

ADRIAN JAVIER LEON
UB4996SEE10924

LIGHTING

ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY
HONOLULU , HAWAI
WINTER 2007

INDICE

- PROPOSITO DEL TEMA -	3
-------------------------------------	---

1-FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS DE LUMINOTECNIA

1-1- Introducción a la luminotecnia.....	3
1-1- La luz.....	4
1-2- Magnitudes fotométricas	5
1-3- Fuentes luminosas	9

2-LAMPARAS ELECTRICAS

2-1- Historia de la evolución de las lámparas	10
2-2- Lámparas de incandescencia.....	13
2-3- Lámparas de descarga.....	20
2-4- Lámparas de led.....	33
2-5- Tablas comparativas.....	35

3-ILUMINACION DE INTERIORES

3-1- Luminarias.....	37
3-2- Tipos de iluminación.....	39
3-3- Consideraciones en el diseño sobre iluminación.....	41
3-4- Niveles de iluminación mínimos recomendados.....	45
3-5- Métodos de cálculos para iluminación de interiores	48

4-ILUMINACION DE EXTERIORES

4-1- Introducción a la iluminación de exteriores	60
4-2- Alumbrado de túneles.....	60
4-3- Alumbrado de calles.....	63
4-4- Cálculos para iluminación externa.....	68
4-5- Tipos de diagramas y graficas.....	73

5-CUESTIONARIO	86
-----------------------------	----

6-CONCLUSION	89
---------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	90
---------------------------	----

PROPOSITO DEL TEMA

Esta actividad se dirige a los puestos que se orientan al diseño luminotécnico, a la coordinación y ejecución de equipos eléctricos (luminarias), con el propósito de crear las condiciones de iluminación más favorables para el desarrollo de una determinada obra (iluminación residencial, comercial, industrial, exteriores)

Se caracteriza esta actividad por el conocimiento de los diferentes equipos eléctricos (luminarias), conceptos, fundamentos y cálculos luminotécnicos, que favorecen las condiciones de luminosidad e intensidad que se utilizan para desarrollar una actividad específica, creando ambientes de iluminación adecuados de acuerdo a la actividad a realizar en dicho lugar, teniendo en cuenta también todos los factores importantes para establecer dichas condiciones que se acerquen a lo más ideal posible como ser trabajo a realizar; condiciones físicas, ambientales y estructurales del lugar, seguridad, emergencia, estética, etc.

1- FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS DE LUMINOTECNIA

1-1- INTRODUCCION A LA LUMINOTECNIA

La luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación, es decir, es el arte de la iluminación con luz artificial para fines específicos.

La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de afectar el órgano visual. Se denomina radiación a la transmisión de energía a través del espacio. La luz se compone de partículas energizadas denominadas fotones, cuyo grado de energía y frecuencia determina la longitud de onda y el color. Según estudios científicos, la luz sería una corriente de paquetes fotónicos que se mueven en el campo en forma ondulatoria por un lado y en forma corpuscular por otro.

Gracias a la luz captamos las impresiones de claridad, relieve, forma, color y movimientos de los objetos que forman nuestro mundo exterior.

Hay dos tipos de objetos visibles: aquellos que por sí mismos emiten luz y los que la reflejan. El color de estos depende del espectro de la luz que incide y de la absorción del objeto, la cual determina qué ondas son reflejadas. La luz blanca se produce cuando todas las longitudes de onda del espectro visible están presentes en proporciones e intensidades iguales. Esto se verifica en un disco que gira velozmente y que contiene todos los colores distribuidos uniformemente.

El ojo humano es sensible a este pequeño rango del espectro radioeléctrico. Las ondas que tienen menor frecuencia que la luz (por ejemplo la radio), tienen mayor longitud de onda, y rodean los objetos sin interactuar con ellos. Esto permite tener cobertura en el teléfono móvil aún dentro de una casa. Las ondas de mayor frecuencia que la luz tienen

una longitud de onda tan pequeña que atraviesan la materia, por ejemplo los rayos X atraviesan algunos materiales como la carne, aunque no los huesos. Es sólo en la franja del espectro que va desde el violeta hasta el rojo donde las ondas electromagnéticas interaccionan (se reflejan o absorben) con la materia y permiten ver los objetos, sus formas, su posición, etc. Dentro de esta franja del espectro se puede determinar qué frecuencia o conjunto de frecuencias refleja o emite cada objeto, es decir, el color que tiene.

Por otra parte, la iluminación es la más antigua y más difusa de las aplicaciones de la electricidad. Actualmente, parece difícil concebir la vida sin la luz eléctrica.

La luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura o higiénica de los otros tipos de luz artificial; sin embargo, requiere de una correcta utilización en forma eficiente y económica, y tomando en consideración que las fuentes primarias de producción de la energía eléctrica que alimentan a las instalaciones y sistemas de alumbrado, estén constituidas por alimentación de energéticos primarios, como el petróleo, que constituyen fuentes no renovables.

El problema del alumbrado o de iluminación interior a exterior, es obtener una buena iluminación con un menor consumo de energía eléctrica.

La iluminación artificial tiene como objeto reemplazar a la natural cuando esta falta o es escasa. La iluminación artificial debe parecerse lo más posible a la iluminación natural.

Por lo general, la persona que se encarga del proyecto y la ejecución de una instalación eléctrica, no la relaciona con el problema de la iluminación, ya sea de casas, habitación, oficinas o instalaciones industriales, considerando para esto, eficiencia luminosa, estética y economía; esto hace necesario el conocimiento de algunos conceptos de iluminación y su relación directa con las instalaciones eléctricas en el concepto clásico de las mismas.

El conocimiento de las características de las distintas fuentes luminosas de los aparatos o equipos de iluminación, de los métodos de cálculo y algunos otros aspectos de la iluminación, es importante para las personas relacionadas con las instalaciones eléctricas.

1-2- LA LUZ

La luz es la sensación producida en el ojo humano por las ondas electromagnéticas. Se trata de campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones.

Al igual que todos los movimientos ondulatorios, las ondas electromagnéticas se caracterizan por la longitud de onda y por la frecuencia

La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es de unos 300 000 kilómetros por segundo.

La longitud de onda de las ondas electromagnéticas visibles suele medirse en milímetros (1 nm una milmillonésima de metro).

El campo (espectro) de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 380 a 780 nm. Las ondas más largas corresponden al extremo visible rojo (colindante con el campo de las radiaciones infrarrojas, las cuales no son ya visibles y tienen propiedades caloríficas), las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta (colindante con el campo de las radiaciones ultravioleta, que no son visibles pero que favorecen a las reacciones fotoquímicas). Ondas electromagnéticas visibles de distinta

longitud de onda dan un percepción (visibilidad) distinta de los objetos y de su color .En realidad el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo no absorbe, o sea, que refleja .

La sensibilidad del ojo humano es máxima para el color verde—amarillo (550 nm) y cae rápidamente tanto del lado del ultravioleta como del infrarrojo.

Se dice de una luz que es monocromática si está constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda, que revelan un solo color (por ejemplo, las lámparas de vapor de sodio de baja presión).

La luz solar o la de una lámpara de incandescencia, en cambio, es de espectro continuo (luz blanca) porque comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles. Un rayo de luz blanca, al atravesar un prisma de cristal, se descompone en los colores fundamentales. La sucesión de los colores del espectro visible es la misma que la del arco iris.

La frecuencia y la longitud de onda se relacionan según la siguiente expresión matemática:

$$\text{longitud de onda} = C \times T = C \div f$$

Donde es la longitud de onda, C es la velocidad de la luz en el vacío , T el periodo y "f" la frecuencia. La frecuencia es el número de vibraciones por unidad de tiempo y su unidad es por tanto el ciclo por segundo o el Hz (Hertzio) .La longitud de onda es una distancia y por lo tanto su unidad de medida es el metro. Como la luz es una radiación electromagnética que tiene unas longitudes de onda muy pequeñas se usan submúltiplos del metro, como son el Angstrom (Å) que es la diezmilmillonésima de metro y el Namómetro (nm) que es la milmillonésima de metro.

1-3- MAGNITUDES FOTOMETRICAS

Flujo luminoso : El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa (puede ser una lámpara) en la unidad de tiempo (segundo).

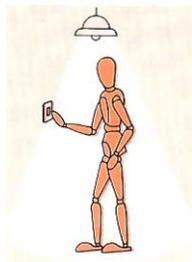
La unidad de medida del flujo luminoso es el "Lumen" (abreviatura lm).

Flujo de luz , independiente de la dirección .Por lo general ,se usa para :

-Expresar la producción total de luz de una fuente.

-Expresar la cantidad incidente en una superficie.

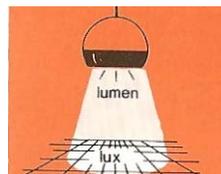
Si se considera que la fuente de iluminación es una lámpara , una parte del flujo la absorbe el mismo aparato de iluminación , también se debe hacer notar que el flujo luminoso no se distribuye en forma uniforme en todas direcciones y que disminuye si sobre la lámpara se depositan polvo y otras substancias.



El símbolo es la letra griega : o (se lee FI).

Iluminación o iluminancia: Se define como el flujo luminoso por unidad de superficie , se designa con el símbolo E y se mide en Lux .

$$\text{LUX} = \frac{\text{LUMEN}}{\text{m}^2}$$



$$E = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Unidad de superficie}}$$

.Cuando la unidad de flujo es el lumen y el área esta expresado en pies cuadrados, la unidad de iluminación es el Footcandle (fc). Cuando el área esta expresada en metros cuadrados, la unidad de iluminación es el lux (Lx).

Se da a continuación algunos valores típicos:

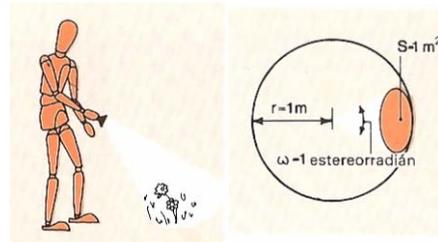
- Una noche sin luz ----- 0,01 Lux
- Una noche con luna llena -----0,2 Lux
- Una noche con alumbrado publico en las calles----5 – 20 Lux
- Una oficina con buena iluminación -----500 Lux
- Un aparador bien iluminado -----3000 Lux
- Un día claro con cielo nebuloso -----20000 Lux
- Un día de verano a pleno sol -----100000 Lux

Intensidad luminosa : Es la cantidad fotométrica de referencia. Parte del flujo emitido

por una fuente luminosa ,en una dirección dada , por el ángulo sólido que lo contiene .
La unidad relativa de medición es la candela (cd) .

Con referencia a la candela , el lumen se define como el flujo luminoso emitido en el interior de un ángulo sólido de 1 estereadianes (28,6 grados sólidos) , por una fuente puntiforme igual a 1 candela . Para aclarar esta definición , se puede agregar que una fuente luminosa que emite 1 candela en todas las direcciones (360 grados sólidos) proporciona un flujo luminoso de $4 \times 3,14 = 12,56$ lumen .

$$I = \frac{\text{Energía de la luz}}{\text{Angulo sólido}}$$

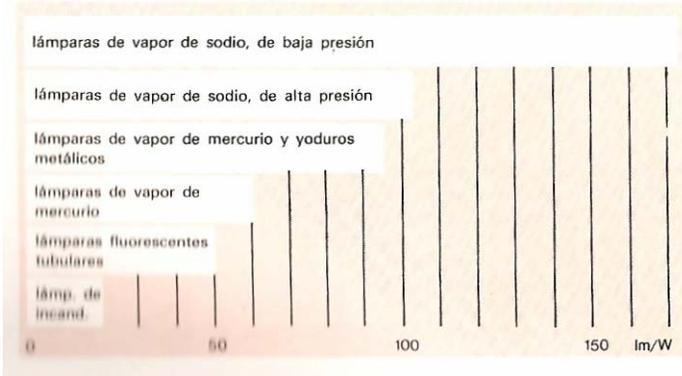


Se da a continuación algunos valores :

- Lámpara para bicicleta (sin reflector) ----- 1 cd
- La misma lámpara para bicicleta , pero con reflector-----250 cd
- Lámpara de incandescencia de 100 w -----110 cd
- Lámpara fluorescente de 40 w-----320 cd

Eficiencia luminosa : se define como eficiencia de una fuente luminosa a la relación entre el flujo expresado en lumen , emitido por una fuente luminosa y la potencia absorbida por una lámpara . Se expresa en Lumen/ Watt .

