normal	89	292	177	21000	18200
H40-17 GL/W	B.H17/SW-LG	BT-37	Bianca de Alta Emisión	89	292	177	24000	19700
H40-17 DN/C	C.H17-LG	R-57	Bianca Normal Semi Refractora	89	324	217	21000	19000
H40-17 DN/W	C.H17/SW-LG	R-57	Bianca de Alta Emisión Semi Refractora	89	324	217	24000	20100
430 Watts 5.6 Amperes								
H41-24 CD	A.H24-LG	BT-37	Clara	65	292	177	20000	16500
H41-24 GL/C	B.H24-LG	BT-37	Bianca Normal	65	292	177	18500	14100
H41-24 GL/W	B.H24/SW-LG	BT-37	Bianca de Alta Emisión	65	292	177	22000	16900
700 Watts								
H25-18 NA	A.H18-LG	BT-46	Clara	127	368	241	37000	31800
H25-18 ND/C	B.H18-LG	BT-46	Bianca Normal	127	368	241	36000	30600
H25-18 ND/W	B.H18/SW-LG	BT-46	Bianca de Alta Emisión	127	368	241	41000	33200
1050 Watts								
H34-12 GV	A.H12-LG	BT-56	Clara	127	390	241	55000	44500
H34-12 GW/C	C.H12-LG	BT-56	Bianca Normal	127	390	241	52000	41300
H34-12 GW/W	C.H12/SW-LG	BT-56	Bianca de Alta Emisión	127	390	241	60000	45600
H34-12 GW/X	C.H12/X-LG	BT-56	Bianca de Lujo	127	390	241	40000	30600
H34-12 KY/C	D.H12-LG	BT-56	Bianca Normal Semi Refractora	127	390	241	53500	42500
H34-12 KY/W	D.H12/SW-LG	BT-56	Bianca de Alta Emisión Semi Refractora	127	390	241	57000	44700
H36-15 GV	A.H15-LG	BT-56	Clara	152	390	241	57000	46000
H36-15 GW/C	B.H15-LG	BT-56	Bianca Normal	152	390	241	54000	43000
H36-15 GW/W	B.H15/SW-LG	BT-56	Bianca de Alta Emisión	152	390	241	62000	47100
H36-15 GW/X	B.H15/X-LG	BT-56	Bianca de Lujo	152	390	241	42000	32100
H36-15 KY/C	D.H15-LG	BT-56	Bianca Normal Semi Refractora	152	390	241	55000	43700
H36-15 KY/W	D.H15/SW-LG	BT-56	Bianca de Alta Emisión Semi Refractora	152	390	241	59000	46300
H36-15 FB	—	R-60	Bianca Normal Haz Abierto	—	352	—	45500	34100
H36-15 FA/C	—	R-60	Bianca de Alta Emisión Haz Abierto	—	352	—	40000	30500
300 Watts								
H9 X-1	A-19	T-91/2	Clara (De un sólo bulbo)	1220	1298	—	13200	108000

1) Promedio a lo largo de 16,000 horas de operación. La vida económicamente rentable de las lámparas LIFE GUARD es de 12,000 a 16,000 horas, y la de lámparas normales y las de vidrio duro de 7,000 horas.

2) Las lámparas de 400 w. tipo H25 no se fabrican en la actualidad. En los lugares en que las dimensiones físicas lo permiten, cualquier de los otros tipos de lámparas de 400 w. pueden sustituirles.

En lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio, -- existen bulbos exteriores claros y revestidos por un fósforo - fluorescente. Estos últimos, se llaman de color mejorado, ya - que convierten parte de las radiaciones ultravioleta invisibles, en una luz visible de un tono rosa amarillo.

Lámparas de arco corto de mercurio, mercurio xenón y xenón para reflectores, equipos de proyección, simulación de luz solar y otras aplicaciones en las que se desea un fuente de luz puntual, brillante y de elevada intensidad. Los tipos de corriente directa, son apropiados desde los tamaño de 250 a 6000-volts. Se requiere un equipo especial de control.

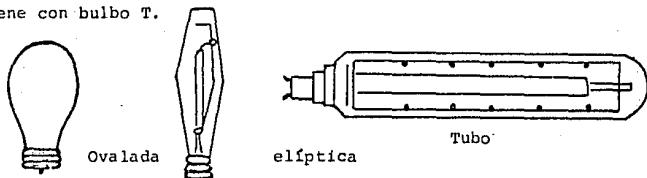
Lámparas de mercurio con haluro metálico, proporcionan -- aproximadamente de 75 a 90 lúmenes por volt de luz blanca. Los aditivos del mercurio y de el argón en el tubo del arco, son generalmente compuestos de yodo con metales como el indio, sodio o talio. La vida y la conservación del flujo luminoso, pueden - resultar deficientes si se les compara con las lámparas de mercurio, que se les llaman lifeguard, además se requiere una reactancia especial. Sus ventajas sobre las lámparas de mercurio -- son: buen color si el uso del fósforo y una emisión luminosa -- inicial alta.

Lámpara de vapor de sodio.-

Su operación es similar a la de vapor de mercurio. Exis--

ten lámparas de vapor de sodio de alta presión, donde el tubo de descarga es de óxido de aluminio sinterizado, cubierto por un bulbo claro de vidrio. Se obtienen de forma ovoidal, elíptica y tubo.

Existen también lámparas de vapor de sodio a baja presión, que son hasta la fecha las lámparas de más alta eficiencia de todas las que se fabrican en el mundo. Su tubo de descarga está hecho de borosilicato reforzado con cavidades de retención para depositar el sodio. El bulbo exterior, está revestido con una capa de óxido de indio, que actúa como filtro y reflector de radiaciones infrarrojas. Esta lámpara, sólo se obtiene con bulbo T.



CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO.

ALTA PRESION

<u>WATTS</u>	<u>FORMA</u>	<u>BULBO</u>	<u>LUMENES</u>	<u>DURACION HRS.</u>
70	ovoidal	fosforado	5800	24,000
150	ovoidal	claro	16000	24,000
250	elíptica	claro	25500	24,000
400	elíptica	claro	48000	24,000
1000	tubo	claro	130000	24,000

BAJA PRESION

<u>WATTS</u>	<u>FORMA</u>	<u>BULBO</u>	<u>LUMENES</u>	<u>DURACION HRS.</u>
18	tubo	claro	1800	18,000
35	tubo	claro	4800	20,000
55	tubo	claro	8000	20,000
90	tubo	claro	13500	20,000
135	tubo	claro	22500	20,000
180	tubo	claro	33000	20,000

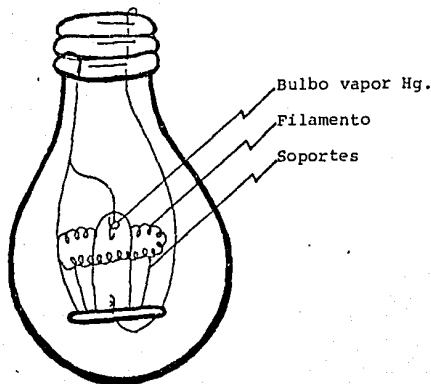
Lámparas de luz mixta.-

Son lámparas incandescentes que tienen en su interior un bulbo con vapor de mercurio. No requieren reactor, ya que el filamento actúa como tal.

CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE LUZ MIXTAS

<u>WATTS</u>	<u>VOLTS</u>	<u>BASE</u>	<u>LUMENES</u>	<u>DURACION HRS.</u>
160	120	std.	3000	9000
250	220	mogul	5000	9000
500	220	mogul	14000	9000

Nota: A causa de la potencia consumida por el filamento, la eficiencia de estas lámparas no es muy elevada.



Lámparas Halógenas.-

Son lámparas incandescentes construídas con un bulbo a base de cuarzo, que les da la característica de construcción compacta, resistencia a los choques térmicos, alta eficiencia. En estas lámparas se utilizan vapores de yodo.

Lámparas Panelescentes.

Son superficies donde no existen filamentos, arcos, ni descargas luminosas. En ellas se transforma directamente la energía eléctrica en luz. Son condensadores planos, con sus placas muy cerca una de la otra. El fósforo fluorescente está incrustado en el material aislante que separa las placas. Cuando se aplica una corriente alterna al condensador, el fósforo bri-

lla. Como una de placas es de vidrio con revestimiento conductor, será posible que la luz pase a través del vidrio.

Las placas por lo general son de los siguientes materiales: cerámica, plástico, aluminio, etc. Sus capas son de: cerámica protectora, película conductora transparente, dieléctrico con fósforo, revestimiento dieléctrico y acero esmaltado.

Para poder diseñar un sistema de iluminación, se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- 1.- Elegir el nivel de iluminación adecuado al trabajo por desarrollar.
- 2.- Seleccionar las unidades de alumbrado considerando su -- eficiencia luminosa, facilidad de mantenimiento y buscando que su estilo vaya de acuerdo con la arquitectura y -- con la decoración del lugar en que se instalen.
- 3.- Determinar el tipo y tamaño de las luminarias y por consiguiente, el número de equipos de iluminación.
- 4.- Distribuir los equipos de alumbrado para que proporcionen una iluminación uniforme, o en casos especiales, un alumbrado de mayor intensidad en las zonas de trabajo o de exhibición.

Se recomienda que la relación entre la iluminación máxima de la luminaria y la mínima en lugares situados entre dos de ellas, no sea nunca mayor de 1.5. Las luminarias de distribución ancha, pueden colocarse más separadas para la misma altura de montaje, que las de distribución concentrada.

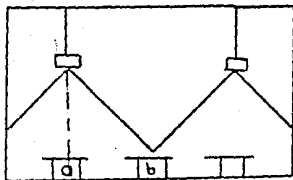
C A P I T U L O I V

DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACION

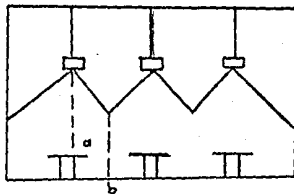
Para poder diseñar un sistema de iluminación, se deben tomar en cuenta los siguientes pasos:

- 1.- Elegir el nivel de iluminación adecuado al trabajo por desarrollar.
- 2.- Seleccionar las unidades de alumbrado considerando su eficiencia luminosa, facilidad de mantenimiento y buscando que su estilo vaya de acuerdo con la arquitectura y con la decoración del lugar en que se instalen.
- 3.- Determinar el tipo y tamaño de las luminarias y por consiguiente, el número de equipos de iluminación.
- 4.- Distribuir los equipos de alumbrado para que proporcionen una iluminación uniforme, o en casos especiales, un alumbrado de mayor intensidad en las zonas de trabajo o de exhibición.

Se recomienda que la relación entre la iluminación máxima de la luminaria y la mínima en lugares situados entre dos de ellas, no sea nunca mayor de 1.5. Las luminarias de distribución ancha, pueden colocarse más separadas para la misma altura de montaje, que las de distribución concentrada.



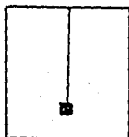
Si la int. de iluminación es de 500 lux en A y de 100 en B, la relación $500/100 = 5$ lo cual es incorrecto.



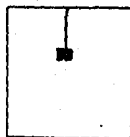
Si la int. de iluminación es de 500 lux en A y 400 en B, la relación es 1.25 lo cual, es correcto.

Hay ocasiones en que conviene concentrar la luz en áreas específicas de trabajo, o cuando se utiliza éste para efectos de contraste o decorativos, la iluminación uniforme no es recomendable (ejemplos de lo anterior es la iluminación de museos, de ruinas arqueológicas, edificaciones coloniales, etc., donde los contrastes de iluminación ayudan a resaltar detalles.

Deberá tenerse cuidado en la selección del tipo y tamaño de la luminaria y en su colocación, para que no se provoquen deslumbramientos. Se recuerda que la máxima brillantez permisible es de 0.15 bujfas/cm² en la línea de visión.



Colocación incorrecta



Colocación correcta

Cuando la luz procede de varias direcciones, se llama difusa y si la selección de fuentes luminosas y su colocación es adecuada, se logra ausencia de sombras, lo cual es generalmente deseable.

5.- Proyectar la instalación eléctrica, la cual, además - de la capacidad apropiada, deberá tener la suficiente flexibilidad para el control de alumbrado y deberá prever ampliaciones futuras.

ALUMBRADO DE LOCALES INTERIORES

Algunos de los métodos para calcular el alumbrado de locales interiores son los siguientes:

- 1.- Método de lumen o del cálculo de flujo luminoso
- 2.- Método de watts /m²
- 3.- Método de punto por punto

METODO DEL LUMEN

En la aplicación de este método se recomienda seguir el - proceso siguiente:

- 1.- Elección del nivel de iluminación
- 2.- Selección del equipo de alumbrado
- 3.- Determinación del índice de cuarto
- 4.- Determinación de las reflectancias o factores de reflexión de los muros y techos del local.

- 5.- Determinación del factor de utilización (F.U.)
- 6.- Determinación del factor de Mantenimiento o de depreciación luminosa. (F.M.)
- 7.- Cálculo del flujo luminoso, necesario para obtener el nivel de iluminación estipulado.
- 8.- Cálculo del número de lámparas y la cantidad de equipos de alumbrado.
- 9.- Espaciamiento y distribución de los equipos de alumbrado.

NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS EN ALGUNAS AREAS

A continuación se proporcionan los niveles de iluminación recomendados en algunas áreas, aclarando que estos niveles de iluminación son los que deben existir en la superficie de trabajo, ya sea que ésta sea horizontal, vertical u oblicua. Donde no existe una superficie de trabajo definida, el nivel de iluminación debe medirse en un plano horizontal de 75 cm. arriba del piso.

Para muchas de las condiciones establecidas en la siguiente relación, especialmente donde requieren altos niveles de iluminación, es obvio que sería difícil e impráctico obtener estos niveles en todos los puntos del local. En estas circunstancias, se tendrá una iluminación general para el local y los niveles requeridos en las superficies de trabajo, se obtendrán con una iluminación suplementaria, concentrada en las citadas superficies de trabajo.