Ordenes de magnitud de la eficiencia luminosa de algunas fuentes de luz (con exclusión de eventuales reactivancias).



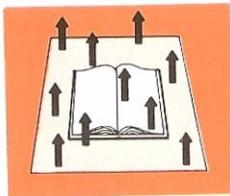
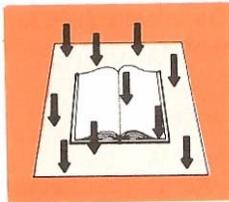
Luminancia : Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz).

En otros términos , expresa el efecto de la luminosidad que una superficie produce sobre el ojo humano , ya sea fuente primaria (lámpara) o secundaria (por ejemplo , el plano de una mesa que refleja luz) , se usa la letra L para su designación y se mide en :

candela

2

m



Algunos valores de iluminación de fuentes luminosas típicas son :

\

	cd ----- 2 cm
Lámpara fluorescente -----	0,5 - 4
Lámpara incandescente -----	200 – 100
Lámpara de arco -----	hasta 50000
El sol -----	150000

La superficie emisora considerada en el calculo de la luminancia, corresponde al área aparente de la fuerza luminosa vista por un observador .

1-4- FUENTES LUMINOSAS

La importancia de una optima iluminación es imprescindible porque permite un mejor desarrollo de todas las actividades y las hace menos cansadas.

La fuente ideal de iluminación (que no existe) debería ser libre , proporcionar la cantidad deseada de luz según se requiera , y tener alta calidad como ser color , luminosidad , brillantez , contraste .

Las fuentes luminosas eléctricas se pueden clasificar en dos grandes categorías :

-Irradiación por efecto térmico.

-Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor.

Dentro del primer grupo se encuentran las lámparas de incandescencia, y en el segundo grupo tenemos las lámparas fluorescentes , las lámparas de vapor de mercurio , de sodio , de neon , etc.

Para la selección del tipo de lámparas a emplear , es necesario tener en cuenta las siguiente características:

-Potencia nominal : condiciona el flujo luminoso y el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico (sección del conductor , dispositivos de protección , etc.).

-Eficiencia luminosa y decaimiento del flujo lumínico: durante el funcionamiento , duración de vida media y costo de la lámpara , estos factores condicionan la economía de operación de la instalación.

-**Gama cromática:** condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a las observaciones a la luz natural .

-**Temperatura de los colores :** condiciona la tonalidad de la luz . Se dice que una lámpara proporciona una luz caliente o fría , si prevalecen las radiaciones luminosas de colores rosa o azul .

-**Dimensiones :** Las características de la construcción y sus dimensiones condicionan al tipo y características de los aparatos de iluminación (direccionalidad del haz ,costo , etc).

2- LAMPARAS ELECTRICAS

2-1 HISTORIA DE LA EVOLUCION DE LAS LAMPARAS

Podríamos decir que las primeras formas de lámpara eran palos ardientes o recipientes llenos de brasas. Luego se utilizaron para alumbrar antorchas de larga duración, formadas por haces de ramas o astillas de madera resinosa, atados y empapados en sebo o aceite para mejorar sus cualidades de combustión. Se desconoce el origen exacto de la lámpara de aceite, la primera lámpara auténtica, pero ya se empleaba de forma generalizada en Grecia en el siglo IV a.C. Las primeras lámparas de este tipo eran recipientes abiertos fabricados con piedra, arcilla, hueso o concha, en los que se quemaba sebo o aceite. Más tarde pasaron a ser depósitos de sebo o aceite parcialmente cerrados, con un pequeño agujero en el que se colocaba una mecha de lino o algodón. El combustible ascendía por la mecha por acción capilar y ardía en el extremo de la misma. Este tipo de lamparilla también se denomina candil. Algunas lámparas grandes griegas y romanas tenían numerosas mechas para dar una luz más brillante. En la Europa septentrional la forma de lámpara más común era una vasija abierta de piedra llena de sebo, en la que se introducía una mecha. Los inuit (esquimales) aún emplean lámparas de ese tipo

En el siglo XVIII se produjo un gran avance en las lámparas cuando las mechas redondas fueron sustituidas por mechas planas, que proporcionaban una llama mayor. El químico suizo Aimé Argand inventó una lámpara que empleaba una mecha tubular encerrada entre dos cilindros metálicos, alimentada a petróleo. El cilindro interior se extendía hasta más abajo del depósito de combustible y proporcionaba un tiro interno. Argand también descubrió el principio del quinqué, en el que un tubo de vidrio mejora el tiro de la lámpara y hace que arda con más brillo y no produzca humo, además de proteger la llama del viento. El tiro cilíndrico interior se adaptó después para utilizarlo en lámparas de gas inventadas por Lebon..Después de que se introdujera el gas del alumbrado a principios del siglo XIX este combustible empezó a usarse para la iluminación de las ciudades. Se empleaban tres tipos de lámpara de gas: el quemador de tipo Argand, los quemadores de abanico, en los que el gas salía de una rendija o de un par

de agujeros en el extremo del quemador y ardía formando una llama plana, y la lámpara de gas incandescente, en la que la llama de gas calentaba una redcilla muy fina de óxido de torio (llamada camisa) hasta el rojo blanco. En los lugares a los que no llegaba el suministro de gas se seguían empleando quinqués de aceite. Hasta mediados del siglo XIX el principal combustible para esas lámparas era el aceite de ballena.

La historia de las lámparas eléctricas se podría decir que comenzó en 1650 cuando Otto von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica. Encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado rápidamente y frotado, se producía una emanación luminosa. En 1706, Francis Hawsbee inventó la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío. Después de rotarla a gran velocidad y frotarla, pudo reproducir el efecto observado por von Guericke.

William Robert Grove en 1840, encontró que cuando unas tiras de platino y otros metales se calentaban hasta volverse incandescentes, producían luz por un periodo de tiempo. En 1809, usó una batería de 2000 celdas a través de la cual pasó electricidad, para producir una llama de luz brillante, de forma arqueada. De este experimento nació el término "lámpara de arco".

La primera patente para una lámpara incandescente la obtuvo Frederick de Moleyns en 1841, Inglaterra. Aun cuando esta producía luz por el paso de electricidad entre sus filamentos, era de vida corta. Durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir lámparas eléctricas.

Finalmente, Thomas A. Edison produjo una lámpara incandescente con un filamento carbonizado que se podía comercializar. Aunque esta lámpara producía luz constante durante un periodo de dos días, continuó sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento más duradero. Su primer sistema de iluminación incandescente la exhibió en su laboratorio en 21 de diciembre de 1879.

Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia. Esta instalación con 115 lámparas fue operada sin problemas durante 15 años. En 1881, su primer proyecto comercial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se colocaron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyó la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra montó la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

Cuando la lámpara incandescente se introdujo como una luminaria pública, la gente expresaba temor de que pudiese ser dañina a la vista, particularmente durante su uso por largos periodos. En respuesta, el parlamento de Londres pasó legislación prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores. Uno de los primeros reflectores comerciales a base de cristal plateado fue desarrollado por el E. L. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago.

Hubieron numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado era un metal sumamente raro y caro. Su fabricación se interrumpió en 1907 cuando la aparición de la lámpara de tungsteno.

En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, la cual resultó más eficiente que otras lámparas incandescentes previas. La preocupación científica de convertir eficientemente la energía eléctrica en luz, pareció ser satisfecha con el descubrimiento del tungsteno para la fabricación de

filamentos. La lámpara con filamento de tungsteno representó un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes y rápidamente reemplazaron al uso de tántalo y carbón en la fabricación de filamentos metálicos.

La primera lámpara con filamento de tungsteno, que se introdujo a los Estados Unidos en 1907, era hecha con tungsteno prensado. William D. Coolidge, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno "drawn" mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas. En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se usó el nitrógeno puro para este uso, posteriormente otros gases tales como el argón se mezclaron con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia, que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron.

Durante los próximos años se crearon una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y otras funciones altamente especializadas. Retrocediendo nuevamente digamos que la historia de las lámparas eléctricas comenzó en 1650, y podríamos decir también que los primeros estudios de las lámparas de descarga eléctrica comenzaron con Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli en 1700 descubrieron que la luz puede ser producida por el agitar al mercurio. En 1850 Heinrich Geissler, un físico alemán, inventó el tubo Geissler, por medio del cual demostró la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. John T. Way, demostró el primer arco de mercurio en 1860.

Los tubos se usaron inicialmente solo para los experimentos. Utilizando los tubos Geissler, Daniel McFarlan Moore entre 1891 y 1904 introdujeron nitrógeno para producir una luz amarilla y bióxido de carbón para producir luz rosado-blanco, color que aproxima luz del día. Estas lámparas eran ideales para comparar colores. La primera instalación comercial con los tubos Moore, se hizo en un almacén de Newark, N.J., durante 1904. El tubo Moore era difícil de instalar, reparar, y mantener. Peter Moore Hewitt comercializó una lámpara de mercurio en 1901, con una eficiencia que dos o tres veces mayor que la de la lámpara incandescente. Su limitación principal era que su luz carecía totalmente de rojo. La introducción de otros gases fracasó en la producción de un mejor balance del color, hasta Hewitt ideó una pantalla fluorescente que convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en rojo, mejorando así el color de la luz. Peter Moore Hewitt colocó su primera instalación en las oficinas del New York Post en 1903. Debido a su luz uniforme y sin deslumbramiento, la lámpara fluorescente inmediatamente encontró aceptación en Norteamérica.

La investigación del uso de gases nobles para la iluminación era continua. En 1910 Georges Claude, Francia estudió lámparas de descarga con varios gases tales como el neón, argón, helio, criptón y xenón, resultando en las lámparas de neón. El uso de las lámparas de neón fue rápidamente aceptado para el diseño de anuncios, debido a su flexibilidad, luminosidad y sus brillantes colores. Pero debido a su baja eficiencia y sus colores particulares nunca encontró aplicación en la iluminación general.

En 1931, se desarrolló una lámpara de alta presión de sodio en Europa, 1931. A pesar de su alta eficiencia no resultó satisfactoria para el alumbrado de interiores debido al color amarillo de su luz. Su principal aplicación es el alumbrado público donde su color no se

considera crítico. A mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión aparecieron en las calles, carreteras, túneles y puentes de todo el mundo.

El fenómeno fluorescente se había conocido durante mucho tiempo, pero las primeras lámparas fluorescentes se desarrollaron en Francia y Alemania en la década de los 30. En 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos. Esta ofrecía una fuente de bajo consumo de electricidad con una gran variedad de colores. La luz de las lámparas fluorescentes se debe a la fluorescencia de ciertos químicos que se excitan por la presencia de energía ultravioleta.

La primera lámpara fluorescente era a base de un arco de mercurio de aproximadamente 15 watts dentro de un tubo de vidrio revestido con sales minerales fluorescentes (fosforescentes). La eficiencia y el color de la luz eran determinados por la presión de vapor y los químicos fosforescentes utilizados. Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938, y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en el campo de iluminación artificial. No fue hasta 1944 que las primeras instalaciones de alumbrado público con lámparas fluorescentes se hicieron.

A partir de la segunda guerra mundial se han desarrollado nuevas lámparas y numerosas tecnologías que además de mejorar la eficiencia de la lámpara, las ha hecho más adecuadas a las tareas del usuario y su aplicación. Entre los desarrollos a las lámparas fluorescentes, se incluyeron los balastos de alta frecuencia que eliminan el parpadeo de la luz, y la lámpara fluorescente compacta que ha logrado su aceptación en ambientes domésticos.

2-2 LAMPARAS DE INCANDESCENCIA

Su funcionamiento es el más simple de las lámparas eléctricas al circular corriente eléctrica sobre su filamento este levanta una alta temperatura hasta emitir radiaciones visibles para el ojo humano. Para que este filamento no se quemara se encierra en una pequeña ampolla de vidrio en la que se practica el vacío o se introduce un gas inerte como ser argón, criptón, azoe, etc. La incandescencia se puede obtener de dos maneras. La primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas). En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor.

Muchos se preguntan a que se refieren las especificaciones de la lámpara, grabadas en su casquillo e impresas en el estuche que las contiene.

Una gran mayoría entiende que estas especificaciones se refieren a la potencia lumínica que la lámpara es capaz de entregar, concepto totalmente equivocado.

En otros casos he visto que están más orientados y asimilan que las especificaciones se refieren a la potencia eléctrica consumida por el componente, esto es correcto, pero al tratar de aplicar la Ley de Ohm para verificar su teoría equivocan el procedimiento, miden la resistencia eléctrica del filamento con un óhmetro y plantean el siguiente

cálculo para establecer la intensidad de corriente que circulará por el filamento de la lámpara al ser alimentado por 12 volts:

$$I = V/R \text{ (fórmula de cálculo correcta) = Resultado Incorrecto}$$

El resultado resulta incorrecto debido a que es incorrecto el dato tomado de la resistencia de filamento.

Para fijar más claramente los conceptos tomaremos casos reales de mediciones efectuadas en distintos tipos de lámparas elegidas al azar.

Cómo primer concepto aclararemos que las especificaciones dadas por el fabricante en el estuche y el casquillo de la lámpara, se refieren pura y exclusivamente a la Tensión de Trabajo y a la Potencia Eléctrica consumida por la misma.

Para reforzar este concepto pondremos un ejemplo real.

En una lámpara figuran los siguientes datos:

$$12V/ 2W$$

Donde 12V = Tensión de trabajo expresada en voltios y 2W = Potencia eléctrica consumida expresada en Watios.

A aquellos que tratan de calcular la intensidad de corriente que circulará por una lámpara determinada les explicaremos que el procedimiento a seguir, aplicando la Ley de Ohm, es el siguiente:

$$\text{La potencia } W = V \times I$$

De la expresión anterior se deduce que:

$$I = W/V$$

Tomemos como ejemplo la lámpara de 12V/2W

$$I = 2/12 = 0,166 \text{ Amperios (intensidad de corriente de trabajo para 12 volts)}$$

Veamos ahora porque decíamos que el cálculo de la corriente circulante por el filamento de una lámpara es incorrecto utilizando como dato la resistencia de este medida con un óhmetro:

El filamento de una lámpara incandescente tiene un Coeficiente de Temperatura Positivo (PTC), es decir a medida que aumenta su temperatura aumenta su resistencia. La resistencia en frío del filamento de una lámpara incandescente es 10 o más veces menor que la resistencia que adopta a la temperatura de trabajo. Tomemos como ejemplo una lámpara de 12V/1W:

$$\text{Resistencia del filamento frío} = 14 \text{ ohm}$$

Si aplicamos la Ley de Ohm para calcular la corriente circulante en base a este dato tendríamos:

$$I = V/R \quad \text{luego} \quad I = 12 \text{ volts}/14 \text{ ohms} = 0,857 \text{ amperes}$$

La potencia consumida sería según este dato calculado:

Vemos que poco tiene que ver esta potencia así calculada con la potencia realmente consumida por la lámpara en operación normal.

En realidad la alta intensidad de corriente de 0,857 amperes, es la corriente inicial que circula por el filamento de la lámpara en el instante en que a este se le aplican los 12 volts de alimentación. A medida que el filamento se va calentando, su resistencia va aumentando y por lo tanto la intensidad de corriente decrece al mismo ritmo con que aumenta la resistencia.

Esto explica en parte porque en las lámparas se corta el filamento en el instante en que se encienden, por supuesto estamos descartando el caso de corte del filamento por vibraciones.

Decimos que explica en parte este fenómeno debido a que en lámparas nuevas de marcas reconocidas es muy difícil que se produzca un corte de filamento por la causa citada, pero en estas mismas lámparas o en otras de inferior calidad, a medida que transcurre el tiempo de uso, el filamento va sufriendo el efecto de sublimación. Este efecto produce pérdida de material del filamento sobre todo en los puntos de mayor temperatura (puntos de conexión del alambre que constituye el filamento con los alambres que conectan a este con el casquillo).

Al perder material por sublimación, el alambre del filamento se hace más y más fino, hasta que llega un momento que la sección del alambre no soporta la intensidad de corriente inicial y se corta.

Otro problema que se produce al recortarse la sección del filamento por efecto de la sublimación radica en el aumento de su resistencia.

Recuerde que la resistencia de un conductor esta dada por:

$$\text{Resistencia de conductor (expresada en Ohmios/metro)} = r \cdot l / s$$

Donde,

r = coeficiente de resistividad del material empleado en el conductor.

l = largo del conductor expresado en metros.

s = sección del conductor expresada en mm².

Al aumentar la resistencia del filamento la intensidad de corriente de trabajo que circula por él, disminuirá, al disminuir la intensidad de corriente, el calentamiento del filamento será menor y por lo tanto la energía lumínica radiada también disminuirá. En otras palabras la energía lumínica radiada por una lámpara nueva es mayor que la radiada por una lámpara igual pero con muchas horas de uso.

El material más utilizado para la fabricación de filamentos es el Tungsteno, la temperatura de operación de estos filamentos es de alrededor de 2700° C. Justamente este metal es el más utilizado por su alta temperatura de fusión = 3395° C.

La sublimación o también llamada evaporación del filamento de una lámpara es debida a que es imposible lograr el vacío total en la cápsula de vidrio que lo contiene. Los residuos gaseosos que quedan dentro de ampolla después de realizar el vacío son generalmente Hidrógeno; Vapor de Agua; Oxígeno; Nitrógeno; etc....

Aclaremos que las diferencias de resistencia de filamento que se producen de frío a caliente en las lámparas incandescentes, no se produce únicamente en las utilizadas en el vehículo, también diferencias similares se producen en lámparas utilizadas en iluminación, por ejemplo en el hogar.

Por ejemplo, si se mide la resistencia de filamento en frío de una lámpara para 220 volts/75 watts veremos que dicha medición da un valor de 47 ohms, por lo tanto si calculamos la intensidad corriente en base a ese valor de resistencia, obtendremos un valor de:

$$I = 220 \text{ volts} / 47 \text{ ohms} = 4,68 \text{ amperios}$$

si calculamos la potencia consumida para esa corriente obtendremos un valor de:

$$W = 220 \text{ volts} \times 4,68 \text{ amperios} = 1029 \text{ Watios}$$

no se debe pensar demasiado para entender que se está cometiendo un fallo, bastante grave, de cálculo.

Si se mide la intensidad de corriente que circula por el filamento de la lámpara cuando esta encendida se verá que la misma asciende a 0,338 amperes.

Calculamos la potencia consumida:

$$W = V \times I = 220 \text{ volts} \times 0,338 \text{ amperes} = 74,36 \text{ watts}$$

calculamos la resistencia del filamento a la temperatura de trabajo:

$$R = V / I = 220 \text{ volts} / 0,338 \text{ amperes} = 650,9 \text{ ohms}$$

Las lámparas incandescentes transforman energía (potencia) eléctrica en distintos tipos de energía (potencia) radiada, al ser llevado su filamento al punto de temperatura de incandescencia. No toda la potencia eléctrica consumida se transforma en potencia radiante o flujo radiante, parte de esa potencia se pierde por conducción y convección calórica y por absorción. La potencia radiante es energía electromagnética y solo una pequeña parte de ella entra dentro de las longitudes de onda correspondiente al espectro visible del espectro electromagnético. La zona del espectro electromagnético visible se denomina flujo luminoso .

El rendimiento lumínico de una lámpara es la relación entre la potencia Eléctrica consumida por esta y la Potencia Lumínica radiada:

$$R = \text{Potencia Lumínica} / \text{Potencia Eléctrica Consumida}$$

Este rendimiento se expresa en Lúmenes/Watios

Este parámetro de las lámparas no es brindado como dato normal por el fabricante. Puede aparecer en hojas técnicas de cada lámpara o familia de lámparas.



Lámpara de filamento de carbón



Lámpara de filamento de tungsteno estirado , en vacío



Lámpara de filamento de tungsteno en espiral , en atmósfera gaseosa

Lámpara de incandescencia halógena:

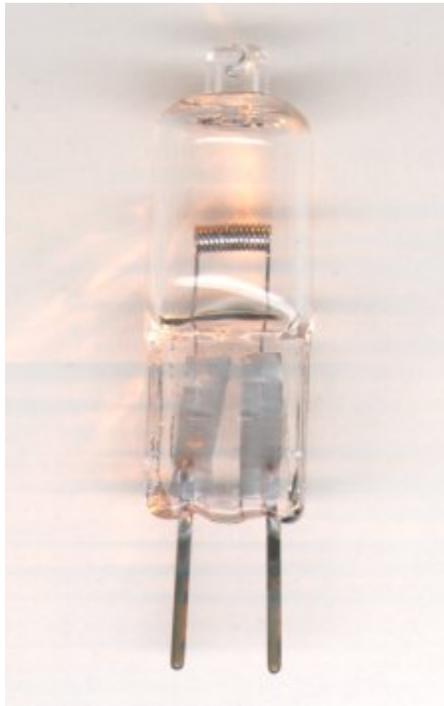
El principio de funcionamiento de una lámpara halógena es muy similar al de una lámpara incandescente común. En los dos tipos de lámpara la incandescencia que produce la luz visible se basa en la altísima temperatura de calentamiento que alcanza el filamento

En la lámpara de cuarzo, cuando el filamento alcanza la temperatura más alta que puede soportar y comienza el proceso de evaporación, los átomos de tungsteno se gasifican y se expanden buscando la superficie interior de la cápsula de cristal de cuarzo. Al llegar a la superficie del cristal, la temperatura del gas desciende a unos 800 °C (1 472 °F) aproximadamente.

Bajo esas circunstancias los átomos del tungsteno reaccionan espontáneamente con el gas halógeno y se transforma en otro gas conocido como halogenuro de tungsteno.

Inmediatamente el nuevo gas que se ha formado tiende a retornar hacia el centro de la lámpara donde se encuentra situado el filamento deteriorado.

Debido a que el halogenuro de tungsteno es un gas inestable, cuando sus moléculas reciben directamente el calor del filamento, se descomponen en forma de tungsteno metálico, que se deposita como tal en el filamento y lo reconstruye. Este proceso permite al filamento reciclarse y aportar mucho más tiempo de vida útil (entre 3 mil y 10 mil horas, según el tipo de lámpara halógena), en comparación con las mil horas de explotación que permite una lámpara incandescente común. Todo este proceso llamado “ciclo del halógeno” se mantiene ininterrumpidamente durante todo el tiempo que la lámpara permanece encendida



Lámpara halógena de baja tensión

Ventajas y desventajas de las lámparas de incandescencia:

Ventajas : Bajo costo inicial
 Construcción sencilla
 No requiere balastro
 Disponible en muchas formas y tamaños
 No requiere calentamiento ni tiempo de encendido
 Atenuable de manera económica
 Mantenimiento sencillo

Desventajas: Bajo rendimiento eléctrico
 Alta temperatura de operación
 Corta vida
 Fuente brillante de operación en un espacio pequeño
 No permite una gran distribución de la luz

2-3- LAMPARAS DE DESCARGA

La denominación de lámparas de descargas se debe a que la luz que producen dichas lámparas se debe a que se obtiene por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos.