Los niveles de iluminación se presentan en las siguientes tablas:

Niveles mínimos de iluminación recomendados para el alumbrado general de interiores

95

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Auditorios:		
Reunión o asamblea	150	Sala de reconocimiento de ojos, oído, nariz y garganta
Exposición y exhibiciones	300	Sala de fracturas:
		General
Barrios:		Mesa de operaciones
Vestibulos:		Laboratorios:
General	500	Salas de ensayo
Áreas de trabajo	700	Mesas de trabajo
Correspondencia, claves, etc.	1500	Trabajos delicados
		Bibliotecas
Bombas (ver Servicios del Municipio):		Salas de armarios
		Vestibulos y pasillos
Corrales (Oficinas de):		Archivo de protocolos médicos
Mesas del vestíbulo	300	Salas de enfermeras:
Compartición, fichero, etc.	1000	General
		Pupitros y diagramas
Escuelas:		Despacho de medicinas
Lectura de textos impresos	300	Salas de trabajo de enfermeras
Lectura de textos a lápiz	700	Casas cunús:
Lectura de textos en papel de copias:		General
Escritorios	300	Mesa de reconocimiento
Mesas	1000	Pediatría y sala de juegos
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1000	
Pizarras	1500	Obstetricia:
Sala de costuras	1500	Salas de esterilización
		Salas de consulta
Estaciones, cónteras y terminales:		Sala de partos, general
Salas de espera y salas para fumadores	300	Mesa de partos
Despacho de billetes: general, ventanilla, mostradores	1000	Farmacias:
Funcionamiento de equipajes	500	General
Arduos y almacenes	200	Mesas de trabajo
Servicios y lavabos	300	Almacén de productos
		Habitaciones y salas*
Galerías de arte:		General
General	300	Lectura
Sobre los cuadros (alumbrado suplementario)	300*	Locales para pacientes mentales
Para esculturas y demás objetos de arte	1000**	Trabajo con radiótopos:
		Laboratorio radioquímico
Hospitales:		Sala de medidas
Cuartos de anestesia y preparación	300	Mesas de trabajo
Autopsia y depósito de cadáveres:		Salariums
Sala de autopsias	25000	Almacenes:
Mesa de autopsias	25000	General
Depósito general	200	Oficinas
Central esterilizadora:		Cirugía:
General	300	Salas de instrumentos y esterilización
Afilado de agujas	1500	Salas de limpieza (instrumentos)
Departamento odontológico:		Salas de operaciones, general
General	700	Mesas de operaciones
Vitrina de instrumental	1500	Salas de recuperación
Sala central	10000	Radioterapia:
Laboratorio, bancos	1000	Física
Sala de recuperación	50	Aplicada
Sala de emergencia:		Lavabos
General	1000	Otros locales
Local	20000	Salas de espera:
Sala de reconocimiento y tratamiento:		General
General	500	Lectura
Mesa de reconocimiento	1000	Rayos X:
Salas (nivel luminosa en el suelo)	50	Radiografía, fluoroscopias y cámara oscura
Ojos, nariz, oído y garganta:		Radioterapia profunda y superficial
Sala de usura	100	Examen de pruebas
		Archivos, películas reveladas
		Almacén, películas sin revelar

* Los trabajos realizados con instrumentos delicados requieren una iluminación superior a la indicada.

Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)		Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Hoteles.		
Bares y cafeterías (ver Restaurantes).		
Salas de baños:		
General	100	
En el espejo	300 †	
Dormitorios:		
General	100	
Tocador	300 †	
Lectura y escritura	300	
Comedores (ver Restaurantes).		
Vestíbulo	300	
Recepción	500	
Servicio de lavado de ropas:		
Lavado	300	
Planchado	500	
Planchado mecánico	700	
Lencería y ropa blanca:		
General	200	
Costura	1000	
Salas de espera:		
General	100	
Zonas de lectura y trabajo	300	
Marquepés:		
Alrededores oscuros	300	
Alrededores claros	500	
Dispensas	100	
Municipio (Servicios del); Bomberos y Policía.		
Policía:		
Ficheros de identificación	1500	
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	
Bomberos:		
Dormitorio	200	
Aparcamiento de coches y sala de recreo	300	
Museos (ver Galerías de arte).		
Oficinas.		
Lectura de alto contraste de textos bien impresos; tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada, tales como lavabos, archivos no necesarios a diario, salones de conferencia, salas de visita, etc.	300	
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia	700	
Trabajo normal burocrático; lectura de buenas reproducciones; lectura o transcripción de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel, lectura de uso continuo, clasificación de correspondencia, índice de asuntos	1000	
Contabilidad, audición, máquinas de escribir, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada	1500	
Cartografía, estudios, dibujo detallado	2000	
Corredores, escaleras, ascensores y escaleras mecánicas	200 *	
Policía (ver Servicios del Municipio).		
Residencias.		
Tareas visuales concretas:		
Juegos de mesa	300	
Cocinas:		
Pilas de ceniceros, fregaderos	700	
Hornillos y superficies de trabajo	500	
Lavadoras, cestos de ropa, planchas y tablas de planchar	500	
Salones de lectura, escritura y estudio:		
Libros, revistas, periódicos	300	
Escritura a mano, reproducciones, copias malas	700	
Pupitres de estudio	700	
Lectura de partituras musicales:		
Partituras sencillas	300	
Partituras completas	700 **	
Cuartos de costura:		
Trabajos intermitentes, elevados contrastes con tela, telas hastas, puntadas grandes	300	
Trabajos intermitentes, telas finas	500	
Trabajo continuo, telas ligeras o medias	1000	
Telas oscuras, detalles finos, bajo contraste	2000	
Tocadores, maquillajes, afeitados (emplazado sobre los espejos y rostros)	500	
Taller, bancos de trabajo	700	
Alumbrado general:		
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos	100	
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juegos	100	
Cocina, lavandería, cuartos de baño	300	
Restaurantes, cafeterías y bares.		
Comedores:		
De tipo íntimo:		
Con alrededores oscuros	30	
Con alrededores claros	100	
Para realizar el trabajo de limpieza	200	
De tipo general:		
Con alrededores oscuros	150	
Con alrededores claros	300	
De autoservicio:		
Alrededores normales	500	
Alrededores muy iluminados	1000	
Cajas	500	
Exposición de comida: dos veces el nivel general pero nunca menos de	500	
Cocinas:		
Inspección, verificación, precios	700	
Otras áreas	300	
Tiendas.		
Escaparates:		
Alumbrado de día:		
General	2000	
Detalle o pormenor	10000	
Alumbrado de noche:		
Distritos poco concurridos o pequeñas ciudades:		
General	1000	
Detalle	5000	
Distritos principales o de mucha competencia:		
General	2000	
Detalle	10000	
Interior de las tiendas:		
Zonas de circulación	300	
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:		
Con servicio normal	1000	
Con autoservicio	2000	
Vitrinas y estanterías:		
Con servicio normal	2000	
Con autoservicio	5000	
Exposición de detalles:		
Con servicio normal	5000	
Con autoservicio	10000	

* O no menos, de 1/5 del nivel luminoso en las líneas inmediatas.
** Cuando las partituras son de tamaño inferior al normal y hay anotaciones sobre las líneas se necesitan 1500 lux o más.

Niveles mínimos de Iluminación Recomendados para el Alumbrado de Interiores Industriales

Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)		Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Aero (ver Hierro y acero).		Bodegas (ver Almacenes y bodegas).	
Ajuste (Talleres del).		Carbón (Volquetes automáticos y lavaderos de).	100
Trabajo bajo de fácil visión	300	Triturado y lavaderos	3000
Trabajo bajo de difícil visión	500	Selección	3000
Trabajo medio	1000	Cartón (Fábricas de cajas de): Área general	500
Trabajo fino	5000		
Trabajo extra fino	10000	Caucho (ver Goma).	
Almacenes y bodegas:		Cementos y derivados de la arcilla.	
De poco movimiento	50	Molido, prensas de filtro	300
Activos de mucho movimiento:		Moldeado, lavado y prensado	300
Embalaje tosco	100	Color y vidrio trabajo duro; esmaltado	1000
Embalaje medio	200	Color y vidrio, trabajo fino	3000
Embalaje fino	500		
Arcilla (ver Cementos).		Centrales eléctricas y subestaciones. Interiores.	
Automóviles (Fábricas del).		Auxiliares, habitaciones de baterías, bombas de alimentación de calderas, tanques, compresores y cuadros de instrumentos	200
Ajuste del bastidor	500	Plataforma de calderas, habitación de cables y áreas de circulación o de bombas	100
Línea de montaje y ajuste de chasis	1000	Plataforma de quemadores	200
Montaje final e inspección de línea	2000	Condensadores; áreas de desecadoras evaporadoras y calentadores	100
Fabricación de la carrocería:		Habitaciones de control:	
Piezas	700	Panel de interruptores (frente vertical):	
Acabado e inspección	2000	Secciones sencillas o dobles frente al operador:	
Aviación. Fábricas de aviones.		Tipo A. Habitaciones de control, centralizado, de gran tamaño. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo	500
Neves:		Tipo B. Habitación de control normal. Nivel a 1.70 metros sobre el suelo	300
De producción	1000	Sección de "duplex" frente al operador	300
De inspección	2000	Pupitres de trabajo (nivel horizontal)	500
Fabricación de piezas:		Áreas interiores de los paneles de interruptores para "duplex"	100
Remendar, soldar y taladrar	700	Parte trasera de los paneles de interruptores (nivel vertical)	100
Cuernas de pintura	1000	Alumbrado de emergencia para todas las áreas.	30
Preparación planchas de aluminio y trabajo de templeado: formación y pulido de las partes pequeñas del fuselaje, secciones de alas y carcavas de motores	1000	Laboratorio de química	500
Mantajes secundarios: Trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de ala, carcavas y otras piezas grandes	1000	Casetas de filtros, aparatos de control de fuerza y equipos telefónicos	200
Montaje final e inspección	1000	Túneles o galerías, tuberías.	100
Reparación de herramientas	1000	Zona de turbinas bajo el pavimento	200
Aviación. Hangares (solamente servicio de reparaciones)	1000	Habitación de turbinas	300
Azúcar (Industrias del).		Conservas (Fábricas del).	
Departamento de chocolates:		Clasificación inicial de materias crudas	600
Descascarillar, aventar, extracción de grasas, triturar, refinar	500	Tomates	1000
Limpieza y selección de granos, inmersión, envaso, empaquetado, etc	500	Selección de color (cortado)	2000
Molenda	1000	Preparación:	
Elaboración de la crema, mezclado, cocido y moldeo	500	Selección preliminar:	
Cóctails y sales	500	Albaricoques y melocotones	500
Decoración a mano	1000	Tornites	1000
Departamento de caramelos:		Aceitunas	1500
Mezclar, trisar, moldear	500	Cortado y selección final	1000
Cortar y seleccionar	1000	Conservado	
Envasar y etiquetar	1000	Embalado continuo en cadena	1000
		Empaquetado a mano	1000
Azúcar (Refinerías del).		Aceitunas	500
Destiende	500	Examen de envasados	2000
	2000		
		Corte y confección,	
		Inspección de paños	20000
		Cortado y prensado	3000
		Cocido	5000
		Electricidad (ver Centrales eléctricas).	
		Electricidad (Fabricación de equipos, eléctricos).	
		Impregnación	500
		Anilado, pintado de conductores	1000
		Ensayos	1000

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)		9 y Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Encuadernación.		Sala de máquinas y motores	300
Deblar, montar, encolar, etc	700	Inspección:	
Cortar, perforar y coser	700	Chapas oscuras, chanpote, cascajo	1000
Repujar e inspección	2000	Hojalata y otras superficies brillantes	1000
Forja (Talleres de)	500	Imprentas.	
Fundiciones.		Fundición de tipos:	
Templado, limpiado, batido	300	Máquinas y moldes de mano; fundición de conjun-	
Moldes o fabricación de machos, trabajo medio	500	tos, clasificación	500
Moldes o fabricación de machos, trabajo fino	1000	Fabricación de matrices, rectificado de tipos	1000
Desbastado y cepillado	1000	Plantas de impresión:	
Inspección media	1000	Inspección de color y valoración	2000
Inspección fina	5000	Composición a máquina, salas de composición	1000
Moldes, grandes; rellenado y vaciado	500	Prensas	700
Moldes medianos	1000	Lectura de pruebas y revisión de planchas	1500
Horno de cúpula	200	Electrotipia:	
Galvanizado	300	Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido y	
Garajes: Automóviles y camiones.		rectificación	1000
Servicio de garajes:		Montura de planchas, estañado, electroplateado,	
Reparaciones	1000	limpiado	500
Zonas de tráfico activo	200	Fotografado:	
Garajes de aparcamiento:		Grabado al agua fuerte, planchas	500
Entrada	500	Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entinta-	
Pistas y rampas	100	do y enmascarado	1000
Aparcamiento	50	Inspección (Trabajos de).	
Goma (Mecanizado de artículos de).		Ordinario	500
Preparación de la materia prima:		Difícil	1000
Alambrado, emplastecido y fresado	300	Bastante difícil	2000
Preparación del tejido, corte y telares	500	Muy difícil	5000
Moldado y selección de productos, calibrado	500	Lo más difícil	10000
Inspección	2000	Lavanderías.	
Guentes (Fábricas de).		Lavado	300
Prensado y cortado	3000	Planchado, clasificación y marcado	500
Máquinas de hacer punto y selección	1000	Acabado a máquina y con plancha. Clasificación	700
Covido e inspección	5000	Planchado fino a mano	1000
Harina (Fábricas de).		Madera.	
Molido, cernido, refinado	500	Trabajos bastos y de banco	300
Empaquetado	300	Medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de	
Control de productos	1000	banco y máquina encolado barnizado y tonelería	500
Cribas, limpiadoras, ascensores, pasillos, recipientes		Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino oca-	
de control	300	bado	1000
Hierro y acero (Industria del).		Manipulado de materiales.	
Interiores abiertos:		Empaquetado, embalaje y etiqueta	500
Piso de carga (Fundición)	200	Clasificación y distribución	300
Vagones de colada:		Carga y colocación en camiones	200
Pozos de escoria	200	Interior de camiones y coches de transporte	100
Plataformas de control	300	Metal. Trabajo en metales laminados.	
Zona superior	300	Prensado, cortado, estampado, taladrado, maquina-	
Pasarelas elevadas de inspección	100	ciones diversas, trabajo medio de banco	500
Mezcladores	300	Inspección de estañado y galvanizado; trazado	2000
Calcinado y sangrado	100	Neumáticos y tubos de goma (Fabricación de).	
Trenes de laminación:		Preparación de la materia prima:	
Lingotes, pletinas, barras calientes y planchas calien-		Alambrado, emplastecido y fresado	300
tes	300	Preparación de productos: cortado, construcción de	
Laminación en frío, barras y planchas	300	bordes	500
Tubos, barras, varillas redondas, alambres	500	Máquinas de hacer tubo	500
Estampado de hojalata: estañado, galvanizado, lami-		Fabricas de neumáticos:	
nado de flajes en frío	500	Bandajes sólidos	300

* Los materiales especulares o las superficies de trabajo pueden tener consideraciones especiales en la selección y colocación de los equipos de alumbrado o en su orientación respecto al trabajo.