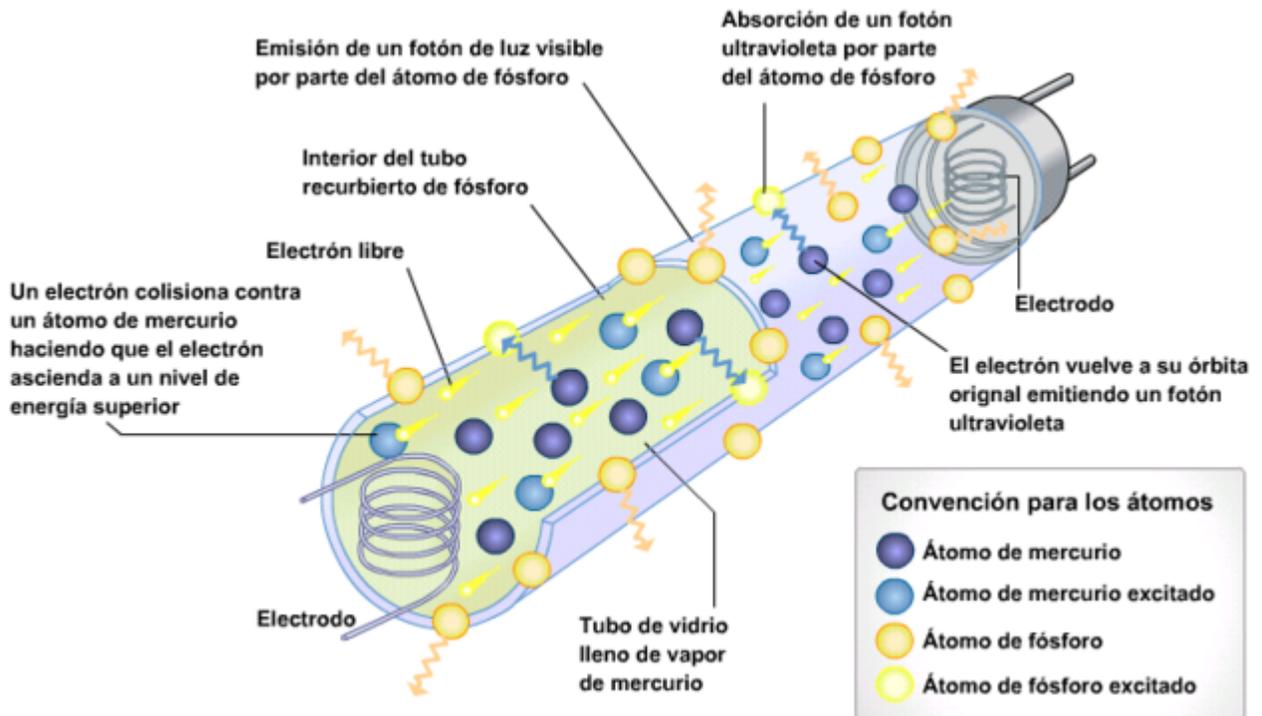
Se clasifican según el gas utilizado o a la presión que este se encuentra , es decir , alta o baja presión , exceptuando a las lámparas fluorescentes que perteneciendo al grupo de lámparas de descarga su nombre se debe a que la cara interna del tubo de descarga esta revestida de una sutil capa de polvos fluorescente .

LAMPARAS FLUORESCENTES

Las lámparas fluorescentes tubulares es en realidad una lámpara de descarga de vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce mediante el empleo de polvos fluorescentes que son activados por la energía ultravioleta de la descarga ; la cantidad y el color de la luz emitida depende del tipo de cubierta de fósforo aplicada al interior de la lámpara

El amplio rango de los fósforos disponibles hace posible producir muchos tonos de color diferentes (temperaturas de color) y diferentes niveles de calidad del color para satisfacer necesidades de la aplicación específica. Debido a las áreas de superficie relativamente largas, la luz producida por las lámparas fluorescentes es más difusa y mucho menos direccional que los recursos de punto como los focos incandescentes, lámparas halógenas y HID. Todas estas cualidades hacen que las lámparas fluorescentes sean excelentes para la iluminación en general, iluminación orientada y atenuar paredes para aplicaciones en tiendas de detalle, oficinas, así como en aplicaciones industriales y residenciales.

Las lámparas fluorescentes necesitan tener la llamada tensión de arranque para producir luz (esta tensión varía según la naturaleza ,temperatura y presión del gas o de vapor metálico) .Las lámparas de descarga presentan una resistencia eléctrica interna que disminuye de valor a medida que se incrementa la magnitud de la intensidad de la corriente eléctrica que circula por el seno del gas o vapor.



Es decir, que superada una etapa inicial, la tensión eléctrica precisa para producir luz, tiene menor valor, por lo que para evitar un cortocircuito, se hace necesario mantener los valores de la intensidad y tensión eléctrica dentro de los límites adecuados y esto se consigue utilizando: reactancias , transformadores , autotransformadores.

Los dispositivos reseñados permiten entonces, limitar el tránsito de electrones en el seno del gas o vapor, estabilizando la tensión eléctrica para que las lámparas tengan un funcionamiento normal. En cuanto a la diferencia de utilizar transformadores con respecto a los autotransformadores es que los primeros se utilizan cuando se requieren tensiones de arranque y de funcionamiento elevadas.

Las reactancias se utilizan para suministrar a las lámparas de descarga, energía eléctrica con la intensidad precisa a la tensión adecuada en cada momento.

Las reactancias se emplean, sobre todo, para hacer funcionar lámparas que solo precisen la misma tensión de la red eléctrica.

Cuando la tensión de arranque de las lámparas es menor o igual que la tensión de servicio de la red eléctrica, la reactancia está formada por una bobina donde se genera una inducción que limita el tránsito de electrones.

Cuando la tensión de servicio de la red es inferior a la tensión de arranque de las lámparas y se hace imposible iniciar el arco de descarga, a las reactancias hay que incorporarle transformadores para elevar la tensión.

Al accionar el interruptor que gobierna el encendido de la lámpara (cerrar el circuito), no se produce tránsito de electrones dentro de la ampolla ya que el gas o vapor tiene que ionizarse, tampoco pasa corriente por el alimentador.

Después de un breve intervalo de tiempo (unos segundos), como consecuencia de la tensión eléctrica aplicada, se inicia el proceso de ionización del gas o vapor y comienza la descarga.

La corriente también comienza a pasar por el alimentador que acaba produciendo, a continuación, una caída de tensión por lo que se produce también una reducción de la tensión eléctrica de la corriente que pasa por la ampolla de la lámpara.

Los alimentadores que se utilizan para hacer funcionar las lámparas de descarga, al contrario de lo que ocurre con las lámparas incandescentes, provocan un desfase entre la intensidad de la corriente absorbida por las lámparas y la tensión eléctrica del suministro. Los alimentadores, por lo tanto, generan una reducción del factor de potencia a valores comprendidos entre 0,3 y 0,5.

Las reactancias como alimentadores inductivos que son, generan por si solas, un factor de potencia muy bajo, por lo que se hace preciso recurrir al empleo de condensadores a fin de efectuar las oportunas correcciones para que dicho factor de potencia alcance valores comprendidos entre 0.9 y 1.

Las lámparas fluorescentes se pueden clasificar en dos grupos:

Lámparas de cátodo caliente:

Las lámparas de cátodo caliente a la vez se subdividen en:

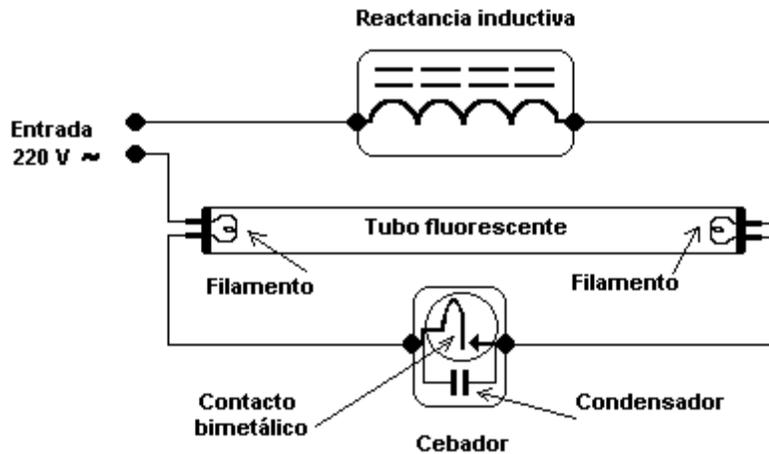
-con precalentamiento.

-sin precalentamiento.

Lámparas de cátodo caliente con precalentamiento:

Para conseguir el precalentamiento de los electrodos se utiliza un interruptor de arranque mas conocido como cebador , cuyo funcionamiento es similar a la de un interruptor automático . Los cebadores se intercalan en los circuitos en serie con las lámparas. A los cebadores se les incorporan condensadores que se destinan a eliminar perturbaciones radiofónicas.

Cuando se aplica tensión eléctrica a un cebador, se produce una descarga entre los dos contactos abiertos del mismo que calientan una lámina en el cebador y que acaba flexionándose como consecuencia de las temperaturas adquiridas, dicha flexión produce el cierre del circuito. Al iniciarse la emisión de luz en las lámparas, los cebadores desconectan automáticamente.



Existen lámparas de cátodo caliente con precalentamiento que no necesitan cebador como ser las lámparas de encendido instantáneo , el precalentamiento se logra por medio de

reactancias especiales , que cumplen la función de producir el arranque del arco y también estabilizan la corriente de descarga (estas reactancias tienen devanados suplementarios). Se conocen comercialmente que el nombre de rapidstart y tachistart, aunque algunos fabricantes no utilizan dicha denominación.

Lámparas de cátodo caliente sin precalentamiento:

Estas lámparas no necesitan cebador ,son similares a las descritas anteriormente , aunque generalmente de menor diámetro ,se les llama también slimline. Su tensión de arranque es alta ; y tienen la ventaja con respecto a las de precalentamiento que evitan el retardo de encendido.

Lámparas de cátodo frío :

En esta categoría entran las lámparas que se utilizan para anuncios luminosos.

Los colores que se obtienen dependen del gas utilizado como ser :

GAS

COLOR

Neon -----rojo-anaranjado

Helio-----rosa

Mercurio -----azul –verdoso

Sodio ----- amarillo



Lámparas fluorescentes compactas :

Lámparas fluorescentes compactas representa un importante adelanto en la tecnología fluorescentes. Debido a sus diámetros más pequeños y sus configuraciones plegadas, las lámparas fluorescentes compactas brindan alto rendimiento de la luz en tamaños mucho más pequeños que las lámparas fluorescentes lineales convencionales.

Disponibles en una variedad de diseños de conexión , las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de iluminarías de la nueva generación para un rango completo de aplicaciones comerciales e industriales, y brindan ahorro en energía y repuestos de vida más larga para los focos incandescentes. De hecho, las lámparas fluorescentes compactas pueden brindar los mismo lúmenes que un foco incandescente a

casi cuarto del costo.

El más importante avance en la tecnología de las lámparas fluorescentes ha sido el reemplazo de los balastos magnéticos o cebadores (transformadores usados para su encendido) por los del tipo electrónico. Este reemplazo ha permitido la eliminación del efecto de "parpadeo" y del lento encendido tradicionalmente asociados a la iluminación fluorescente.

¿Cuáles son los beneficios de usar lámparas fluorescentes compactas vs. un foco?

- Son “frías”: la mayor parte de la energía que consumen la convierten en luz que es lo que se espera de una bombilla. En cambio prácticamente la mitad de la energía que consume una bombilla incandescente se transforma en calor y no en luz.
- Utilizan entre un 50 y un 80% menos de energía que una bombilla normal incandescente para producir la misma cantidad de luz. Una lámpara de bajo consumo de 22 vatios equivale a una bombilla incandescente que consume 100 vatios.
- Una bombilla de bajo consumo de 18 vatios utilizada en lugar de una bombilla incandescente de 75 vatios supone un ahorro de 570 Kwh. .
- Las bombillas de bajo consumo duran hasta 10 veces más y solo cuestan siete veces más. “10 veces más” significa hasta 10 o 12.000 horas, que equivale a entre 5 y 10 años para un uso medio de tres horas al día a lo largo de todo un año. Las versiones “longlife” de algunos fabricantes pueden llegar a duplicar esta duración.
- Una bombilla incandescente cuesta entre 5 y 10 veces su precio en electricidad para hacerla funcionar a lo largo de su vida —que es de entre 750 y 1.000 horas.



 Lámpara Compacta Fluorescente con figura de espiral.

La lámpara compacta fluorescente (CFL, por su sigla en inglés), también conocida como lámpara ahorradora de energía .

LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Lámpara de mercurio con halogenuros :

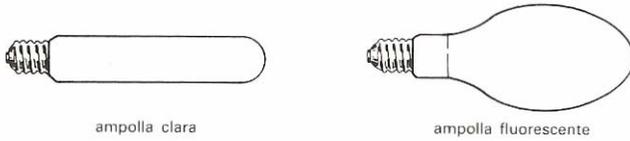
Las lámparas de descarga de alta presión se caracterizan por su impresionante economía y su capacidad para producir luz extremadamente brillante con dimensiones sumamente pequeñas.

Por ejemplo, una lámpara de mercurio halogenado en un estadio de fútbol consume "solamente" 1000W, pero genera la luz de una lámpara incandescente de 5000W.

La luz se genera directamente mediante una descarga en arco. Una descarga eléctrica continua entre los dos electrodos hace que los diversos materiales de carga brillen durante la descarga. Las lámparas de descarga de alta presión también necesitan equipos de conexión especiales para su encendido y funcionamiento.

En estas lámparas al mercurio se le ha añadido algunos metales en forma de yoduros (sodio ,indio ,talio) .

Características de las lámparas con halogenuros, de ampolla clara o fluorescente



Ampolla	Potencia nominal (W)	Potencia absorbida* (W)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa (lm/W)
clara	250	275	38	220	20 000	74
	360	385	46	285	28 000	73
	2 000	2 070	100	430	190 000	92
fluorescente	250	275	90	226	18 000	65
	360	385	120	292	26 000	68

Lámparas de mercurio de alta presión :

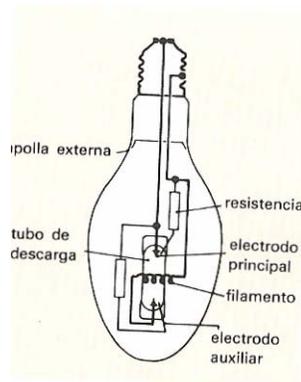
En estas lámparas la descarga se produce en un tubo de descarga que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta. Cubriendo la superficie interior de la ampolla exterior, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible, la lámpara ofrecerá mayor iluminación que una versión similar sin dicha capa, aumentará así la eficacia lumínica y mejorará la calidad de color de la fuente como la reproducción del color.



Lámparas de mercurio de luz mezcla :

Esta lámpara deriva de la lámpara convencional de mercurio de alta presión. La diferencia principal de las dos es que la última depende de un balastro externo para estabilizar la corriente de la lámpara y la lámpara mezcladora posee incorporado un

filamento de tungsteno conectado en serie con el tubo de descarga. La luz de descarga del mercurio y aquella del filamento caldeado se combinan o se mezclan , es decir proporcionan un luz mixta mercurio-incandescencia. Estas lámparas por no necesitar equipo auxiliar de arranque se utilizan muy a menudo para reemplazar lámparas de incandescencia de gran tamaño .



LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO

Lámparas de sodio de alta presión :

Las lámparas SAP comenzaron siendo utilizadas en aplicaciones muy específicas, en las cuales no era muy importante la reproducción cromática obtenida.

Como consecuencia del progreso en su tecnología de fabricación, de la mejora de su espectro de emisión, y fundamentalmente por la economía que se obtiene en sus costos de explotación; se ha producido una masiva difusión de su empleo, reemplazado ventajosamente a las lámparas de vapor de mercurio a alta presión (MAP) en aquellas aplicaciones en las que se necesita una luz abundante y económica.

En efecto, en comparación con las lámparas MAP, tienen un mayor rendimiento lumínico (lm/W), lo que permite la utilización de lámparas de menor consumo a igualdad de flujo luminoso; y además no atraen a los insectos, pues carecen de un espectro con longitudes de onda dominantes en la banda del azul (como las MAP), lo que permite disminuir los costos de mantenimiento por limpieza de las luminarias instaladas.

Si bien las lámparas SAP requieren un equipo auxiliar de mayor costo que el de las lámparas MAP, esa mayor inversión inicial se amortiza rápidamente con los menores costos de funcionamiento que se obtienen.

Por otro lado, comparadas con las lámparas de sodio a baja presión (SBP), ofrecen una mayor capacidad para discriminar los colores, convirtiéndose en una fuente de luz de aspecto más aceptable, con una elevada eficacia luminosa (aunque menor que las SBP).

En las lámparas SAP, la luz se obtiene por la emisión producida por el choque de los electrones libres contra los átomos del vapor contenido en el tubo de descarga.

En este proceso, los choques producen la excitación de los electrones de los átomos del vapor, que pasan a ocupar orbitales de mayor energía. Cuando dichos electrones retornan a su órbita natural, se produce la emisión de fotones y en consecuencia ocurre una generación de radiación lumínica.

Una lámpara SAP típica está constituida por una ampolla externa de vidrio que puede ser

transparente o con recubrimiento según el modelo. La forma de esta ampolla adopta diferentes variantes ovoidales y tubulares, con una geometría tal que puede instalarse en las mismas ópticas y luminarias diseñadas para las lámparas MAP.

Este recipiente de protección sirve para reducir la emisión de calor, estabilizar la temperatura de servicio y así evitar apreciables variaciones en el flujo luminoso; y en algunos casos tiene una capa de polvo de recubrimiento en la pared interior del bulbo, para mejorar la distribución de su espectro luminoso.

La descarga se produce en un elemento tubular recto interno, separado de la ampolla por un espacio en el que se ha realizado el vacío. El tubo de descarga está construido con óxido de aluminio sinterizado, para soportar la acción corrosiva del sodio a temperaturas elevadas, y contiene fundamentalmente vapor de sodio a una presión de servicio cercana a 0,98 bar, además de otros materiales como neón, xenón y mercurio, que actúa como corrector de color y control de tensión.

Al conectar la lámpara se produce una descarga inicial a través del gas auxiliar (neón), originándose una luz rojiza típica de ese gas, y la lámpara comienza a calentarse por acción del arco, lo que produce la evaporación del sodio metálico y la emisión de luz amarillenta, hasta que se completa el ciclo de encendido.

Para la conexión al circuito externo generalmente se dispone de un casquillo de bronce o de aluminio, que se fabrica con diferentes ejecuciones a rosca (E27, E40).

Estas lámparas admiten cualquier posición de funcionamiento y en el encendido absorben hasta 1,5 veces la intensidad nominal, alcanzando su flujo luminoso máximo a los 5 - 6 minutos de producido el mismo, y requiriendo un tiempo de enfriamiento para efectuar el reencendido.

Su eficacia luminosa está comprendida entre los 90 y los 130 lm/W, no siendo prácticamente afectada por las variaciones en la temperatura ambiente, y alcanzando una vida útil superior a las 20.000 hs.

Por otro lado, proveen una visión de alto contraste y su reproducción cromática es regular, con valores del índice de reproducción del color cercanos a $R_a = 30 / 50$ - luz predominantemente amarilla, aunque en los últimos años se ha mejorado mucho su espectro luminoso (color corregido). Además generan un efecto estroboscópico, pues se alimentan con corriente alterna.

En general, las lámparas de sodio a alta presión se aplican en alumbrado público, naves industriales, estacionamientos, grandes áreas, fachadas, parques, depósitos industriales, aeropuertos, etcétera.

La función del equipo auxiliar para una lámpara de sodio a alta presión es la misma que la de los demás tipos de lámparas de alta intensidad de descarga gaseosa, debiendo satisfacer todos los requerimientos básicos habituales de las mismas, para lograr un elevado rendimiento en condiciones confiables.

De esta manera, debe proveer la tensión de circuito abierto necesaria para el encendido, debe controlar la intensidad de manera que la potencia de la lámpara ni sobrepase el límite superior admitido, ni sea tan baja que el flujo luminoso quede por debajo del valor mínimo económicamente aceptable; y además debe proveer una corriente de trabajo con el menor contenido poliarmónico posible y el factor de potencia adecuado.

Estas fuentes de luz tienen una característica de resistencia negativa, ya que la tensión de arco disminuye con el aumento de la corriente, y por lo tanto requieren una impedancia

limitadora (balasto) para lograr una operación estable al alimentarse desde una fuente de tensión constante.

Además necesitan un ignitor que provea un pulso de alta tensión de encendido, y generalmente se les conecta un capacitor para corregir el factor de potencia en forma local.

Cabe destacar la significativa importancia que reviste el equipo auxiliar necesario para la operación de estas lámparas, pues de su correcto funcionamiento dependen todos los parámetros eléctricos, y fundamentalmente, la vida útil de las mismas.

Como la tensión de arco de la lámpara no es constante, el diseño de los balastos requiere un mayor cuidado, no pudiendo fabricarse balastos autorregulados, como en las MAP.

En efecto, en una lámpara de vapor de mercurio a alta presión, la caída en el arco no varía con la potencia de funcionamiento ($P = f(V)$ es una recta vertical), pues como todos los iones disponibles intervienen en la descarga, la potencia que se inyecta en la lámpara no modifica su caída de tensión. Además dicha tensión se mantiene prácticamente constante a lo largo de la vida útil.

En cambio, en una lámpara de vapor de sodio a alta presión, la caída en el arco varía marcadamente con la potencia de funcionamiento ($P = f(V)$ es una recta inclinada) y además va aumentando con el transcurso de su vida. De esta manera se obtiene una zona de trabajo que adopta la forma de un trapecio, en razón del desplazamiento "paralelo" de la recta de operación a lo largo del tiempo.

Este aumento de la caída de tensión se origina por un lado por las fugas de sodio del tubo de descarga, que provocan un aumento en el porcentual de mercurio, cuya tensión de ionización es mayor. Además los electrodos al oscurecerse con el envejecimiento aumentan la temperatura del tubo de descarga, la presión y en consecuencia, la tensión de la lámpara.

Esta diferencia resulta fundamental, pues en el caso del balasto para SAP, el mismo deberá operar en distintas condiciones conforme vaya envejeciendo la lámpara.

Debido a este comportamiento, los fabricantes de lámparas acotan el "trapecio" admisible de la característica de trabajo $P = f(V)$ de las mismas a lo largo de su vida útil.

Cabe aclarar que los trapecios de las lámparas de tipo europeo son ligeramente diferentes a los de las lámparas de tipo americano, por lo que los balastos asociados también resultan distintos.

Por lo anterior, un balasto correctamente diseñado no deberá hacer que la lámpara trabaje en puntos situados fuera de dicha zona admisible.

Para verificar tal condición, se efectúa un ensayo que simula las condiciones de envejecimiento de la lámpara, trazando las curvas correspondientes al conjunto balasto + lámpara para el 105, el 100 y el 95 % de la tensión nominal aplicada, y comprobando que ninguna de las tres curvas resultantes corte los límites de potencia superior e inferior del trapecio.

Por otro lado, el encendido de estas lámparas SAP requiere un pico de tensión comprendido entre los 2500 y los 4000 V, según la potencia de la misma.

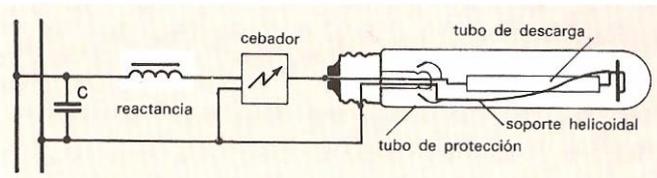
Estos pulsos de alta tensión se obtienen por medio de un pequeño ignitor electrónico externo que puede ser del tipo derivación o serie (salvo en lámparas muy pequeñas, que tienen el ignitor incorporado).

Existen algunos modelos de lámparas SAP diseñadas para operar con el mismo equipo auxiliar que las MAP, pero con menor rendimiento.

Básicamente el mismo contiene un circuito que comprueba que la lámpara esté apagada, midiendo la tensión en la misma, y una llave electrónica, que por lo menos una vez por ciclo de la onda de tensión, conecta la fuente RC de pulsos del ignitor a una derivación intermedia del bobinado del balasto, el cuál opera como transformador de impulsos para generar los picos de tensión. Una vez encendida la lámpara, no se siguen produciendo pulsos.

Como la capacidad de los cables de conexión entre el equipo auxiliar y la lámpara produce una marcada atenuación de los pulsos, con este ignitor no se pueden instalar equipos a mas de 4 m de las lámparas. Esta limitación siempre debe tenerse en cuenta al proyectar y realizar instalaciones de alumbrado con SAP.

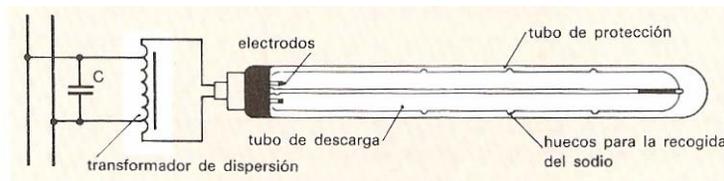
En el ignitor serie, el transformador de impulsos se encuentra integrado dentro del conjunto del ignitor, de manera que no se necesita emplear ninguna derivación del balasto. De esta manera sólo es necesario que el ignitor se encuentre cerca de la lámpara, pudiendo estar mas alejado el balasto que en el caso anterior. Esto resulta útil para instalar los balastos al pie de las torres de iluminación.



Lámparas de vapor de sodio de baja presión :

Estas lámparas se presentan normalmente en forma de bulbo tubular de vidrio que contiene en su interior el tubo de descarga doblado en forma de U .