+ La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de fuentes luminosas de gran tamaño y brillo lo suficientemente bajo para proporcionar más condiciones de contraste favorables.

	Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)		Nivel luminoso recomendado en Lux (mínimo en cualquier momento)
Neumáticos y tubos de (continuación)		Soldadura (Talleres de) (continuación)	
Neumáticos	500	Iluminación general	500
Departamento de revisiones: Revisión de tubos, revisión de neumáticos	700	Soldadura manual de arco. Gran precisión	10000
Inspección final: Tubos, neumáticos	2000		
Papel (Fábricas de).		Sombreros (Fábricas de).	
Triturado, molido y prensado	300	Tinte, enderizado, acondicionado, limpieza y refinado	1000
Acabado, cortado, aparejado y máquinas de hacer papel	500	Dar forma, tamaño, perforado, rebordeado, acabado y planchado	2000
Cortado a mano, máquinas de cortar e igualar	700	Cosido e inspección	5000
Bolinas de papel, inspección y laboratorios	1000		
Rebobinado	1500	Tabaco (Manipulado de).	
		Secado, limpieza general	300
		Clasificación y apartado	2000
Piel (Fabricación de artículos de).		Tañomas.	
Prensado, enrollado y gisado	2000	Cuarto de mezclas	500
Clasificación, cortado, aceptado y cosido	3000	Estanterías (iluminación vertical)	300
		Interior del horno (mezcladores verticales)	500
Piel (Industrias de la). Cueros.		Cuarto de fermentación	300
Depósitos de limpieza, curtido y estrado	300	Locales restantes:	
Cortado, descarnado y estopado	500	Pan	300
Acabado y cosido	1000	Dulces y productos de confitería	500
		Horno, pruebas y empaquetado	300
		Rellado y otros ingredientes	500
		Decorado y azucarado:	
Piedras. Triturado y cribado.		Mecánico	500
Carreras transportadoras espacios para canalizaciones, instalaciones de toboganes e interior de receptáculos	100	A mano	1000
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo los receptáculos	100		
Cribas	200	Talleres de forja (ver Forja).	
Pinturas (Fabricación de).		Talleres mecánicos.	
General	300	Trabajos bastos de banco y máquina	500
Mezclas comparativas y normales	2000	Trabajos medios de banco y máquina, máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruñido medio	1000
		Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruñido fino	5000
Pintura (Talleres de).		Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino	10000
Por inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y perñado delicado a mano	500		
Trabajos finos de pintura a mano y acabado	1000	Telas (sus derivados) (ver Corte y confección).	
Trabajos extrínsecos de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos, etc.)	3000	Telas y tejidos (ver Textiles (Fábricas)).	
Planchado y limpiado en seco (ver Tintorerías).			
		Textiles (Fábricas). Algodón.	
Productos Lácteos: Industrias de la leche.		Alzrir, mezclar y picar	300
Plantación de nardo y almacén de botellas	300	Cardar, estirar, torcer, encanillar, hilar, urdir	500
Clasificación de botellas	500	Confección de piezas de tela:	
Limpieza de botellas	500	Artículos grises	500
Lavado de bidones y equipos de frío	300	Mezclilla	1500
Ralladura, inspección	1000	Inspección:	
Indicadores, aneles y termómetros (parte vista)	500	Artículos grises (girado a mano)	1000
Laboratorios	1000	Mezclilla (movimiento rápido)	5000
Post-ensucaduras, clasificadores y refrigeradores	300	Estrado automático	1500
Tanques depósitos	500	Hilado a mano	2000
Interiores claros	200	Tejido	1000
Interiores oscuros	1000		
		Textiles (Fábricas). Lana y estambre.	
Pulido y bruñido	1000	Clasificación	1000
		Hilado (en bastidor o máquina): blanco	500
Química (Trabajos de).		Hilado (en bastidor o a máquina): coloreado	1000
Desecadores, alambiques, evaporadores, blanqueadores, filtros	300	Trenzado o urdido: blanco	500
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores	300	Urdido en peine: blanco	1000
		Urdido en peine: color	1000
Servicio (Áreas de).		Urdido en peine: color	3000
Escáneras, pulsos, sensores	200	Trenzado: blanco	300
Lavabos y fregaderos	300	Trenzado: color	500
		Tejido: blanco	1000
		Tejido: color	7000

* La superficie a inspeccionar debe ser cubierta con un alumbrado especial a base de bombillas halógenas de gran tamaño y brillo lo suficiente para que el inspector pueda detectar cualquier defecto.

	recomendado en Lux mínimo en cualquier momento		recomendado en Lux mínimo en cualquier momento
Textiles (Fábricas) (continuación).			
Locales para géneros grises:			
Borra	1500	Inspección y localización de manchas	5000
Hilos	3000	Planchado a mano y máquina	1500
Telas	700	Reparaciones y modificaciones	2000
Acabado, completado, pegado, tratado y secado	500		
Tintes	1000	Vidrio (Fábricas de).	
Acabado en seco:		Sala de mezclas y horno, hornos de prensado, máquinas de soplar vidrio	300
Preparado, acondicionado, prensado y tejido	700	Molido, cortado del vidrio a medida, esmerilado	500
Corte	1000	Molido fino, pulido y biselado	1000
Inspección	20000	Inspección, grabado y decorado	2000
		Zapaterías. Trabajo en goma.	
Textiles (Fábricas). Seda y rayón.		Lavado, bañado, mezclado y preparación del caucho	300
Fabricación: empaquetado coloreado y acondicionamiento o colocación de líneas	300	Barnizado, vulcanizado, satinado y cortado de suelas	500
Devanado, trenzado, rebobinado, encanilado y en- derezado:		Laminado de suelas, forrado y 287, proceso de fabricación y acabado	1000
Materiales claros	500		
Materiales oscuros	2000	Zapaterías. Trabajo en material.	
Sala de telares (en sus diversas modalidades)	1000	Mesas de corte, marcado, ojalés, raspar, clasificar y control en materiales oscuros	3000
Hilado en peines o sobre alambres en los telares	1000	Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barni- zado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, repu- jado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pu- lido y estampado	2000
Tejido	1000		
Tintorerías. Planchado y limpiado en seco.			
Reconocimiento y clasificación	500		
Limpieza en seco, húmeda y al vapor	500		

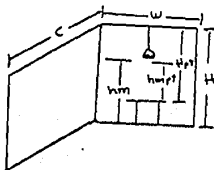
SELECCION DEL EQUIPO DE ALUMBRADO

La selección del equipo de alumbrado es fundamental en un proyecto específico. Los equipos deben ser los adecuados para la solución del proyecto de que se trate y deben además, ser congruentes con la arquitectura del local por iluminar y con las actividades que se van a desarrollar dentro del mismo. No es práctico por ejemplo, pensar en equipos de alumbrado a base de vapor de mercurio, para iluminar locales para oficinas donde los techos son relativamente bajos. Es muy importante estar en contacto con fabricantes de equipos de alumbrado para obtener catálogos y folletos, que permitan hacer una buena selección de equipos de alumbrado. En anexos se presentan algunos ejemplos de equipos de alumbrado, pudiéndose obtener también en estos anexos, los factores de mantenimiento y de utilización de cada equipo en particular, así como su espaciamiento máximo y curva de distribución fotométrica.

INDICE DE CUARTO

Es la relación que existe entre el largo, el ancho y cualquiera de las diferentes alturas que existen en el local por iluminar. En general, en los salones grandes la luz, es aprovechada con mayor eficiencia que en los salones pequeños, ya que en los primeros se tiene menor área de paredes que absorben la luz, en proporción con el área del piso, igualmente si se aumenta la altura de montaje de las unidades, se aumentará la proporción de áreas de paredes al área del piso y se ten--

drá menor eficiencia en el aprovechamiento de la luz.



L= Largo del local

W- Ancho del local

H= Altura del local

Hpt= Altura del techo al plano de trabajo.

Hmpt=Altura de montaje de la lámp. al plano de trabajo

hm=Altura de montaje de la lámpara al piso

Para salones de sección cuadrada o parecidos:

$$IC = \frac{W}{H}$$

Para sistemas de alumbrado directo, semidirecto, directo, indirecto y difuso, las fórmulas que se utilizan para determinar el IC son:

$$IC = \frac{WL}{hmpt(W+L)} = \frac{0.6 \sqrt{WL}}{hm}$$

Para sistemas de alumbrado indirecto y semidirecto las fórmulas son:

$$IC = \frac{3 WL}{2Hpt(W+L)} = \frac{0.8 \sqrt{WL}}{H}$$

INDICES DE CUARTO

<u>CLAVE</u>	<u>RANGOS</u>	<u>VALOR MEDIO</u>
J	Menor de 0.7	0.6
I	0.7 a 0.9	0.8
H	0.9 a 1.12	1.0
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	MAYOR DE 4.50	5.00

El índice de cuarto se puede obtener también, usando tablas existentes en manuales de alumbrado, para lo cual se quiere conocer el ancho, el largo del local y la altura de montaje de los equipos de alumbrado. A continuación se muestran unas tablas del índice de cuarto.

Indice del Local

(Clasificación de locales de acuerdo con sus dimensiones)

Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	Altura de techo en metros													
		Para alumbrado Semi-Indirecto e Indirecto													
		2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.85	19.20
		Altura de montaje sobre el suelo en metros													
		Para alumbrado Directo, Semi-Directo, Directo-Indirecto v General Difuso													
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.65	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	H	J	J	J	J	J							
	3.65	I	I	J	J	J	J	J							
	4.26	G	H	I	J	J	J	J							
	4.87	H	I	I	J	J	J	J							
	5.48	C	H	I	J	J	J	J							
	6.10	C	H	I	J	J	J	J							
	7.30	G	H	I	J	J	J	J							
	9.15	F	H	H	I	J	J	J							
	10.65	F	G	H	I	J	J	J							
	12.20	F	G	H	I	J	J	J							
3.05	3.05	H	H	I	J	J	J	J							
	3.65	G	H	I	J	J	J	J							
	4.26	H	H	I	J	J	J	J							
	4.87	H	H	I	J	J	J	J							
	5.48	F	H	H	I	J	J	J							
	6.10	G	H	H	I	J	J	J							
	7.30	F	H	H	I	J	J	J							
	9.15	F	G	H	H	I	J	J							
	10.65	F	F	G	H	H	I	J							
	12.20	E	F	G	H	H	I	J							
3.65	3.05	H	H	I	J	J	J	J							
	4.26	F	G	H	I	J	J	J							
	4.87	G	H	H	I	J	J	J							
	5.48	C	H	H	I	J	J	J							
	6.10	F	C	H	H	I	J	J							
	7.30	F	C	H	H	I	J	J							
	9.15	E	E	F	F	G	H	H							
	10.65	E	E	F	F	G	H	H							
	12.20	E	E	F	F	G	H	H							
	18.30	D	D	F	F	G	H	H							
4.25	4.26	F	F	G	H	H	I	J							
	4.87	G	F	G	H	H	I	J							
	5.48	F	F	C	H	H	I	J							
	6.10	F	F	C	H	H	I	J							
	7.30	F	F	C	H	H	I	J							
	9.15	E	E	F	F	G	H	H							
	10.65	E	E	F	F	G	H	H							
	12.20	O	O	F	F	G	H	H							
	15.25	O	O	F	F	G	H	H							
	18.30	D	D	F	F	G	H	H							
4.85	4.87	E	F	G	H	H	I	J							
	5.48	F	F	C	H	H	I	J							
	6.10	F	F	C	H	H	I	J							
	7.30	O	O	F	F	G	H	H							
	9.15	E	E	F	F	G	H	H							
	10.65	E	E	F	F	G	H	H							
	12.20	O	O	F	F	G	H	H							
	15.25	O	O	F	F	G	H	H							
	18.30	C	C	D	D	F	F	G							
	24.40	C	C	D	D	F	F	G							
5.50	5.48	F	F	F	F	G	H	H							
	6.10	E	E	E	E	G	H	H							
	7.30	O	O	O	O	F	F	G							
	9.15	O	O	O	O	F	F	G							
	10.65	O	O	O	O	F	F	G							
	12.20	O	O	O	O	F	F	G							
	15.25	C	C	C	C	D	D	F							
	18.30	C	C	C	C	D	D	F							
	21.35	C	C	C	C	D	D	F							
	26.60	C	C	C	C	D	D	F							

REFLECTANCIAS O FACTORES DE REFLEXION DE MUROS Y TECHOS.

Los factores de reflexión es la relación que existe entre la intensidad de iluminación reflejada y la intensidad de iluminación incidente en una superficie. En virtud de que ésta, de acuerdo con su color absorbe una mayor o menor cantidad de luz, el factor de reflexión es siempre menor que la unidad.

$$\text{Ref.} = \frac{E \text{ reflejada}}{E \text{ incidente}} \text{ menor que } 1$$

FACTORES DE REFLEXION DE ALGUNOS COLORES

COLORES	Factor de reflexión en %
Blanco	88
<u>MUY CLAROS</u>	
Crema	81
Azul verdoso	76
Azul	65
Gris	83
Verde	72
<u>CLAROS</u>	
Crema	76
Azul	55
Azul verdoso	72
Verde	64
Gris	73

COLORES	Factor de reflexión en %
<u>MEDIOS</u>	
Crema	63
Azul	31
Verde	40
Gris	38
<u>OBSCUROS</u>	
Azul	8
Café	10
Gris	26
Verde obscuro	7
Negro	3
<u>ACABADOS DE MADERA</u>	
Maple (Café claro)	42
Encino	34
Nogal	16
Caoba	12
<u>Ventanales</u>	3

FACTOR DE UTILIZACION

Es la relación entre los lúmenes que alcanzan el plano de trabajo, (plano horizontal a 75 cm. sobre el suelo) y los lúmenes totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficiencia y distribución de las lámparas, su altura de montaje, las dimensiones del local (índice de cuarto) -

y las reflectancias de techos y paredes. El factor de utilización se obtiene de las tablas proporcionadas.

FACTOR DE MANTENIMIENTO

Este factor nos indica la depreciación de las instalaciones de alumbrado durante su servicio, así como la calidad de las actividades de conservación y mantenimiento durante su vida útil. Algunos de los elementos que se toman en cuenta para determinar este factor, son los siguientes:

- 1.- Características de los reactores en lámparas fluorescentes, si cumplen con especificaciones de la asociación de fabricantes, así como el factor de potencia sea alto.
- 2.- Variaciones en el voltaje de alimentación. Cada 1% de variación en el voltaje, origina aproximadamente 3% de variaciones emitidas por las luminarias.
- 3.- Fallas de luminarias.
- 4.- Temperatura ambiente, al paso del tiempo, va disminuyendo su eficiencia.
- 5.- Degradación de las luminarias
- 6.- Disminución de la emisión luminosa por suciedad.

Por lo general, los manuales de alumbrado dan tres tipos de mantenimiento, que son: Bueno, medio y pobre.

CALCULO DEL FLUJO LUMINOSO DEL NUMERO DE LAMPARAS Y
DEL NUMERO DE EQUIPOS.

Para el cálculo del flujo luminoso, se aplica la siguiente fórmula:



















$$\begin{aligned} \text{Flujo luminoso} &= \frac{\text{Luxes X Area en m}^2}{\text{F.U. X F.M.}} = \frac{\text{E A}}{\text{Fu FM}} \quad (\text{lúmenes}) \\ &= \frac{\text{footcandels x área en pies}^2}{\text{F.U. X F.M.}} \quad (\text{lúmenes}) \end{aligned}$$

Dividiendo el total de lúmenes necesarios, entre los que genera cada una de las lámparas seleccionadas, nos permite obtener el número de lámparas requeridas.



















Si dividimos el total de lámparas determinadas, entre el número de lámparas que se instalarán en cada equipo, nos permitiría obtener el número de equipos por instalar.

ESPACIAMIENTO MAXIMO

De acuerdo con el tipo de curva de distribución fotométrica de las lámparas, se podrán espaciar hasta cierto límite, para obtener una iluminación uniforme. Si se seleccionan lámparas de curva concentrada, su espaciamiento tendrá necesariamente que ser menor, que el de las lámparas con curva de distribución ancha. El espaciamiento máximo, se obtiene para cada tipo de lámpara mostrada en los anexos, multiplicando -- por un factor su altura de montaje.

Tipo	Unidad de Alumbrado	Distribución	Distancia entre Lámparas inferiores	Factor de Mantenimiento	Reflexiones									
					Techo			70%			50%			
					Paredes			10%			10%			
					Índice local									Coeficiente de utilización
1	Directa  2 lámparas 40 W y "Stimula" Montaje de superficie		1.2 Altura de montaje	Bueno 0.30 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23
					H	0.37	0.33	0.30	0.37	0.33	0.29	0.36	0.32	0.29
					J	0.42	0.37	0.34	0.41	0.37	0.34	0.49	0.36	0.33
					F	0.46	0.42	0.38	0.45	0.41	0.38	0.43	0.40	0.39
					F	0.50	0.45	0.41	0.48	0.44	0.41	0.46	0.43	0.40
					F	0.54	0.50	0.47	0.52	0.49	0.46	0.50	0.47	0.45
					U	0.56	0.52	0.50	0.55	0.52	0.49	0.53	0.50	0.48
					C	0.60	0.56	0.53	0.61	0.57	0.54	0.61	0.57	0.54
					C	0.61	0.59	0.56	0.59	0.57	0.55	0.57	0.55	0.53
					A	0.62	0.60	0.58	0.61	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55
2	Directa  4 lámparas 40 W y "Stimula" Montaje de superficie		1.1 Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.28	0.24	0.22	0.24	0.20	0.22	0.27	0.24	0.22
					H	0.34	0.29	0.27	0.31	0.26	0.27	0.32	0.29	0.27
					H	0.38	0.34	0.31	0.31	0.28	0.31	0.36	0.33	0.30
					F	0.41	0.37	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.36	0.34
					F	0.47	0.40	0.38	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37
					E	0.47	0.44	0.42	0.47	0.44	0.41	0.45	0.43	0.41
					D	0.50	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43
					C	0.61	0.49	0.46	0.60	0.48	0.46	0.48	0.46	0.45
					B	0.53	0.51	0.49	0.53	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48
					A	0.55	0.52	0.51	0.53	0.52	0.50	0.51	0.50	0.49
3	Directa  2 lámparas 40 W y "Stimula" con reflector difusor de 45° y lámp. de plástico monte. de superficie		1.2 Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.27	0.23	0.20	0.24	0.20	0.20	0.26	0.23	0.20
					I	0.23	0.20	0.20	0.23	0.20	0.25	0.32	0.28	0.25
					H	0.31	0.23	0.29	0.26	0.23	0.29	0.35	0.31	0.29
					F	0.41	0.36	0.33	0.40	0.37	0.35	0.39	0.35	0.32
					F	0.44	0.40	0.38	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.35
					F	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.40	0.46	0.42	0.39
					D	0.53	0.47	0.44	0.50	0.46	0.43	0.49	0.45	0.42
					D	0.53	0.50	0.47	0.52	0.48	0.46	0.50	0.47	0.45
					B	0.60	0.53	0.50	0.54	0.52	0.49	0.52	0.50	0.48
					A	0.57	0.55	0.52	0.56	0.54	0.52	0.54	0.52	0.50
4	General Difusa  2 lámparas 40 W "Stimula" con reflector difusor de 35° x 45° suspendida y con lámp. de plástico		1.5 Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.24	0.15	0.14	0.24	0.19	0.14	0.27	0.18	0.15
					I	0.22	0.26	0.22	0.31	0.25	0.22	0.28	0.24	0.20
					H	0.28	0.27	0.26	0.36	0.31	0.26	0.33	0.28	0.25
					H	0.44	0.28	0.32	0.43	0.29	0.33	0.39	0.35	0.32
					F	0.45	0.47	0.38	0.46	0.41	0.36	0.41	0.36	0.33
					F	0.56	0.49	0.45	0.52	0.47	0.43	0.46	0.41	0.38
					F	0.60	0.54	0.51	0.62	0.53	0.50	0.49	0.45	0.42
					C	0.64	0.58	0.54	0.59	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45
					B	0.68	0.64	0.59	0.63	0.59	0.56	0.64	0.61	0.49
					A	0.71	0.67	0.63	0.66	0.63	0.60	0.62	0.58	0.57
5	Semiindirecta  4 lámparas 40 W "Stimula" con reflector difusor de 45° suspendida y con lámp. de plástico		1.4 Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.24	0.19	0.18	0.23	0.18	0.16	0.21	0.17	0.15
					I	0.20	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19
					H	0.26	0.30	0.26	0.34	0.29	0.25	0.30	0.26	0.23
					H	0.41	0.25	0.31	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.16
					F	0.46	0.40	0.35	0.43	0.38	0.33	0.37	0.33	0.30
					F	0.52	0.46	0.42	0.49	0.43	0.39	0.42	0.38	0.34
					D	0.57	0.51	0.47	0.52	0.48	0.44	0.44	0.41	0.38
					C	0.60	0.55	0.50	0.55	0.51	0.47	0.47	0.43	0.41
					B	0.64	0.60	0.56	0.59	0.56	0.52	0.49	0.47	0.45
					A	0.67	0.63	0.60	0.61	0.58	0.56	0.61	0.49	0.47
6	Semiindirecta  4 lámparas 40 W "Stimula" suspendida y con lámp. de lámp. de plástico		1.5 Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.16	0.11	0.07	0.15	0.10	0.08	0.12	0.08	0.06
					I	0.21	0.15	0.12	0.19	0.15	0.12	0.16	0.12	0.08
					H	0.26	0.20	0.16	0.23	0.19	0.15	0.19	0.15	0.12
					H	0.22	0.25	0.20	0.28	0.23	0.19	0.23	0.18	0.16
					F	0.36	0.30	0.24	0.33	0.26	0.22	0.25	0.21	0.18
					F	0.47	0.36	0.31	0.34	0.31	0.27	0.29	0.25	0.22
					F	0.46	0.40	0.36	0.41	0.37	0.33	0.27	0.23	0.20
					C	0.50	0.44	0.40	0.44	0.40	0.36	0.34	0.31	0.28
					B	0.54	0.50	0.45	0.48	0.44	0.41	0.37	0.34	0.32
					A	0.57	0.53	0.48	0.51	0.47	0.44	0.39	0.36	0.34
7	Indirecta  Medida trifluída de 30 x 45 cms. por debajo del techo. Colocando reflector en las lámparas fluorescentes aumentar coeficiente de utilización de 5 a 10 por 100.		Bueno 0.60 Medio 0.50 Malo 0.40	J	0.19	0.17	0.10	0.13	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06	
				I	0.19	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.10	0.09	0.07	
				H	0.22	0.18	0.16	0.20	0.16	0.14	0.15	0.11	0.09	
				F	0.29	0.21	0.19	0.21	0.19	0.17	0.15	0.13	0.11	
				F	0.39	0.26	0.22	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.14	
				F	0.43	0.30	0.26	0.28	0.26	0.24	0.20	0.19	0.17	
				C	0.35	0.32	0.30	0.31	0.28	0.26	0.21	0.20	0.19	
				B	0.36	0.34	0.32	0.32	0.30	0.28	0.22	0.21	0.20	
				A	0.37	0.38	0.36	0.38	0.37	0.35	0.24	0.22	0.20	
				8	Directa  con Lámparas PAR 38, 150 m. difusora Vidrio de 45° emisión luminosa total, 1730 lumenes		0.7 Altura de montaje	En todas las condiciones 0.75	J	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51
I	0.56	0.54	0.52						0.56	0.54	0.53	0.56	0.54	0.53
H	0.58	0.56	0.54						0.58	0.56	0.54	0.57	0.55	0.55
G	0.60	0.58	0.57						0.60	0.58	0.57	0.60	0.58	0.57
F	0.62	0.60	0.59						0.61	0.60	0.59	0.61	0.59	0.58
F	0.63	0.62	0.60						0.63	0.62	0.60	0.62	0.61	0.59
D	0.64	0.63	0.61						0.63	0.62	0.61	0.63	0.62	0.61
C	0.65	0.64	0.63						0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62
B	0.65	0.65	0.64						0.65	0.65	0.63	0.64	0.63	0.63
A	0.66	0.66	0.65						0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64
9	Indirecta  Anillo iluminado con lámparas de emisión parafénica		1.5 Altura de montaje	300-750 W Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.55	J	0.13	0.07	0.04	0.13	0.07	0.04	0.10	0.06	0.03
					I	0.18	0.11	0.07	0.16	0.10	0.06	0.13	0.08	0.05
					H	0.23	0.15	0.10	0.20	0.14	0.10	0.15	0.11	0.07
					C	0.28	0.20	0.15	0.25	0.18	0.13	0.19	0.14	0.10
					D	0.33	0.25	0.19	0.29	0.22	0.17	0.22	0.16	0.12
					F	0.40	0.32	0.26	0.35	0.28	0.21	0.26	0.19	0.16
					F	0.45	0.38	0.32	0.39	0.32	0.28	0.29	0.24	0.20
					C	0.49	0.42	0.37	0.43	0.37	0.32	0.31	0.26	0.23
					B	0.54	0.50	0.43	0.43	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28
					A	0.48	0.42	0.48	0.46	0.46	0.43	0.36	0.33	0.30



