Su color es casi amarillo , ya que se encuentra dentro de la gama de los colores monocromáticos .La eficiencia de estas lámparas es muy alta y se puede considerar como la mayor entre todas las fuentes luminosas artificiales y alcanza valores entre 130 y 180 lumen/watt.



Las lámparas SBP se utilizan en aplicaciones muy específicas, en las cuales se privilegia el rendimiento de la conversión de energía eléctrica en lumínica y no resulta tan importante la reproducción cromática obtenida.

Por ello constituyen una solución eficaz y económica en alumbrado público de puentes, cruces ferroviarios, grandes áreas portuarias y similares.

También son muy apropiadas para zonas peligrosas en las que se necesita resaltar cuerpos en movimiento, ya que su luz monocromática amarilla (long. onda= 590 nm) coincide con el color al que se tiene la máxima sensibilidad del ojo humano y favorece el contraste, lo que permite la visibilidad aún en presencia de niebla. Asimismo, en algunos casos pueden utilizarse para la iluminación ornamental de parques y jardines. En virtud de su elevado rendimiento, estas lámparas se fabrican en un rango de potencias relativamente bajas, comprendidas entre 18 y 180 W.

Dado que las lámparas de vapor de sodio a baja presión tienen muchas semejanzas con las SAP, sólo nos detendremos en algunos aspectos diferentes.

La descarga eléctrica en estas lámparas se produce en un tubo en forma de "U" que contiene una atmósfera de sodio a muy baja presión y algunos gases auxiliares para facilitar el encendido. Este tubo de descarga está rodeado por otro exterior de protección y en el espacio entre ambos tubos se ha hecho el vacío. Para la conexión al circuito externo disponen de casquillos a rosca para algunas potencias bajas, o a bayoneta, para lámparas mayores. En ambos casos, deben ser aptos para soportar la sobretensión de encendido.

El proceso de puesta en funcionamiento es más prolongado que en el caso anterior, ya que el máximo flujo luminoso se alcanza a los 15 minutos.

Debido a que estas lámparas requieren para su encendido tensiones más elevadas que la nominal de la línea, que varían entre 400 y 680 V, se necesita un equipo auxiliar del tipo autotransformador de dispersión para su funcionamiento, cuyo diseño varía según la potencia de la lámpara. Sin embargo, también existen circuitos híbridos, compuestos por un balasto en serie con un capacitor y un ignitor.

Otras características son:

Vida útil elevada: 10.000 hs.

Mantienen el flujo luminoso a lo largo de su vida.

Eficacia luminosa: es la fuente luminosa de mayor rendimiento, alcanzando valores de 180 lm/W.

Tienen una posición de funcionamiento restringida.

Reproducción cromática: nula. $R_a = 0$. Luz totalmente monocromática amarillo oro.

Su factor de potencia es bajo y puede corregirse con capacitores.

LAMPARAS DE LED

Un LED, es un diodo emisor de luz, esto es, un dispositivo semiconductor que emite luz cuando circula por el corriente eléctrica. Su gran ventaja frente a las tradicionales bombillas de filamento de tungsteno, e incluso frente a las bombillas de bajo consumo, radica en su eficiencia energética:

Los Diodos LED no poseen un filamento de Tungsteno como las bombillas. Por ello, son más resistentes a los golpes y su duración es mayor ya que no dependen de que el filamento se termine quemando (Cuando las bombillas se funden)

La eficiencia de los LEDs es mucho mayor. Mientras el rendimiento energético de una bombilla es del 10% (Sólo una décima parte de la energía consumida genera luz), los diodos LED aprovechan hasta el 90%.

El equivalente a una bombilla se puede construir con aproximadamente una decena de LEDs. Si alguno se rompe es incluso posible sustituirlo. Son baratos y fáciles de fabricar.

Este nuevo tipo de lámparas van ganando terreno en la iluminación decorativa y ambiental para pubs , discotecas , escaparates ,vitrinas , mobiliario ,etc. , también se utilizan para señalización de tráfico .

<i>Compuestos empleados en la construcción de LED.</i>		
Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm

Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	



Ref. n.º	Color	Casquillo	Wattios	Horas
ML-GU10-B	Blanco (B)	GU10	1,8 w	30.000
ML-GU10-A	Azul (A)	GU10	1,8 w	30.000
ML-GU10-V	Verde (V)	GU10	1,8 w	30.000
ML-GU10-R	Rojo (R)	GU10	1,8 w	30.000
ML-GU10-N	Naranja (N)	GU10	1,8 w	30.000



2-4- TABLAS COMPARATIVAS

CLASIFICACIONES DE LÁMPARAS (W=WATTS)		
Lámpara	Lúmenes iniciales	Media de lúmenes
40 W incandescente normal	480	N/A
100 W incandescente normal	1750	N/A
40 W fluorescente normal	3400	3100
100 W tungsteno halógeno	1800	1675
100 W vapor de mercurio	4000	3000
250 W vapor de mercurio	12,000	9800
100 W sodio a alta presión	9500	8500
250 W sodio a alta presión	30,000	27,000
250 W haluro de metal	20,000	17,000

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS LÁMPARAS		
Lámpara	Ventajas	Desventajas
Incandescente, tungsteno halógeno	Bajo costo inicial Construcción sencilla No requiere balastro Disponible en muchas formas y tamaños No requiere calentamiento ni tiempo de reencendido Atenuable de manera económica Mantenimiento sencillo	Bajo rendimiento eléctrico Alta temperatura de operación Corta vida Fuente brillante de iluminación en un espacio pequeño No permite una gran distribución de la luz
Fluorescente	Disponible en muchas formas y tamaños Costo moderado Buen rendimiento eléctrico Larga vida Baja cantidad de sombra Baja temperatura de operación Breve demora para encender	No adecuada para brindar gran intensidad luz en aplicaciones pequeñas y sumamente concentradas Requiere balastro Costo inicial superior al de las lámparas incandescentes Salida luminosa y color afectados por la temperatura ambiente Su atenuación es cara
Sodio de baja presión, vapor de mercurio, haluro de metal, alta presión	Buen rendimiento eléctrico Larga vida Alta salida luminosa Levemente afectada por la temperatura ambiente	Puede ocasionar distorsión de los colores Largo tiempo de encendido y reencendido Alto costo inicial Alto costo de reposición Requiere balastro Atenuación cara o imposible Problemas de encendido en clima frío Requiere alto voltaje de alimentación

RENDIMIENTO DE LAS LÁMPARAS ELÉCTRICAS	
Lámpara	Lumen por watt*
Incandescente	15-25
Vapor de mercurio	50-60
Fluorescente	55-100
Haluro de metal	80-125
Sodio a alta presión	80-150
Sodio a baja presión	160-200

* La salida exacta en lúmenes dependerá del tamaño y del tipo de lámpara que se use

LÁMPARAS INCANDESCENTES COMUNES			
Tipo	Watts	Tamaño (pulgadas)	Volts
A-19	40-100	2-3/8	120-130
F-15	25-60	1-7/8	120
PS-35	300-500	4-3/8	120
PAR-38	115-150	4-3/4	120-130
T-19	40-100	2-3/8	120

LÁMPARAS FLUORESCENTES COMUNES				
Tipo	Watts	Longitud (pulgadas)	Tamaño (pulgadas)	Base
T-5	4-13	6-21	5/8	Doble clavija miniatura
T-5	13	21	5/8	Doble clavija miniatura
T-8	15-30	18-36	1	Doble clavija intermedia
T-9	30-40	6-16	1-1/8	4 clavijas
T-10	40	48	1-1/4	Doble clavija intermedia
T-12	14-75	15-96	1-1/2	Doble clavija intermedia
T-12	60-75	96	1-1/2	Doble clavija intermedia

CLASIFICACIÓN DE SONIDOS DE BALASTROS		
Clasificación de sonidos	Nivel de ruido (decibeles)	Aplicación recomendada
A	20-24	Puestos de transmisión, iglesias, zonas para estudio
B	25-30	Bibliotecas, aulas, zonas tranquilas de oficinas
C	31-36	Zonas generales de oficinas, edificios comerciales
D	37-42	Locales minoristas, depósitos
E	43-48	Zonas de producción liviana, iluminación general para exteriores
F	Más de 48	Alumbrado público, zonas de producción intensiva

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LÁMPARAS HID (DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD)		
Lámpara	Tiempo de encendido (minutos)	Tiempo de reencendido
Sodio de baja presión	6-12	4 a 12 seg
Vapor de mercurio	5-6	3 a 5 minutos
Haluro de metal	2-5	10 a 15 minutos
Sodio de alta presión	3-4	30 a 60 seg

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS				
Lámpara	Lm/W	Vida de la bombilla (hrs)	Interpretación de los colores	Costo operativo
Incandescente	15-25	750-1000	Excelente	Muy alto
Tungsteno halógeno	20-25	1500-2000	Excelente	Alto
Fluorescente	55-100	7500-24,000	Muy bueno	Promedio
Sodio de baja presión	190-200	1800	Deficiente	Bajo
Vapor de mercurio	50-60	16,000-24,000	Varía según el tipo que se use	Promedio
Haluro de metal	80-125	3000-20,000	Muy bueno	Promedio
Sodio de alta presión	65-115	7500-14,000	Bueno (blanco cálido)	Bajo

PÉRDIDA DE BALASTRO		
Lámpara	Potencia en watts especificada de la lámpara (en W)	Pérdida en el balastro (pérdida de potencia %)
Sodio de baja presión	70	27
	100	25
	150	22
	250	20
	400	15
	1000	7
Vapor de mercurio	40	32
	75	25
	100	22
	175	17
	250	16
	400	14
	700	7
	1000	7
Haluro de metal	175	20
	250	17
	400	13
	1000	7
	1500	7
Sodio de alta presión	50	30
	100	24
	150	22
	250	20
	400	16
	1000	7

LÍMITES RECOMENDADOS PARA VOLTAJE DE SALIDA DE BALASTRO			
Balastro	Tamaño de lámpara		Voltaje Rms (volts)
	Potencia en Watts	Número ANSI	
Sodio de baja presión	18	L69	300-325
	35	L70	455-505
	55	L71	455-505
	90	L72	455-525
	135	L73	645-715
	180	L74	645-715
Vapor de mercurio	50	H46	225-255
	75	H43	225-255
	100	H38	225-255
	175	H39	225-255
	250	H37	225-255
	400	H33	225-255
	700	H35	405-455
1000	H36	405-455	
Haluro de metal	70	M85	210-250
	100	M90	250-300
	150	M81	220-260
	175	M57	285-320
	250	M80	230-270
	250	M58	285-320
	400	M59	285-320
	1000	M47	400-445
1500	M48	400-445	
Sodio de alta presión	35	S76	110-130
	50	S68	110-130
	70	S62	110-130
	100	S54	110-130
	150	S55	110-130
	150	S56	200-250
	200	S66	200-230
	250	S50	175-225
	310	S67	155-190
	400	S51	175-225
1000	S52	420-480	

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE ILUMINACIÓN						
	Incandescente, incluyendo tungsteno	Fluorescente	Descarga de gran intensidad			
			Vapor de mercurio (autocargante)	Haluro metálico	Sodio de alta presión (color mejorado)	Sodio de baja presión
Potencia en watts (lámpara solamente)	15-1500	15-219	40-1000	175-1000	70-1000	35-180
Vida ^a (hr)	750-12,000	7500-24,000	16,000-15,000	1500-15,000	24,000 (10,000)	18,000
Eficacia ^a (lumens/W) lámpara solamente	15-25	55-100	50-60 (20-25)	80-100	75-140 (67-112)	Hasta 180
Mantenimiento lumínico	Aceptable a excelente	Aceptable a excelente	Muy bueno (bueno)	Bueno (bueno)	Excelente	Excelente
Interpretación de colores	Excelente	Bueno a excelente	Deficiente a excelente	Muy bueno	Aceptable	Bueno
Control de la dirección de la luz	Muy bueno a excelente	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable
Tamaño de la fuente	Compacta	Extendida	Compacta	Compacta	Compacta	Extendida
Tiempo de reencendido	Inmediato	Inmediato	3-10 minutos	10-20 minutos	Menos de 1 minuto	Immediate
Costo comparativo del dispositivo	Bajo: dispositivos simples	Moderado	Mayor que el incandescente o fluorescente	Generalmente mayor que el de mercurio	Alta	Alta
Costo comparativo de operación	Alto: corta vida y bajo rendimiento	Menor que incandescente	Menor que incandescente	Menor que mercurio	El más bajo de los tipos HID	Bajo
Equipos auxiliares necesarios	No se requiere	Requerido: alto intermedio	Requerido: alto costo	Requerido: alto costo	Requerido: alto costo	Requerido: alto costo

^aClasificaciones sobre duración y eficacia sujetas a revisión. Verificar los datos del fabricante para obtener la información más actualizada.