☞ Coeficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones																																																																																																																																																				
					Techo		80%						50%																																																																																																																																												
					Paralelo	Vertical	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%																																																																																																																																										
					Índice local	Coeficiente de utilización																																																																																																																																																			
10	Semidirecta 		20 73	1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.77	0.21	0.17	0.27	0.21	0.17	0.27	0.20	0.17	I	0.35	0.30	0.24	0.35	0.30	0.24	0.34	0.28	0.24	H	0.41	0.36	0.30	0.41	0.35	0.31	0.40	0.34	0.30	G	0.49	0.42	0.37	0.49	0.42	0.36	0.46	0.40	0.36	F	0.55	0.47	0.42	0.53	0.45	0.40	0.50	0.44	0.40	E	0.62	0.55	0.50	0.60	0.53	0.49	0.57	0.52	0.47	D	0.67	0.61	0.56	0.66	0.60	0.55	0.62	0.57	0.52	C	0.71	0.65	0.60	0.70	0.63	0.58	0.66	0.61	0.56	B	0.76	0.71	0.66	0.74	0.69	0.65	0.69	0.65	0.62	A	0.81	0.76	0.71	0.78	0.74	0.70	0.73	0.69	0.67																																																
						11	Directa 		0 53	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.75	0.27	0.20	0.25	0.27	0.20	0.25	0.27	0.20	I	0.37	0.29	0.22	0.37	0.29	0.22	0.31	0.28	0.21	H	0.36	0.33	0.30	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30	G	0.40	0.37	0.34	0.40	0.37	0.34	0.39	0.36	0.34	F	0.43	0.40	0.37	0.43	0.40	0.37	0.42	0.39	0.37	E	0.46	0.44	0.41	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	D	0.49	0.46	0.44	0.49	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43	C	0.50	0.48	0.46	0.50	0.48	0.46	0.48	0.47	0.45	B	0.52	0.50	0.48	0.51	0.50	0.48	0.50	0.49	0.47	A	0.53	0.52	0.51	0.52	0.51	0.50	0.51	0.50	0.49																																										
												12	Directa 		0 52	1.0 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.74	0.27	0.20	0.24	0.27	0.20	0.24	0.27	0.20	I	0.30	0.27	0.24	0.30	0.27	0.24	0.29	0.26	0.24	H	0.34	0.31	0.28	0.34	0.31	0.28	0.31	0.30	0.28	G	0.38	0.35	0.32	0.38	0.34	0.31	0.37	0.34	0.32	F	0.41	0.38	0.35	0.40	0.37	0.35	0.39	0.37	0.34	E	0.44	0.41	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.38	D	0.46	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41	C	0.48	0.46	0.44	0.48	0.46	0.44	0.46	0.44	0.43	B	0.50	0.48	0.46	0.50	0.48	0.46	0.48	0.47	0.45	A	0.51	0.49	0.48	0.51	0.49	0.48	0.50	0.48	0.47																																				
																		13	Directa 		0 50	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.77	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20	I	0.34	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.31	0.29	0.27	H	0.39	0.35	0.32	0.39	0.34	0.31	0.37	0.34	0.32	G	0.41	0.38	0.35	0.43	0.39	0.36	0.42	0.38	0.36	F	0.46	0.42	0.39	0.46	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38	E	0.49	0.44	0.42	0.49	0.44	0.42	0.46	0.42	0.40	D	0.53	0.48	0.47	0.52	0.48	0.47	0.51	0.49	0.47	C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.51	0.49	0.53	0.50	0.48	B	0.57	0.54	0.52	0.56	0.54	0.52	0.55	0.53	0.51	A	0.58	0.56	0.55	0.57	0.56	0.54	0.56	0.55	0.54																														
																								14 Fluorescentes	Directa 		1 61	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.77	0.22	0.20	0.26	0.22	0.19	0.25	0.22	0.19	I	0.33	0.29	0.26	0.33	0.29	0.26	0.31	0.28	0.25	H	0.38	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.37	0.33	0.30	G	0.43	0.38	0.34	0.42	0.38	0.34	0.41	0.36	0.34	F	0.48	0.42	0.38	0.46	0.42	0.38	0.43	0.38	0.36	E	0.50	0.47	0.43	0.50	0.47	0.43	0.48	0.46	0.43	D	0.53	0.48	0.47	0.53	0.48	0.47	0.51	0.48	0.46	C	0.55	0.52	0.50	0.54	0.52	0.49	0.53	0.51	0.49	B	0.56	0.55	0.53	0.56	0.55	0.53	0.56	0.54	0.52	A	0.58	0.57	0.55	0.57	0.57	0.55	0.57	0.56	0.54																								
																														15	Directa 		0 69	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.85 Medio 0.65 Malo 0.45	J	0.77	0.28	0.15	0.27	0.18	0.15	0.21	0.15	0.15	I	0.30	0.25	0.22	0.31	0.25	0.22	0.27	0.21	0.21	H	0.36	0.31	0.27	0.36	0.31	0.27	0.33	0.28	0.27	G	0.42	0.37	0.33	0.44	0.38	0.34	0.41	0.36	0.34	F	0.46	0.41	0.37	0.46	0.40	0.36	0.43	0.38	0.36	E	0.52	0.48	0.44	0.51	0.51	0.46	0.50	0.48	0.46	D	0.57	0.53	0.49	0.62	0.57	0.52	0.60	0.56	0.52	C	0.60	0.56	0.52	0.65	0.61	0.56	0.63	0.59	0.55	B	0.63	0.60	0.57	0.71	0.67	0.63	0.66	0.64	0.61	A	0.65	0.63	0.61	0.74	0.71	0.67	0.71	0.69	0.67																		
																																				16	Directa 		0 65	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.33	0.19	0.16	0.23	0.21	0.21	0.23	0.21	0.21	I	0.30	0.26	0.23	0.33	0.30	0.26	0.31	0.28	0.26	H	0.36	0.31	0.28	0.37	0.34	0.32	0.38	0.35	0.33	G	0.41	0.36	0.33	0.42	0.39	0.36	0.43	0.40	0.38	F	0.44	0.40	0.37	0.43	0.41	0.39	0.45	0.42	0.40	E	0.49	0.46	0.43	0.46	0.44	0.41	0.48	0.46	0.44	D	0.52	0.49	0.46	0.50	0.48	0.47	0.51	0.49	0.47	C	0.54	0.52	0.49	0.50	0.48	0.47	0.51	0.49	0.47	B	0.56	0.55	0.53	0.51	0.50	0.49	0.51	0.50	0.49	A	0.58	0.58	0.56	0.53	0.52	0.51	0.53	0.52	0.51												
																																										17	Directa 		0 51	1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.72	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	0.22	0.19	0.17	I	0.38	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.27	0.25	0.23	H	0.32	0.29	0.27	0.32	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27	G	0.36	0.33	0.31	0.36	0.33	0.31	0.35	0.33	0.30	F	0.39	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33	E	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.40	0.38	D	0.46	0.43	0.40	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40	C	0.47	0.45	0.43	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	B	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	0.49	0.47	0.45	A	0.51	0.49	0.48	0.50	0.49	0.47	0.49	0.48	0.47						
																																																18	Directa 		0 50	1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	0.19	0.16	0.14	I	0.14	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	H	0.20	0.25	0.23	0.28	0.25	0.23	0.28	0.24	0.23	G	0.31	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27	0.31	0.29	0.27	F	0.36	0.32	0.30	0.36	0.32	0.30	0.36	0.32	0.30	E	0.40	0.37	0.34	0.39	0.37	0.34	0.38	0.36	0.34	D	0.42	0.39	0.37	0.42	0.39	0.37	0.41	0.38	0.37	C	0.44	0.42	0.39	0.44	0.41	0.39	0.43	0.40	0.39	B	0.47	0.44	0.42	0.46	0.44	0.42	0.45	0.43	0.41	A	0.49	0.46	0.45	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.44

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones								
					Techo		50%		30%				
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%		
Coeficiente de utilización													
Índice local													
19	Semidirecta ▼		1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.25	0.21
	H				0.29	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.33	0.30	
	G				0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.36	0.39	0.36	
	F				0.54	0.48	0.44	0.57	0.47	0.43	0.45	0.42	
	E				0.58	0.53	0.49	0.64	0.54	0.49	0.54	0.48	
20	Semidirecta		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.25	0.22
	H				0.29	0.34	0.31	0.36	0.34	0.32	0.33	0.30	
	G				0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37	0.39	0.36	
	F				0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43	0.46	0.42	
	E				0.55	0.50	0.46	0.62	0.58	0.55	0.56	0.54	
21	Semidirecta		1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.65 Malo 0.60	J	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22	0.25	0.22
	H				0.29	0.34	0.31	0.36	0.34	0.32	0.33	0.30	
	G				0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37	0.39	0.36	
	F				0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43	0.46	0.42	
	E				0.55	0.50	0.46	0.62	0.58	0.55	0.56	0.54	
22	Semidirecta		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.23	0.20
	H				0.26	0.32	0.29	0.35	0.31	0.27	0.30	0.27	
	G				0.43	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.36	0.33	
	F				0.49	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.41	0.38	
	E				0.54	0.49	0.45	0.51	0.46	0.43	0.45	0.42	
23	Semidirecta		1.4 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.23	0.20
	H				0.26	0.32	0.29	0.35	0.31	0.27	0.30	0.27	
	G				0.43	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.36	0.33	
	F				0.49	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.41	0.38	
	E				0.54	0.49	0.45	0.51	0.46	0.43	0.45	0.42	

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferiores	Factor de mantenimiento	Reflexiones									
					Techo		70%		50%					
					Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%			
Coeficiente de utilización														
Índice local														
24	Directo		1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.33	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.33	0.29	0.27
	H				0.41	0.37	0.34	0.41	0.37	0.33	0.40	0.37	0.34	
	G				0.45	0.41	0.39	0.45	0.41	0.39	0.44	0.41	0.38	
	F				0.50	0.46	0.43	0.50	0.46	0.43	0.48	0.44	0.42	
	E				0.53	0.49	0.46	0.57	0.49	0.46	0.51	0.48	0.46	
25	Semidirecta		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21
	H				0.28	0.33	0.29	0.37	0.32	0.28	0.36	0.31	0.28	
	G				0.45	0.39	0.35	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	
	F				0.52	0.45	0.41	0.50	0.43	0.39	0.48	0.42	0.40	
	E				0.57	0.50	0.46	0.55	0.50	0.45	0.52	0.48	0.44	
26	Semidirecta		1.3 x Altura de montaje	Bueno 0.70 Medio 0.60 Malo 0.50	J	0.30	0.24	0.21	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21
	H				0.28	0.33	0.29	0.37	0.32	0.28	0.36	0.31	0.28	
	G				0.45	0.39	0.35	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	
	F				0.52	0.45	0.41	0.50	0.43	0.39	0.48	0.42	0.40	
	E				0.57	0.50	0.46	0.55	0.50	0.45	0.52	0.48	0.44	

Coefficientes de Utilización

Tipo	Unidad de alumbrado Directa	Distribución	Distancia entre lámparas interiores	Factor de mantenimiento	Reflexión								
					Techo		Paredes			30°		100°	
					70%	10%	50%	30%	10%	30%	10%		
27	 Reflector de cúpula RLM		1.3 x Altura de montaje	300-150 W Bueno 0.75 Medio 0.65 Malo 0.55	J	0.33	0.28	0.75	0.33	0.28	0.75	0.78	0.75
					I	0.40	0.36	0.23	0.40	0.36	0.23	0.79	0.33
					H	0.47	0.43	0.29	0.47	0.43	0.29	0.42	0.39
					G	0.54	0.49	0.45	0.54	0.48	0.45	0.48	0.45
					F	0.58	0.54	0.50	0.58	0.54	0.50	0.52	0.50
					D	0.65	0.61	0.61	0.64	0.60	0.61	0.59	0.57
E	0.69	0.65	0.62	0.68	0.64	0.62	0.63	0.61					
C	0.72	0.68	0.65	0.70	0.67	0.65	0.66	0.64					
B	0.76	0.73	0.70	0.74	0.72	0.69	0.70	0.69					
A	0.78	0.75	0.71	0.76	0.74	0.72	0.72	0.71					
28	 Interruptor duro Haz medio.		1.2 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.71 Malo 0.73	J	0.43	0.40	0.38	0.43	0.40	0.38	0.52	0.58
					I	0.50	0.47	0.45	0.50	0.47	0.45	0.47	0.45
					H	0.55	0.52	0.50	0.54	0.52	0.50	0.51	0.60
					G	0.59	0.56	0.54	0.58	0.55	0.53	0.55	0.53
					F	0.63	0.61	0.57	0.61	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.65	0.62	0.61	0.64	0.62	0.60	0.61	0.60
D	0.67	0.65	0.63	0.66	0.64	0.63	0.63	0.61					
C	0.68	0.66	0.65	0.67	0.65	0.64	0.65	0.64					
B	0.70	0.68	0.67	0.69	0.68	0.66	0.67	0.66					
A	0.71	0.70	0.69	0.70	0.69	0.68	0.68	0.67					
29	 Interruptor duro Haz medio.		0.9 x Altura de montaje	300-150 W Bueno 0.80 Medio 0.77 Malo 0.77	J	0.45	0.42	0.40	0.45	0.42	0.40	0.42	0.40
					I	0.53	0.50	0.48	0.52	0.50	0.48	0.49	0.48
					H	0.57	0.54	0.52	0.56	0.54	0.52	0.53	0.52
					G	0.61	0.58	0.56	0.60	0.58	0.56	0.57	0.56
					F	0.64	0.61	0.59	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59
					E	0.67	0.64	0.63	0.66	0.64	0.63	0.63	0.62
D	0.69	0.67	0.65	0.68	0.66	0.65	0.65	0.64					
C	0.70	0.68	0.67	0.69	0.67	0.66	0.67	0.66					
B	0.72	0.70	0.69	0.71	0.69	0.68	0.68	0.67					
A	0.73	0.71	0.70	0.71	0.70	0.69	0.69	0.68					
30	 Lámpara reflectora R-52 Haz ancho 500 y 750 w		1.8 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.50	0.45	0.42	0.49	0.45	0.41	0.45	0.41
					I	0.62	0.57	0.53	0.61	0.57	0.53	0.57	0.53
					H	0.72	0.65	0.62	0.70	0.64	0.62	0.64	0.61
					G	0.77	0.72	0.69	0.75	0.72	0.68	0.71	0.68
					F	0.82	0.77	0.74	0.81	0.77	0.73	0.76	0.73
					E	0.88	0.84	0.81	0.87	0.84	0.81	0.83	0.81
D	0.92	0.88	0.85	0.90	0.87	0.84	0.86	0.84					
C	0.94	0.91	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.86					
B	0.97	0.94	0.92	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90					
A	0.99	0.97	0.94	0.97	0.95	0.93	0.93	0.92					
31	 Lámpara reflectora R-57 Haz ancho 500 y 750 w.		0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.80 Medio 0.78 Malo 0.75	J	0.66	0.62	0.60	0.65	0.62	0.59	0.62	0.59
					I	0.75	0.71	0.68	0.74	0.71	0.68	0.70	0.68
					H	0.80	0.76	0.73	0.79	0.76	0.73	0.76	0.73
					G	0.85	0.81	0.80	0.84	0.81	0.78	0.80	0.78
					F	0.88	0.85	0.83	0.88	0.84	0.82	0.84	0.82
					E	0.93	0.90	0.88	0.92	0.89	0.87	0.88	0.87
D	0.96	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.91	0.89					
C	0.98	0.95	0.93	0.96	0.94	0.92	0.93	0.91					
B	1.00	0.98	0.96	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94					
A	1.01	1.00	0.98	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96					
32	 Ventilador de alumbrado para gran altura Haz ancho 400 m H33-LCD		1.5 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.38	0.34	0.32	0.38	0.34	0.32	0.38	0.32
					I	0.47	0.43	0.40	0.46	0.43	0.40	0.43	0.40
					H	0.53	0.49	0.46	0.52	0.49	0.46	0.48	0.46
					G	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.54	0.51
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.68	0.64	0.62	0.67	0.64	0.61	0.63	0.61
D	0.71	0.67	0.65	0.69	0.66	0.64	0.66	0.64					
C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.68	0.66					
B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.70					
A	0.77	0.75	0.73	0.76	0.74	0.72	0.73	0.71					
33	 Ventilador de alumbrado para gran altura Haz ancho 600 m H33-LCD		0.7 x Altura de montaje	Bueno 0.75 Medio 0.70 Malo 0.65	J	0.46	0.43	0.41	0.46	0.43	0.41	0.43	0.41
					I	0.54	0.51	0.49	0.53	0.51	0.48	0.50	0.48
					H	0.59	0.56	0.53	0.58	0.55	0.53	0.55	0.53
					G	0.63	0.60	0.59	0.62	0.59	0.57	0.59	0.57
					F	0.65	0.63	0.60	0.65	0.62	0.60	0.62	0.60
					E	0.69	0.67	0.64	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
D	0.71	0.69	0.67	0.70	0.68	0.67	0.68	0.66					
C	0.73	0.71	0.69	0.72	0.70	0.68	0.69	0.68					
B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.71	0.71	0.70					
A	0.76	0.75	0.73	0.75	0.74	0.72	0.73	0.71					
34	 Ventilador de alumbrado gran altura Haz ancho 100 y 1000 m. Var. mat. cubil Corr.		0.8 x Altura de montaje	Bueno 0.73 Medio 0.68 Malo 0.63	J	0.51	0.48	0.46	0.51	0.48	0.46	0.48	0.46
					I	0.58	0.55	0.53	0.57	0.55	0.53	0.55	0.53
					H	0.62	0.59	0.57	0.61	0.59	0.57	0.59	0.57
					G	0.66	0.63	0.61	0.65	0.63	0.61	0.63	0.61
					F	0.69	0.66	0.64	0.68	0.66	0.64	0.65	0.64
					E	0.72	0.70	0.68	0.71	0.69	0.68	0.69	0.67
D	0.74	0.72	0.70	0.73	0.71	0.70	0.70	0.69					
C	0.75	0.74	0.72	0.74	0.73	0.71	0.72	0.71					
B	0.77	0.76	0.74	0.76	0.75	0.73	0.73	0.73					
A	0.78	0.77	0.75	0.77	0.76	0.74	0.74	0.74					
35	 Ventilador de alumbrado gran altura Haz ancho 100 y 1000 m. Var. mat. cubil Corr.		1.1 x Altura de montaje	Bueno 0.68 Medio 0.53 Malo 0.58	J	0.39	0.36	0.33	0.39	0.36	0.33	0.36	0.33
					I	0.48	0.44	0.41	0.47	0.44	0.41	0.43	0.41
					H	0.53	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.49	0.47
					G	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.52	0.54	0.52
					F	0.63	0.59	0.56	0.62	0.58	0.56	0.58	0.56
					E	0.67	0.64	0.61	0.64	0.63	0.61	0.63	0.61
D	0.70	0.67	0.65	0.68	0.66	0.64	0.66	0.64					
C	0.72	0.70	0.67	0.71	0.69	0.67	0.69	0.67					
B	0.75	0.73	0.71	0.74	0.72	0.70	0.71	0.69					
A	0.77	0.76	0.73	0.76	0.75	0.72	0.72	0.71					