PÉRDIDA DE BALASTRO		
Lámpara	Potencia en watts especificada de la lámpara (en W)	Pérdida en el balastro (pérdida de potencia %)
Sodio de baja presión	70	27
	100	25
	150	22
	250	20
	400	15
Vapor de mercurio	1000	7
	40	32
	75	25
	100	22
	175	17
	250	16
	400	14
Haluro de metal	700	7
	1000	7
	175	20
	250	17
	400	13
Sodio de alta presión	1000	7
	1500	7
	50	30
	100	24
	150	22
	250	20
	400	16
	1000	7
	1000	7

LÍMITES RECOMENDADOS PARA VOLTAJE DE SALIDA DE BALASTRO			
Balastro	Tamaño de lámpara		Voltaje Rms (volts)
	Potencia en Watts	Número ANSI	
Sodio de baja presión	18	L69	300-325
	35	L70	455-505
	55	L71	455-505
	90	L72	455-525
	135	L73	645-715
	180	L74	645-715
Vapor de mercurio	50	H46	225-255
	75	H43	225-255
	100	H38	225-255
	175	H39	225-255
	250	H37	225-255
	400	H33	225-255
	700	H35	405-455
Haluro de metal	1000	H36	405-455
	70	M85	210-250
	100	M90	250-300
	150	M81	220-260
	175	M57	285-320
	250	M80	230-270
	250	M58	285-320
	400	M59	285-320
Sodio de alta presión	1000	M47	400-445
	1500	M48	400-445
	35	S76	110-130
	50	S68	110-130
	70	S62	110-130
	100	S54	110-130
	150	S55	110-130
	150	S56	200-250
	200	S66	200-230
	250	S50	175-225
	310	S67	155-190
400	S51	175-225	
1000	S52	420-480	

CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE ILUMINACIÓN						
	Incandescente, incluyendo tungsteno	Fluorescente	Descarga de gran intensidad			
			Vapor de mercurio (autocargante)	Haluro metálico	Sodio de alta presión (color mejorado)	Sodio de baja presión
Potencia en watts (lámpara solamente)	15-1500	15-219	40-1000	175-1000	70-1000	35-180
Vida ^a (hr)	750-12,000	7500-24,000	16,000-15,000	1500-15,000	24,000 (10,000)	18,000
Eficacia ^a (lumens/W) lámpara solamente	15-25	55-100	50-80 (20-25)	80-100	75-140 (67-112)	Hasta 180
Mantenimiento lumínico	Aceptable a excelente	Aceptable a excelente	Muy bueno (bueno)	Bueno (bueno)	Excelente	Excelente
Interpretación de colores	Excelente	Bueno a excelente	Deficiente a excelente	Muy bueno	Aceptable	Bueno
Control de la dirección de la luz	Muy bueno a excelente	Aceptable	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno	Aceptable
Tamaño de la fuente	Compacta	Extendida	Compacta	Compacta	Compacta	Extendida
Tiempo de reencendido	Inmediato	Inmediato	3-10 minutos	10-20 minutos	Menos de 1 minuto	Immediate
Costo comparativo del dispositivo	Bajo; dispositivos simples	Moderado	Mayor que el incandescente o fluorescente	Generalmente mayor que el de mercurio	Alta	Alta
Costo comparativo de operación	Alto; corta vida y bajo rendimiento	Menor que incandescente	Menor que incandescente	Menor que mercurio	El más bajo de los tipos HID	Bajo
Equipos auxiliares necesarios	No se requiere	Requerido; alto intermedio	Requerido; alto costo	Requerido; alto costo	Requerido; alto costo	Requerido; alto costo

^aClasificaciones sobre duración y eficacia sujetas a revisión. Verificar los datos del fabricante para obtener la información más actualizada.

9-11

ILUMINACION DE INTERIORES

3-1- LUMINARIAS

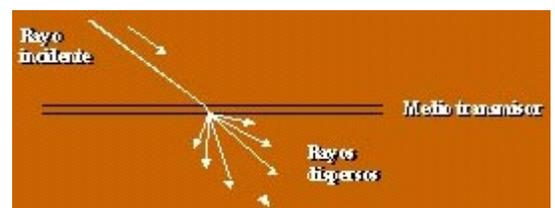
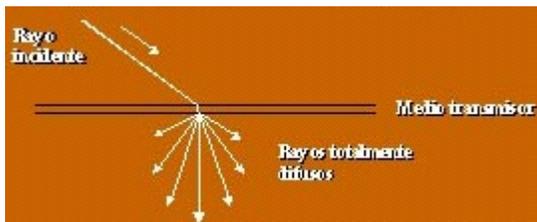
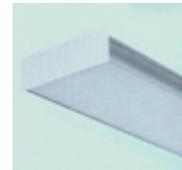
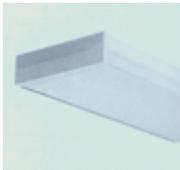
Se denomina luminaria a la unidad de luz destinada a albergar una o varias lámparas , una definición mas completa es : dispositivo que distribuye , filtra o transforma la luz emitida por una o mas lámparas , que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas , donde corresponda , los equipos auxiliares , así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación .

Las luminarias se clasifican por la distribución del flujo luminoso , que es la que posteriormente estudiaremos ,pero existen otros tipos de clasificación como ser el tipo de protección contra los contactos indirectos , que se refieren a la forma en como se conectan a tierra las luminarias cuando se requiere esta condición y el tipo de protección contra los contactos directos y la penetración de líquidos y polvos , que se refiere a : para locales secos y sin polvo , para locales con polvo , para locales húmedos o con goteo y polvo.

DE LA MANERA DE DISTRIBUIR EL FLUJO

Difusores:

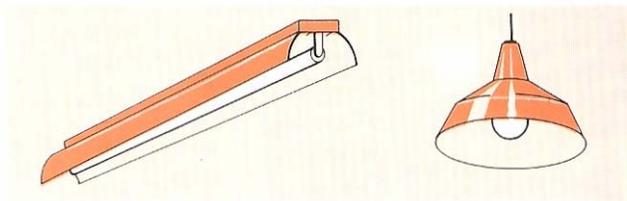
El difusor es la tapa opalina que se coloca debajo de las lámparas. Se fabrican de acrílico ,vidrio , plástico , poliestireno , etc. . Su función consiste en difundir hacia los extremos la luz que sale en forma vertical , además reduce la brillantez , y atenúan el deslumbramiento.



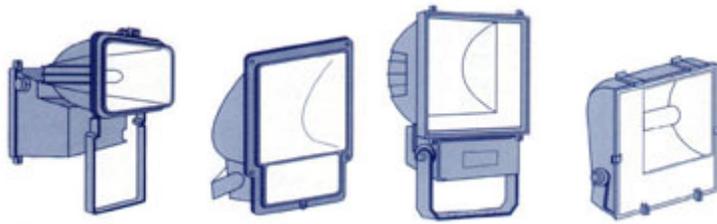
La transmisión difusa a través de materiales como el vidrio opalino o el acrílico lechoso disemina la luz en todas direcciones y oscurecen la imagen de la fuente de luz. Los difusores generalmente transmiten del 40% al 60% de la luz incidente. Uno de los difusores más populares es el acrílico lechoso. Consta de una lámina plana o moldeada de acrílico blanco. Se obtiene en variadas densidades, pero aún los menos opacos absorben entre el 50% y el 60% de la luz incidente. Producen una luz difusa blanda y envolvente. El control del deslumbramiento es solo relativo. No son adecuados para grandes potencias generalmente están previstos para albergar lámparas de incandescencia de 40 a 200w o lámparas fluorescentes tubulares normales .

Reflectores:

Se define como aparato de superficie lisa y brillante para reflejar los rayos luminosos. Por lo general sus superficies hechas de vidrio plateado, aluminio pulido, plancha de hierro esmaltada de blanco, etc.



. Los proyectores entran en la categoría de los reflectores, se definen como aparato óptico con el que se obtiene un haz luminoso de gran intensidad .



Refractores:

Están formados por recipientes de material transparente que tienen una profunda cavidad cuyo perfil y orientación han sido predeterminados a fin de modificar notablemente la distribución del flujo luminoso. Tienen la facultad de disminuir el deslumbramiento.



3-2- TIPOS DE ILUMINACION

Los tipos de iluminación se pueden clasificar de acuerdo :

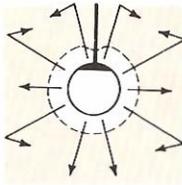
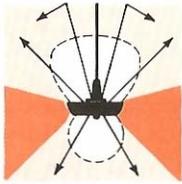
SOBRE LA BASE DE LOS APARATOS DESTINADOS A LA ILUMINACION :

-Iluminación general : se ilumina en forma uniforme todo el ambiente , se utilizan en oficinas , tiendas , almacenes ,aulas , etc. .

-Iluminación localizada : las luminarias se encuentran cerca de los puntos a iluminar por ejemplo vitrinas , mostradores , escaparates , etc. .

-Iluminación suplementaria : se refiere que existiendo iluminación general , se refuerza la iluminación en determinados puntos para sobresaltar determinadas áreas , superficies o determinados objetos , por ejemplo iluminación de tableros de dibujo , escritorios , cuadros , maquinas , etc.

A LA DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO :

Representación y distribución del flujo luminoso	Notas
 <p data-bbox="462 321 597 506">0 – 10 % 90 – 100 %</p>	<p data-bbox="613 331 699 359">directa</p> <p data-bbox="613 380 945 491">El flujo luminoso está dirigido hacia abajo. Este tipo de aparatos permite obtener rendimientos elevados.</p>
 <p data-bbox="462 537 597 722">10 – 40 % 60 – 90 %</p>	<p data-bbox="613 548 753 575">semidirecta</p> <p data-bbox="613 596 945 707">El flujo luminoso está dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia arriba.</p>
 <p data-bbox="462 747 597 932">40 – 50 % 50 – 60 %</p>	<p data-bbox="613 758 683 785">mixta</p> <p data-bbox="613 806 945 917">El flujo luminoso está distribuido casi por igual, tanto hacia abajo como hacia arriba.</p>
 <p data-bbox="462 968 597 1152">60 – 90 % 10 – 40 %</p>	<p data-bbox="613 995 786 1022">semi-indirecta</p> <p data-bbox="613 1043 945 1113">El flujo luminoso se dirige principalmente hacia arriba.</p>
 <p data-bbox="462 1178 597 1362">90 – 100 % 0 – 10 %</p>	<p data-bbox="613 1205 716 1232">indirecta</p> <p data-bbox="613 1253 945 1323">El rendimiento es bajo y la visión poco nítida por la falta total de efectos de sombra.</p>

3-3 CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO SOBRE LA ILUMINACION

ILUMINACION RESIDENCIAL

Un proyecto de iluminación no comienza ni termina con la elección de las luminarias o artefactos. Comienza con una idea o concepción; esto se conoce como “fase conceptual del diseño”, y es la etapa del proceso durante la cual se establecen las bases del futuro proyecto. Que tipo de iluminación quiero tener? Como quiero que se vean los distintos espacios? Hay algún tipo de necesidad especial de iluminación a tener en cuenta?

En algunas dependencias tales como áreas de trabajo, lavaderos, etc. lo único que necesitamos es una buena iluminación, uniforme y sin sombras; pero en otras en cambio,

(living, comedor, o el parque) quisiéramos tener algo diferente, con personalidad, detalles, que la luz sea protagonista. Es importante recordar que esta debe estar armada en varias “capas” por así decirlo. En los ambientes de “estar” del hogar, a nadie le agrada que la iluminación de una dependencia esté limitada a un solo artefacto ubicado en el centro de la habitación o disponer de una única alternativa para alumbrar un recinto. Se deberán considerar al menos tres tipos de sistemas de iluminación: una general, una de trabajo y una de destaque o acento.