Tipo	Unidad de alumbrado	Distribución	Distancia entre lámparas inferior a	Factor de mantenimiento	Reflexiones								
					Techo		50%		30%				
					Paralelas	10%	30%	10%	30%	10%			
36			0,9 m	Bueno 0,58 Medio 0,63 Malo 0,58	J	0,50	0,41	0,45	0,50	0,41	0,45	0,47	0,45
					I	0,57	0,44	0,51	0,54	0,54	0,52	0,54	0,57
					H	0,67	0,59	0,51	0,67	0,59	0,57	0,59	0,51
					G	0,56	0,63	0,61	0,66	0,63	0,61	0,63	0,61
					F	0,69	0,61	0,64	0,73	0,74	0,70	0,66	0,64
					E	0,73	0,71	0,68	0,72	0,70	0,68	0,69	0,68
					D	0,75	0,73	0,71	0,74	0,72	0,70	0,71	0,70
C	0,77	0,75	0,73	0,78	0,74	0,77	0,73	0,77					
B	0,78	0,77	0,75	0,77	0,76	0,75	0,75	0,74					
A	0,80	0,78	0,77	0,78	0,77	0,76	0,76	0,75					
37			0,9 m	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,47	0,47	0,40	0,44	0,42	0,40	0,41	0,40
					I	0,51	0,48	0,51	0,50	0,48	0,46	0,41	0,46
					H	0,55	0,53	0,51	0,55	0,52	0,51	0,52	0,50
					G	0,59	0,56	0,54	0,58	0,56	0,54	0,55	0,54
					F	0,61	0,59	0,57	0,61	0,58	0,57	0,58	0,57
					E	0,64	0,62	0,60	0,63	0,61	0,60	0,61	0,60
					D	0,66	0,64	0,63	0,65	0,64	0,62	0,64	0,62
C	0,67	0,65	0,64	0,68	0,65	0,63	0,64	0,63					
B	0,69	0,68	0,66	0,68	0,67	0,65	0,66	0,65					
A	0,70	0,69	0,67	0,69	0,68	0,67	0,67	0,66					
38			1,2 m	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,36	0,37	0,29	0,36	0,31	0,27	0,31	0,28
					I	0,43	0,33	0,31	0,43	0,29	0,27	0,33	0,37
					H	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,47	0,50	0,47
					F	0,59	0,55	0,52	0,59	0,54	0,52	0,54	0,51
					E	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57
					D	0,67	0,64	0,61	0,66	0,63	0,60	0,62	0,60
C	0,69	0,66	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,63					
B	0,73	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67					
A	0,74	0,72	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,69					
39			1,5 m	Bueno 0,73 Medio 0,68 Malo 0,63	J	0,38	0,38	0,27	0,34	0,30	0,27	0,31	0,28
					I	0,44	0,31	0,29	0,43	0,28	0,26	0,38	0,39
					H	0,50	0,46	0,42	0,50	0,45	0,42	0,45	0,42
					G	0,57	0,53	0,48	0,57	0,53	0,48	0,51	0,47
					F	0,62	0,58	0,54	0,61	0,67	0,63	0,56	0,53
					E	0,63	0,64	0,61	0,67	0,63	0,60	0,63	0,60
					D	0,73	0,65	0,62	0,74	0,66	0,63	0,67	0,64
C	0,76	0,72	0,69	0,74	0,72	0,68	0,70	0,68					
B	0,77	0,74	0,74	0,78	0,75	0,73	0,74	0,72					
A	0,77	0,76	0,76	0,80	0,77	0,76	0,76	0,75					
40			1,5 m	Bueno 0,75 Medio 0,72 Malo 0,68	J	0,41	0,41	0,31	0,41	0,36	0,31	0,36	0,33
					I	0,42	0,29	0,27	0,42	0,29	0,27	0,41	0,47
					H	0,45	0,42	0,31	0,44	0,42	0,31	0,41	0,31
					G	0,49	0,45	0,44	0,48	0,46	0,43	0,45	0,44
					F	0,57	0,59	0,47	0,52	0,53	0,44	0,49	0,47
					E	0,56	0,54	0,57	0,56	0,53	0,53	0,51	0,51
					D	0,59	0,55	0,55	0,58	0,56	0,54	0,56	0,54
C	0,61	0,58	0,56	0,60	0,58	0,56	0,57	0,56					
B	0,63	0,61	0,59	0,67	0,60	0,59	0,59	0,58					
A	0,64	0,62	0,61	0,73	0,61	0,60	0,60	0,59					
41			0,5 m	Bueno 0,75 Medio 0,75 Malo 0,68	J	0,47	0,40	0,21	0,42	0,40	0,21	0,40	0,37
					I	0,48	0,45	0,44	0,47	0,45	0,44	0,45	0,44
					H	0,50	0,48	0,47	0,50	0,48	0,47	0,48	0,47
					G	0,54	0,52	0,50	0,53	0,51	0,50	0,51	0,50
					F	0,56	0,54	0,52	0,55	0,53	0,52	0,53	0,52
					E	0,58	0,56	0,55	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56
					D	0,61	0,58	0,57	0,61	0,58	0,57	0,60	0,57
C	0,61	0,59	0,58	0,60	0,59	0,58	0,60	0,57					
B	0,61	0,61	0,60	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58					
A	0,67	0,62	0,61	0,62	0,61	0,60	0,60	0,59					
42			0,7 m	Bueno 0,70 Medio 0,67 Malo 0,63	J	0,44	0,31	0,24	0,41	0,31	0,24	0,31	0,25
					I	0,43	0,34	0,21	0,40	0,31	0,29	0,37	0,35
					H	0,42	0,42	0,40	0,44	0,42	0,40	0,42	0,40
					G	0,49	0,44	0,44	0,48	0,46	0,44	0,47	0,44
					F	0,52	0,49	0,47	0,51	0,49	0,47	0,49	0,47
					E	0,56	0,53	0,51	0,54	0,52	0,50	0,52	0,50
					D	0,57	0,55	0,53	0,56	0,54	0,53	0,54	0,53
C	0,58	0,57	0,55	0,57	0,56	0,54	0,55	0,54					
B	0,60	0,58	0,58	0,59	0,58	0,57	0,58	0,56					
A	0,67	0,60	0,59	0,60	0,59	0,58	0,59	0,58					
43			1,3 m	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,38	0,33	0,21	0,38	0,33	0,21	0,37	0,25
					I	0,48	0,42	0,38	0,47	0,42	0,38	0,41	0,38
					H	0,56	0,49	0,45	0,54	0,49	0,44	0,48	0,44
					G	0,63	0,53	0,57	0,61	0,56	0,61	0,56	0,61
					F	0,69	0,62	0,57	0,67	0,61	0,57	0,60	0,56
					E	0,76	0,71	0,66	0,75	0,69	0,66	0,68	0,64
					D	0,81	0,76	0,71	0,79	0,74	0,71	0,73	0,69
C	0,85	0,80	0,76	0,83	0,78	0,75	0,77	0,73					
B	0,84	0,80	0,82	0,87	0,84	0,81	0,82	0,79					
A	0,93	0,89	0,85	0,90	0,87	0,84	0,86	0,82					
44			0,8 m	Bueno 0,80 Medio 0,75 Malo 0,70	J	0,49	0,44	0,41	0,48	0,44	0,41	0,44	0,41
					I	0,58	0,53	0,50	0,57	0,53	0,49	0,52	0,49
					H	0,65	0,60	0,56	0,64	0,59	0,56	0,58	0,56
					G	0,72	0,64	0,62	0,70	0,65	0,62	0,67	0,63
					F	0,76	0,71	0,67	0,75	0,70	0,66	0,69	0,66
					E	0,82	0,77	0,74	0,80	0,76	0,73	0,74	0,72
					D	0,86	0,82	0,78	0,86	0,82	0,78	0,81	0,78
C	0,89	0,85	0,80	0,88	0,83	0,80	0,81	0,78					
B	0,97	0,89	0,88	0,99	0,87	0,88	0,88	0,87					
A	0,95	0,92	0,89	0,91	0,89	0,88	0,88	0,87					

CALCULOS DE ILUMINACION CON TABLAS DE FOOTCANDLE X PIES²

Se utilizan tablas precalculadas que aparecen en los manuales de alumbrado, en este caso, se presenta en el anexo.- Tomando en cuenta las tablas, se debe seguir el siguiente procedimiento.

- 1.- Se obtiene el área del local en pies².
- 2.- Si el área se multiplica por 10^n , la constante correspondiente se divide en 10^n .
- 3.- Se determina el coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento, de acuerdo con el equipo de iluminación seleccionado.
- 4.- Se multiplica la constante obtenida por la potencia luminosa de la lámpara y se divide entre mil.
- 5.- Se divide la intensidad de iluminación seleccionada en footcandles, entre el resultado anterior y la cifra obtenida es el número de lámparas requerido.

COMPROBACION CON ESTE METODO, DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Para lámparas incandescentes de 1000 W: $FU=0.68$, $FM=0.70$
 $F=21600\text{Lm}$; $A= 50 \times 16 = 800\text{m}^2 = 8000 \text{pies}^2$.

Se entra en la columna de 80 pies², lo que significa que debe multiplicarse por 100 (10^2) para obtener el área real de 8000 pies². Por lo tanto, la constante se dividirá entre 1000. La constante para el área, $FU=$ y FM , es de 5.95. Dividiendo -

entre 100, se obtienen 0.0595.

$$\frac{0.0595 \times 21600}{1000} = 1.28$$

Para E = 300 luxes. = 30 FC se tiene:

$$\text{No. lámpas.} = \frac{30}{1.28} = 23 \text{ a } 24$$

Para lámparas fluorescentes de 75W; FU=.66; F=6100 lm.

$$\kappa = \frac{4.95}{10^2} = 0.0495 ; \quad \frac{0.0495 \times 6100}{1000} = 0.302$$

$$\text{No. de lámp.} = \frac{30}{0.302} = 99 \text{ a } 100$$

Para lámpara de vapor de mercurio 400W; FU=0.63; FM=0.68;
F=21000lm.

	<u>F.U.</u>	
para	<u>0.62</u>	<u>0.64</u>
FM 0.70	5.42	5.60
0.60	<u>4.65</u>	<u>4.80</u>
	0.77	0.80
FM 0.68	5.42	5.60
	<u>-0.15</u>	<u>0.16</u>
	5.27	5.44

Para F.U. = 0.63

$$K = \frac{5.27 + 5.44}{2} = \frac{1}{20^2} = \frac{5.35}{100} = 0.0535$$

$$\frac{0.0535 \times 21000}{1000} = 1.12$$

$$\text{No. de lámp.} = \frac{30}{1.12} = 26 \text{ a } 27$$

METODO DE PUNTO POR PUNTO

Con este sistema y apoyándose en la ley de los coseno o Lambert, se puede determinar la intensidad de iluminación en cualquier punto de un local, siempre y cuando se disponga de la curva de distribución fotométrica de las luminarias instaladas.

ALUMBRADO DE CALLES Y CARRETERAS,

Los objetivos principales de este tipo de alumbrado son los siguientes:

- Seguridad en el tránsito de vehículos y personas
- Seguridad pública evitando actos delictuosos o vandálicos.
- Promover un ambiente agradable en la zona y elevar su valor comercial.

Para proyectar un alumbrado de este tipo, deberán considerarse los siguientes puntos:

- 1.- Clasificación de la zona y de la carretera
- 2.- Nivel de iluminación apropiado

3.- Selección de las luminarias

4.- Emplazamiento de las luminarias (altura de montaje, longitud del brazo y separación), para proporcionar la iluminación requerida.

Para seleccionar los niveles de iluminación recomendables, debe considerarse también el tráfico peatonal.

Los niveles de iluminación sugeridos en el plano horizontal en lúmenes /m² para calles urbanas, son los siguientes:

<u>TRAFICO DE PEATONES</u>	<u>CLASIFICACION DEL TRAFICO VEHICULAR</u>			
	<u>MUY LIGERO</u>	<u>LIGERO</u>	<u>MEDIO</u>	<u>PESADO</u>
Pesado	-----	8	10	12
Medio	-----	6	8	10
Ligero	2	4	6	8

ALTURAS DE MONTAJE RECOMENDADAS

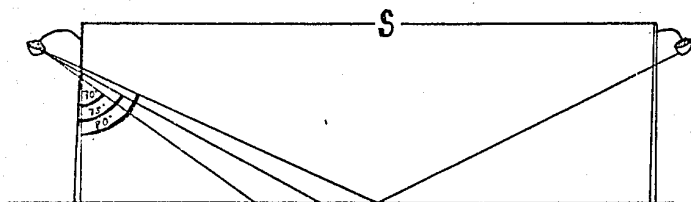
<u>Lúmenes de la luminaria</u>	<u>Altura en pies</u>
2500	20
4000	25
6000	25
10000	30
15000	30
20000	30
50000	30

Tráfico ligero o sin peatones. El que puede haber en las carreteras de barrios residenciales o zonas de almacenes, -- autopistas, calles elevadas o subterráneas y carreteras en el campo.

Tráfico de peatones medio. El que puede haber en calles de barrios comerciales de segundo orden y en calles de algunas zonas industriales.

Tráfico de peatones pesado. El que puede haber en calles de los barrios comerciales.

RELACION ENTRE EL ESPACIAMIENTO Y LA ALTURA DE MONTAJE.



$$1/2 S = hm + ge ; \text{ Para } hm = 30'$$

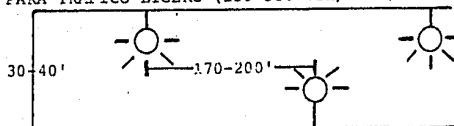
$$\text{Para } 70^\circ S = 164'$$

$$\text{Para } 75^\circ S = 224'$$

$$\text{Para } 80^\circ S = 340'$$

PARA TRAFICO LIGERO (150-500 veh/hora)

hm= 25'



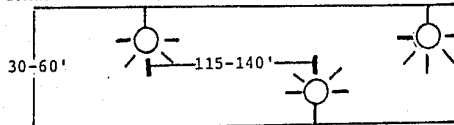
Lámps. 4000 l m

100 W vapor HG

35 W Vapor sodio

PARA TRAFICO (500-1200 veh/hora)

hm=30'



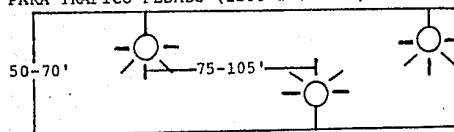
Lámps. 250w Hg

90 w vap, sodio B.p

10000lm.

PARA TRAFICO PESADO (1200-2400 veh/hora)

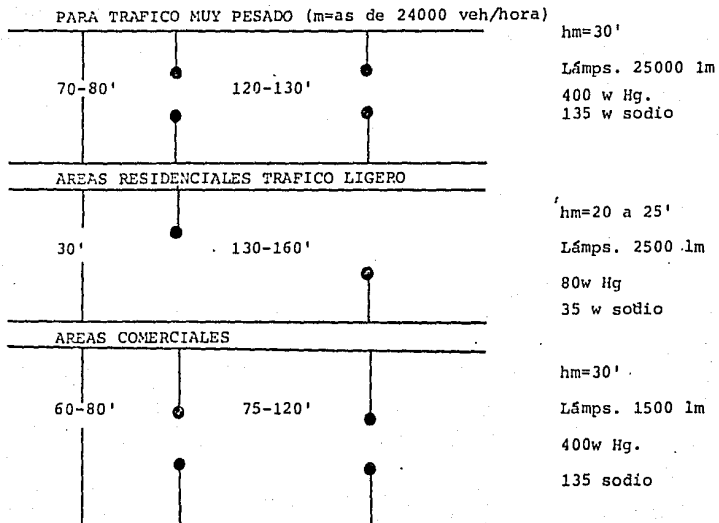
hm= 30'



Lamps. 10000 lm

250w Hg.

90 w Vap. sodio bp



C A P I T U L O V

EJEMPLO DE DISEÑO DE ILUMINACION

En este capítulo vamos a desarrollar varios ejemplos, donde se asumen condiciones típicas de instalaciones de varias clases. Si intentáramos abarcar en este capítulo todos los tipos de iluminación, las posibilidades serían infinitas. Por lo tanto, se hace énfasis en los principios básicos y procedimientos generales para hacer los cálculos.

EJEMPLO No. 1

Proyectar la iluminación de un salón de clases con las características siguientes: $L=12.75$; $W=5.75m$, $H=4.4m$, $h_m=3.5m$, muros: Crema medio con frisos verde oscuro; ventanales en dos paredes- Cielo color crema medio.

SOLUCION:

- 1.- Nivel de iluminación $30Fc = 300$ lux
- 2.- Selección del equipo de alumbrado: Incandescente, directo, unidad embutida con lente prismático, (ver tablas anexas) . Fig. No. 24
- 3.- Índice de cuarto:

$$IC = \frac{0.6 \text{ WL}}{h_m} = \frac{0.6 \cdot 5.75 \times 12.75}{3.50} = 1.46 \text{ F}$$

- 4.- Reflectancias:

Muros: Crema medio 63%
 Verde oscuro 7 %
 Ventanales (2) 3%
 Promedio de muros 35%

Reflectancia promedio en 4 paredes:

$$\frac{(12.74+5.75)35 + (12.75+5.75)3}{37} = 19\%$$

37

Para el equipo seleccionado, los factores de reflexión en muros son 50%, 30% y 10%. Como nuestra reflectancia es de 19% podemos interpolar los factores de utilización de 30 y 10% o bien, escoger el factor de reflexión más cercano al dato calculado. En este caso seleccionaremos un factor de reflexión en muros, del 10%. Para el techo existen también tres factores de reflexión, que son de 80, 70 y 50%. Como el equipo que seleccionaremos es de alumbrado directo con pantalla reflectora, debemos tomar el factor de reflexión máximo, que en este caso es de 80%. Por ser alumbrado directo, no influye el color del techo.

5.- Factor de utilización:

En la figura de la tabla con el índice de cuarto F; factor de reflexión en muros de 10% y de 80% en techos, encontramos el factor de utilización, que en este caso es de :

$$F.U. = 0.46$$

6.- Factor de mantenimiento:

Para este equipo de alumbrado, se consideran tres rangos de factor de mantenimiento: Bueno; 0.70; medio = 0.60; pobre

0.50- Nosotros consideraremos un factor de mantenimiento medio.

$$F.M. = 0.60$$

7.- Flujo luminoso

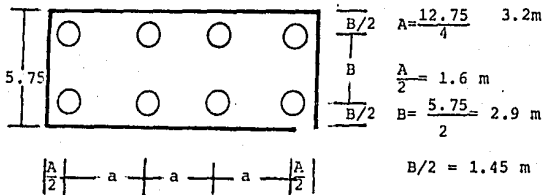
$$\text{Lúmenes} = \frac{300 \times 5.75 \times 12.75}{0.46 \times 0.60} = 79500 \text{ lm.}$$

8.- Número de lámparas

$$\text{De } 300 \text{ w} = \frac{79500}{5900} = 13 \text{ a } 14 \text{ lámparas}$$

$$\text{De } 500 \text{ w} = \frac{79500}{9850} = 8 \text{ a } 9 \text{ lámparas}$$

9.- Espaciamiento máximo



PROBLEMA 2

Solución al mismo problema, utilizando lámparas fluorescentes.

1.- Nivel de iluminación = 300 luxes.

- 2.- Lámparas fluorescentes en unidad tipo directo de embutir, (troffer) con vidrio difusor y 2 lámparas de 40W cada una.

Fig. No. 11

3.- I.C. = F

4.- Factores de reflexión: Muros 10% techo 80%

5.- F.u. = 0.37

6.- F.M. = 0.60

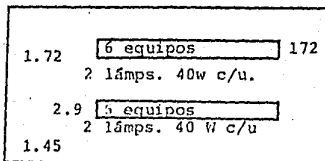
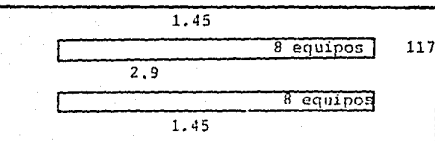
7.- Lúmenes = $\frac{300 \times 5.75 \times 12.75}{0.37 \times 0.60} = 99071 \text{ lm!}$

- 8.- No. de unidades; fluorescentes; blanco cálido; precalentamiento; 40 w.

No. Lámpas. $\frac{99071}{3200} = 30$ a 31 lámparas

- 9.- No. de equipos 15 a 16.

- 10.-Espaciamiento máximo $1.2 \times 3.5 = 4.2 \text{ m}$



Long. Lamp. 1.12 con acceso 1.20 m.

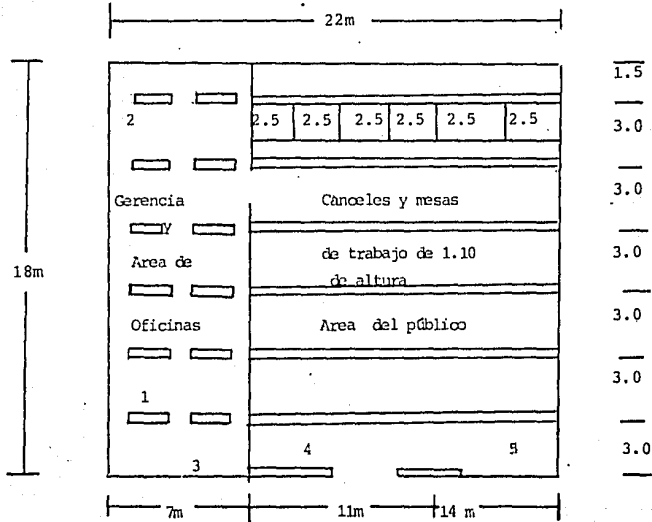
$1.30 \times 8 = 10.4\text{m}; 12.75 - 10.40 = 2.35$

$\frac{2.35}{2} = 1.17\text{m}$

5 equipos
5 equipos
5 equipos

PROBLEMA No. 3

Se tiene una sucursal bancaria con las dimensiones y distribución dada a continuación. Determinar el flujo luminoso, el número y tipo de luminarias y la distribución de éstas, para obtener los niveles de iluminación recomendados por el manual.



- Muros 1 y 2. Acabado con madera de encino 34%
 3, 5, y 6 Pintura crema medio 63%
 4 Ventanales muro a techo 3%

H= 3.40 m

Suponer que no existen columnas intermedias

1.- Nivel de iluminación

General 500 luxes

Zonas de trabajo: 700 luxes,

Cajas, registros, claves 1500 luxes.

2.- Selección equipo alumbrado.

Lámpara fluorescente empotrada, ver figura de tablas No. 12

3.- Índice de cuarto

$$IC = \frac{0.6 \cdot 22 \cdot 18}{3.40} = 3.51 \quad B$$

4.- Reflectancias

25 m madera de encino 34%

44 m pintura crema medio 63%

11 m de vidrio 3%

$$\text{Promedio } \frac{25 \times 34 + 44 \times 63 + 11 \times 3}{80} = \frac{850 + 2772 + 33}{80} = 45.7\%$$

5.- Factor de utilización 0.50

6.- Factor de mantenimiento: Medio 0.60

7.- Flujo luminoso

Area general 15 X 18 m.

$$\text{Lúmenes} = \frac{E \cdot A}{FU \cdot FM} = \frac{500 \times 15 \times 18}{0.5 \times 0.6} = \frac{135000}{0.3} = 45.700 \text{ l m}$$

8.- Número de lámparas slimline 75w = 6100Lm.

$$\text{No. } \frac{450000}{6100} = 74 \text{ lámparas}$$

9.- No. de equipos alumbrado $\frac{74}{2}$ 37 equipos con dos lámparas
c/u.

10.-Espaciamiento máximo: 1.0 X hm = 1X3.40 = 3.40 m.

Seleccionando el equipo No.

NIVEL DE ILUMINACION FALTANTE EN CAJAS REGISTRADORAS

$$\text{Area} = 15 \times 1 = 15\text{m}^2$$

$$\text{Lúmenes} = \frac{1000 \times 15}{\text{FU} \times \text{FM}} =$$

$$\text{FU} = 0.5$$

$$\text{FM} = 0.6$$

$$L = \frac{1000 \times 15 \times 1}{0.66 \times 0.75} = 30303.03 \text{ lúmenes}$$

Usando lámparas slimline de 75w.

$$\text{No' de lámparas } \frac{30303}{6100} \times 4.96 = 5$$

Se instalará una lámpara más, en cada uno de los equipos que se encuentran directamente sobre las cajas. O sea, se tendrán 8 equipos con tres lámparas cada uno y 29 con dos lámparas.

ZONA DE TRABAJO

1.- Nivel de iluminación 700 lux.

2.- Selección del equipo de alumbrado:

Lámpara fluorescente empotrada fig. No. 12

3.- Índice de cuarto 13

4.- Reflectancias 45,7%

5.- FU = 0.50

6.- FM = 0.60

7.- Flujo luminoso

$$\text{Lúmenes} \frac{700 \times 7 \times 18}{0.5 \times 0.6} = 294000 \text{ l m}$$

8.- No. de lámparas slim line 110 w.

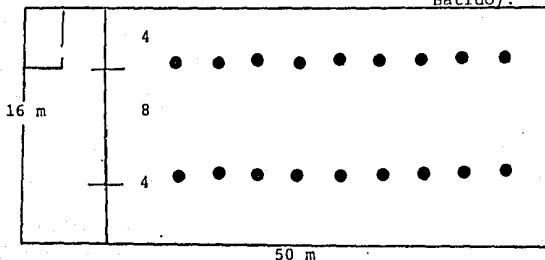
$$\frac{294000}{8900} = 33$$

9.- No. de equipos con tres lámparas cada uno.

$$33/3 = 11 \text{ se instalarán } 12$$

PROBLEMA

Iluminación para un taller de fundición (Templado y Batido).



Muros verde medio

Techo: Estructural con láminas de aluminio

H Techo = 8.0 m

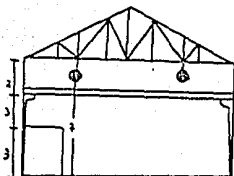
H grúa = 7.0 m

Oficina

2 muros verde medio

2 cancelos vidrio

cielo crema claro.



Taller: Alumbrado incandescente:

1.- Nivel de iluminación 300 Lux

2.- Equip. de alumbrado directo; reflector de aluminio para montaje alto, distribución media. Figura No. 32

3.- Índice de cuarto

$$IC = \frac{0.6 \cdot 50 \cdot X \cdot 16}{7} = 2.4 \quad "D"$$

4.- Factores de reflexión

Muros 40%

Techo 80 %

5.- Factor de utilización

FU = 0.68

6.- Factor de Mantenimiento FM=0.75

7.- Flujo luminoso

$$f = \frac{300 \cdot X \cdot 50 \cdot X \cdot 16}{0.68 \cdot X \cdot 0.75} = 470588.23 \text{ lúmenes}$$

8.- Número de lámparas

$$\text{De } 500 \text{ w; } \frac{470588}{9850} = 47 \text{ a } 48$$

$$\text{De } 750 \text{ w; } \frac{470588}{15500} = 30 \text{ a } 31$$

Para lámparas de 1000 y 1500w, el factor de mantenimiento cambia de 0.75 a 0.70, tenemos entonces que:

$$F = \frac{300 \cdot X \cdot 50 \cdot X \cdot 16}{0.698 \cdot X \cdot 0.70} = 504200$$

$$\text{Para lámparas de } 1000\text{w} = \frac{504200}{21600} = 23 \text{ a } 24$$

$$\text{De } 1500\text{w} = \frac{504200}{33500} = 15 \text{ a } 16$$

9.- Espaciamiento máximo:

$$1.7 \times 7.0 = 11.9 \text{ m}$$

Solución del mismo problema con alumbrado fluorescente.

2.- Equipo de alumbrado directo con 3 lámparas, de 75 w --
slímline; blanco cálido. Fig. No. 20.

3.- Factor de utilización

$$FU = 0.66$$

4.- Factor de mantenimiento

$$FM = 0.60$$

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{300 \times 50 \times 16}{0.66 \times 0.60} = 6060001 \text{ m}$$

No. de lámparas $606000/6100 = 99$ a 100 lámp.

No. de equipos $99/3 = 33$ a 34

Espaciamiento máximo: $1.3 \times 7.0 = 9.1 \text{ m}$

Solución con lámparas de vapor de mercurio.

2.- Equipo de alumbrado: Directo, con reflector de aluminio y lámpara R-57 de 400w Fig. No. 32

Factor de utilización 0.63

Factor de mantenimiento 0.68

$$\text{Flujo luminoso} = \frac{300 \times 50 \times 16}{0.63 \times 0.68} = 560700 \text{ lm}$$

Número de lámparas

$$\frac{560700}{21000} = 26 \text{ a } 27 \text{ lámparas}$$

Espaciamiento máximo $1.5 \times 7.0 = 10.5 \text{ m}$

En virtud de que las tres opciones anteriores resuelven el problema dado, es conveniente desarrollar un pequeño análisis económico para determinar la mejor solución.

Opción L 24. Lámparas incandescentes de 1000 w c/u.

Carga eléctrica 24 Kw

Consumo mensual suponiendo 10 horas de utilización y 22 días /mes.

$KWH = 24 \times 10 \times 22 = 5280$

Costo de energía suponiendo \$ 54/kwh= 285120 =mes= \$3'421,440/año.

Inversión inicial 24 lámparas a 6000 c/u 144000

24 equipos a 15100 c/u 362400

TOTAL: 506400

Duración de las lámparas: 1000 Hrs= 4.5 meses = 0.375 año.

OPCION 2.

99 lámparas fluorescentes de 75w c/u

carga eléctrica $99 \times 75 \times 1.25 = 9.28 \text{ Kw}$.

consumo de energía $2042 \times 54 = \$110268/\text{mes}=1'323216 \text{ año}$

Inversión inicial:

99 lámparas a 3000 c/u	297000
33 equipos a 20000 c/u	660000
33 reactores dobles a 6000	198000
33 reactores sencillos a 4000	132000
TOTAL:	1"2870000

Duración 12000 horas = 54.5 meses = 4.5 años

OPCION 3

24 lámparas vapor de mercurio de 400 watts

Carga eléctrica 26 X 425 = 11.05 Kw.

Incluye 25 watts de pérdidas en el reactor.

Consumo de energía \$ 131274 mes = \$ 1"575288 año

Inversión inicial

26 reflectores a \$ 15000 c/u	392600
26 lámparas vapor hg. a 15000 c/u	390000
25 reactores a 13000 c/u	338000
TOTAL	1"120600

Duración: 24000 horas = 109 meses = 9.1 años

	A	B	C
1.- No. de lámparas	24-1000w	99-75	26-400
2.- Carga eléctrica en KW	24	9.28	11.1
3.- Consumo anual en KWH	63360	24504	29304
4.- Inversión inicial	506400	1287000	1120600
5.- Duración lámpas. años	0.375	4.5	9.1
6.- No. de reposiciones con rel. a las más duraderas	24.2	2.02	----
7.- Inversión corregida	3991200	1886940	1120600
8.- Intereses sobre 40%	1596480	754776	448240
9.- Costo de energía eléctrica	<u>3421440</u>	<u>1323216</u>	<u>1575288</u>
suma ,8 +,9	5017920	2077992	2023528

A Opción número 1

B Opción número 2

C Opción número 3

Una forma más correcta de determinar la solución más económica, es mediante la aplicación del método de las vestancias, - siendo ésta, la técnica para encontrar la solución más favorable, de las diferentes opciones existentes. La opción que arroje la menor vestancia, será la más adecuada desde el punto de - vista económico. Para el efecto, se aplica la siguiente fórmula:

$$V = V_d + v_a$$

$$V_d = \text{vestancia de depreciación} = \frac{C(1+R)^n}{(1+R)^n - 1}$$

C = Inversión inicial

R = Tasa de interés del capital

n = Número de años de vida del equipo

Va = Vestancia de operación = a/R

a = Gastos de operación

R = Tasa de interés

CALCULOS DE ILUMINACION CON TABLAS DE FOOT-CANDLE X PIES

Se utilizan tablas precalculadas que aparecen en el capítulo anterior. Para el efecto, se sigue el siguiente procedimiento:

- 1.- Se obtiene el área del local en pies²
- 2.- Si el área se multiplica por 10^n , la constante correspondiente se divide entre 10^n
- 3.- Se determina el coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento, de acuerdo con el equipo de iluminación seleccionado.
- 4.- Se multiplica la constante obtenida por la potencia luminosa de la lámpara y se divide entre mil.
- 5.- Se divide la intensidad de iluminación seleccionada en foot-candles, entre el resultado anterior y la cifra obtenida es el número de lámparas requerido.

COMPROBACION CON ESTE METODO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Para lámparas incandescentes de 100w: FU=0.68; FM=0.70

$$F=21600 \text{ im}; A=50 \times 16 = 800 \text{ m}^2 = 8000 \text{ pies}^2.$$

Se entra a la tabla en la columna de 80 pies², lo que significa que debe multiplicarse por 100 (10²), para obtener el área real de 8000 pies². Por lo tanto la constante se dividirá entre 100. La constante para el área, FU y FM dados, es -- 5.95. Dividiéndose entre 100, se obtiene 0.0595.

$$\frac{0.0595 \times 21600}{1000} = 1.28$$

Para E = 300 luxes = 30 FC se tiene:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{30}{1.28} = 23 \text{ a } 24$$

Para lámparas fluorescentes de 75 w: FU 0.66; F=6100

$$K = \frac{4.95}{10^2} = 0.0495 ; \frac{0.0495 \times 61}{1000} = 0.302$$

$$\text{No. de lámp.} = \frac{30}{0.302} = 99 \text{ a } 100$$

Para lámpara de vapor de mercurio 400w; fu= 0.63; fm=0.68;
f=21000im

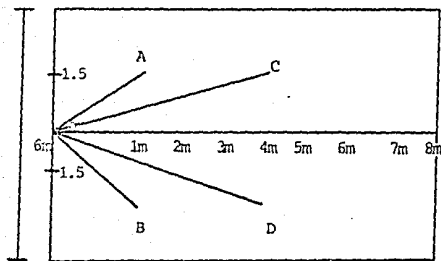
Para obtener la constante exacta, se requiere extrapolar datos de las tablas.

Extrapolando, se obtiene para FU = 0.63

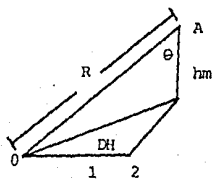
$$K = 0.0535; \frac{0.0535 \times 21000}{1000} = 1.12$$

$$\text{No. de lámp.} = \frac{30}{1.12} = 26 \text{ a } 27$$

PROBLEMA: Determinar la variación de la intensidad de iluminación a lo largo del eje longitudinal central del salón, indicado, tomando estaciones en cada metro.



$$E_o = \frac{I\theta}{R^2} \cos \theta$$



$$hm = 3.0 \text{ m} \cong 10'$$

CURVA DE DISTRIBUCION FOTOMETRICA

<u>ANGULO</u>	<u>POTENCIA LUMINOSA BUJIAS</u>
0	1023
5	1027
15	1000
25	950
35	860
45	770
55	710
65	675
75	650
85	640
90	630

$$E_o = \frac{I\theta}{R^2} \cos \theta$$

Para hallar la potencia luminosa para el ángulo dado por las tablas, se hace una interpolación entre los valores correspondientes de la distribución fotométrica dada.

Para 39'' se toma para 35'' -860 bujfas
 para 45'' -770 bujfas
 90 bujfas

corresponden 9 bujfas para cada grado; entonces para 39°, la potencia luminosa es $860 - (4 \times 9) = 824$ bujfas.

La distancia horizontal y el ángulo de la luminaria A, a la estación o, son:

$$D_{hao} = \sqrt{1.5^2 + 2^2} = 2.5$$

$$\operatorname{tge} = \frac{D_{hao}}{H_m} = \frac{2.5}{3.0} = 0.83 \quad e = 39^\circ$$

De la luminaria D, al punto o la distancia horizontal y el ángulo son:

$$D_{hdo} = \sqrt{1.5^2 + 6^2} = 6.18 \text{ m}$$

$$\operatorname{tge} = \frac{6.18}{3.0} = 2.06 \quad e = 64^\circ$$

INTERPOLANDO LA POTENCIA LUMINOSA PARA LOS ANGULOS OBTENIDOS Y UTILIZANDO LAS TABLAS DEL MANUAL, SE OBTIENEN LOS SIGUIENTES RE SULTADOS:

P U N T O .	8'	6'	5'	6'	8'	11'	14'	17'	21'
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Dist. Horizontal	2.5	1.8	1.5	1.8	2.5	3.4	4.3	5.2	6.2
Angulo	39	31	27	31	39	48	54	60	64
Pot. luminosa	824	896	932	896	824	752	716	693	671
Factor tablas	4.76	6.31	7.16	6.31	4.76	3.05	1.96	1.26	0.83
Luxes E ₀ A	39	57	67	57	39	23	14	9	6
Luxes E ₀ B	39	57	67	57	39	23	14	9	6
Luxes E ₀ C	6	9	14	23	39				
Luxes totales	90	132	162	156	160	156	162	132	90

$$\text{Luxes} = \text{pot lum} \times \text{factor} / 100$$

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

- 1.- MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE
- 2.- FUNDAMENTOS DE LAMPARAS E ILUMINACION
Editado por SYLVANA
- 3.- MANUAL ELECTRICO
Editado por PHELPS DODGE
- 4.- SISTEMAS DE ILUMINACION
Editado por LUMISISTEMAS COND. MONTERREY
- 5.- FOOTCANDLE LEVELS AND INTERIOR LIGHTING DESIGN
Editado por WESTINGHOUSE