La iluminación general o de ambiente es la que proporciona la luz necesaria para circular, realizar tareas de limpieza y debe ser una iluminación uniforme y sin sombras. La iluminación de trabajo o tarea debe ser también uniforme pero de mayor intensidad para algunos lugares específicos de la casa donde se realicen tareas que requieran mejores condiciones de visión (home office, cocina, etc) Por último, la iluminación de acento será de mucho más nivel que la general (al menos 3 veces) y estará concentrada en puntos de interés específicos. (obras de arte, detalles arquitectónicos, etc)

Esta subdivisión nos dará la flexibilidad de utilizarlos a todos simultáneamente o realizar las combinaciones que más satisfagan nuestras necesidades o estados de ánimo.

Una vez definido el criterio, será el momento de pensar en cual será la mejor fuente de luz o lámpara para cada una de las situaciones planificadas.

Existe una gran variedad de lámparas y no todas se ajustan a todas las circunstancias. Algunas emiten una luz amplia pero producen sombras duras, (incandescente standard) o amplia pero suave; (opalinas) Otras destacan las texturas o producen intensos niveles de iluminación puntuales . En pocas palabras, si comenzamos por elegir una lámpara inadecuada para un determinado efecto, estaremos esforzándonos en obtener algo que nunca podremos lograr.

También deberemos pensar en la vida útil de la lámpara, si habrá que cambiarla con frecuencia y si su ubicación es de fácil acceso en tal caso. Es una lámpara especial? Será fácil de conseguir para el reemplazo? Será elevado su consumo? Y su costo?

Una buena concepción de la iluminación y una correcta elección de la fuente de luz adecuada para cada uno de los efectos que nos hemos imaginado harán el 90% del proyecto. La elección del artefacto entra en el terreno de la decoración del ambiente. En el caso del alumbrado residencial, en la gran mayoría de las aplicaciones los artefactos cumplen una función preponderantemente decorativa. Como tal, habrá que pensar en su elección partiendo de la base de que debe armonizar con el entorno, tanto en estilo como en categoría. A menudo pueden verse costosos artefactos, equipados con lámparas inadecuadas y totalmente fuera de contexto. Hay gente que se enamora del artefacto que vio en una vidriera y lo compra a pesar de que para su ambiente puede resultar catastrófico. Es como quién come un plato caro y a sabiendas de que le caerá mal, solo porque le agrada su aspecto.

Una vez que se ha elegido la lámpara, llegó el turno de seleccionar su emplazamiento. Se supone que estamos tratando de iluminar algo dentro de un espacio, por consiguiente esa lámpara deberá estar ubicada de manera óptima. Si por ejemplo estamos queriendo iluminar un vanitory, no colocaremos la fuente de luz frente al espejo sino al costado o arriba de él, de modo que ilumine nuestro rostro y no nuestra espalda. Si vamos a iluminar un cuadro, la lámpara deberá montarse en el cielorraso y con un ángulo tal que al contemplar la obra no hagamos sombra con nuestro cuerpo. Si en cambio pretendemos iluminar un lugar de trabajo, lo lógico será colocar la fuente justo por encima de dicho lugar.

ILUMINACION COMERCIAL

Nuevas técnicas y equipo de iluminación, así como fuentes de luz más eficientes, le proveen herramientas al diseñador para enfrentarse con los retos del dinámico mundo comercial y de los costos energéticos en constante aumento. El sistema de iluminación tiene que ser diseñado de manera que cree un ambiente placentero y seguro en el cual llevar a cabo negocios.

Metas de la Iluminación Comercial: Hay tres metas principales para la iluminación de áreas comerciales:

- La Iluminación Deberá Atraer Clientes. La iluminación crea una impresión inmediata de la mercadería y una apariencia del área (vitrina o interior de tienda) que lleva al cliente hacia la mercadería donde el proceso de venta comienza.
- La Iluminación *Deberá* Permitir que El Cliente Evalúe la Mercadería. El cliente deberá poder visualmente evaluar características como textura, color y calidad, así como leer etiquetas.
- La Iluminación Deberá Facilitar la Finalización de la Venta. El personal de ventas deberá poder rápida y precisamente llevar a cabo servicios tales como registro de ventas, lectura de precios, transacciones de tarjetas de crédito y empaques.

ILUMINACION DECORATIVA

Iluminación decorativa en pasillos, recepción, salas de estar, restaurante, cafetería y habitaciones del hotel. En estas zonas impera el sentido estético y no el de rendimiento lumínico. Por lo tanto, se deberá adoptar el alumbrado semiindirecto en los pasillos y habitaciones para atenuar el efecto de sombras y brillos producidos por el alumbrado directo. En recepción y en algunos puntos muy concretos se puede adoptar el alumbrado directo con lámparas halógenas de bajo voltaje, para reforzar la iluminación realzando el aspecto decorativo. En el restaurante, la cafetería y la tienda se puede adoptar luces

decorativas de semiempotrar con alumbrado directo y reflejado, que contienen lámparas de halogenuros metálicos, debido a que se espera su utilización muy continuada (se recomienda la nueva generación con bulbo cerámico, ya que ofrece menos dispersión del color de la luz, mejor reproducción cromática, mayor vida y mayor flujo y rendimiento luminoso respecto al de cuarzo). Se ha elegido este tipo de alumbrado ya que nos proporciona un elevado flujo luminoso, muy adecuado para recintos de gran superficie y altura, un rendimiento lumínico 5 veces superior al de las lámparas incandescentes, y una vida útil 6 veces más larga que estas últimas.

ILUMINACION EN ZONAS DE TRABAJO ADMINISTRATIVO

En estos recintos, como pueden ser oficinas, despachos y salas de conferencias, impera el aspecto de confort visual, así como el estético. Se utilizarán luminarias aptas para todo tipo de fluorescencia, de luminancia suave, proporcionando sensación de bienestar con bajo contraste entre los diferentes elementos del sistema.

ILUMINACION EN LA INDUSTRIA

La industria comprende un gran rango de tareas visuales, condiciones de operación, y consideraciones económicas. Las tareas visuales pueden ser pequeñas o grandes; oscuras o claras; transparentes o translúcidas; superficies especulares o difusas; posicionados en planos horizontales, verticales o inclinados; e incluir formas planas o conformadas. Además, la tarea puede incluir movimiento del objeto, el observador, o de ambos, cada una de las condiciones de las tareas, la iluminación debe proveer visibilidad adecuada para que los materiales sean transformados en productos acabados.

El diseñador de un sistema de iluminación industrial deberá considerar los siguientes factores importantes:

- Calidad y Cantidad de iluminación adecuada al proceso de manufactura y a las medidas de seguridad necesarias.
- Equipo de iluminación que satisfaga los requerimientos de diseño considerando las características fotométricas así como el desempeño mecánico necesario para cumplir con las necesidades de instalación y operación.
- Equipo que es seguro, práctico y fácil de mantener. Ciertas lámparas son propensas a eventos de fin-de-vida violentos y deben ser usadas solamente en luminarias con escudos apropiados.
- Características energéticas, económicas y operativas de los sistemas de iluminación elegidos. Todos estos factores deberán ser propiamente sopesados y administrados en la implementación del diseño.

ILUMINACION DE EMERGENCIA

Este tipo de iluminación es obligatoria en muchas instalaciones, la iluminación de emergencia se diseña para permitir la salida de la gente cuando el suministro normal de energía falla.

La iluminación de emergencia puede consistir en luces completamente separadas con baterías o las luces normales con una fuente de energía suplente . Los elementos más representativos dentro de este campo son las lámparas de señalización, aunque hoy en día se han desarrollado nuevos métodos de aplicación para diversos componentes, entre ellos las nuevas baterías para lámparas fluorescentes adaptables a la mayoría de luminarias del mercado.

ILUMINACION DE SEGURIDAD

El objetivo de la iluminación de seguridad es la prevención de actos delictuosos .El sistema de iluminación de seguridad se debe diseñar como si el guardia o la cámara de TV fuera la audiencia de un teatro y el intruso fuera un actor . La “ audiencia” debe tener una buena visión del “actor” ; y al contrario , el “actor” no debe ver a la audiencia . La “iluminación del escenario” se debe diseñar para reducir la brillantez para los guardias , cámaras o vecinos en la cercanía del lugar.La iluminación de sodio a alta presión es la fuente recomendada ya que da altos lúmenes por watt y es compatible con la mayoría de las cámaras de TV .

3-4- NIVELES DE ILUMINACION MINIMOS RECOMENDADOS

ALMACENES

Materiales medianos ----- 200 lux

Materiales pequeños-----200 lux

ASCENSORES

Cabina de carga y pasajeros-----50 lux

AUDITORIOS

Actividades sociales -----50 lux

Exposiciones -----300 lux

BANCOS

Vestíbulos , general -----500 lux

Cajas ,registros -----100 lux

BASQUETBOL

Reglamentado-----500 lux

Recreativo-----300 lux

BIBLIOTECAS

Sala de lecturas -----700 lux

Estantería -----300 lux

ESCUELAS

Aulas -----700 lux

Salas de dibujos -----1000 lux

GARAGES PARA VEHICULOS DE MOTOR

Zonas de estacionamiento -----100 lux

Zonas de reparación-----1000 lux

GIMNASIOS

Ejercicio general y recreativo -----500 lux

Competencias y concursos -----500 lux

HOTELES

Iluminación general en baños , recamaras y recibidor -----100 lux

Corredores , ascensores y escaleras -----200 lux

Lectura y áreas de trabajo -----300 lux

Galería de arte -----270 – 1100 lux

Escaparates -----320 – 1600 lux

Quirófano -----	1500 – 3000 lux
Joyería -----	540 – 1100 lux
IGLESIAS	
Altar -----	100 lux
Iluminación general en áreas de culto -----	150 lux
IMPRENTAS	
Grabado de fotografía -----	500 lux
Prensas -----	700 lux
Inspección de colores -----	200 lux
LAVANDERIAS	
Iluminación general -----	200 lux
MONTAJE	
Medio -----	1000 lux
Ajuste fino -----	5000 lux
Ajuste muy fino -----	10000 lux
OFICINAS	
Lecturas y transcripción -----	700 lux
Áreas de trabajo regular -----	1000 lux
Contabilidad , auditoria -----	1500 lux
Dibujos burdos -----	1500 lux
Cartografía , diseño y dibujo fino -----	2000 lux
TALLERES MECANICOS	
Trabajo de bancos burdos -----	500 lux

Trabajo de bancos medio , pulido -----1000 lux

TIENDAS

Pasillo , almacén -----300 lux

Venta mostrador -----1000 lux

Venta en autoservicio -----2000 lux

Salón de baile -----65 lux

Boliches -----260 – 370 lux

Exposiciones -----370 – 1100 lux

Juegos interiores -----270 – 540 lux

Relojería -----540 – 1100 lux

3-5- METODOS DE CALCULO PARA ILUMINACION DE INTERIORES

INTRODUCCION

Calcular en forma exacta el alumbrado de una zona o área por iluminar es difícil, en virtud de que intervienen muchos factores, algunos de estos factores no tienen relación con el método de cálculo usado, ya que están relacionados con el cambio en las condiciones físicas, el tiempo de operación de las lámparas y la temperatura. Factores adicionales son por ejemplo, el polvo depositado en las luminarias, en las paredes, las prácticas de mantenimiento empleados, etcétera.

Un método de cálculo en particular puede ser mejor que otro, pero a condición de que se cumplan ciertos requisitos, en realidad las publicaciones especializadas en el tema resumen estos métodos de cálculo en técnicas aplicables a ciertos casos con algunas ventajas al nivel de aplicaciones prácticas .

Para la aplicación de este método, se deben conocer o en su caso determinar los siguientes elementos:

E = Nivel de iluminación medio que se pretende realizar (Lux).

O = Flujo luminoso total emitido por la lámpara para obtener el nivel de iluminación deseado (en lumen).

S = Superficie total del local por iluminar en m^2 .

p = Factor de utilización, depende del sistema de iluminación, de las características de la luminaria, del Índice del local (K) del factor de reflexión del techo y de las paredes del local (dado en tablas o catálogos de fabricantes). Este factor de utilización se obtiene experimentalmente en locales prototipo y empleando lámparas y luminarias de características fotométricas similares.

K = Índice de local, toma en consideración en ancho y largo del local, así como la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Los valores se expresan en metros.

Para distribución con luz directa, semidirecta y mixta, el índice de local se calcula con la expresión.

$$K = \frac{a \cdot b}{H(a + b)}$$

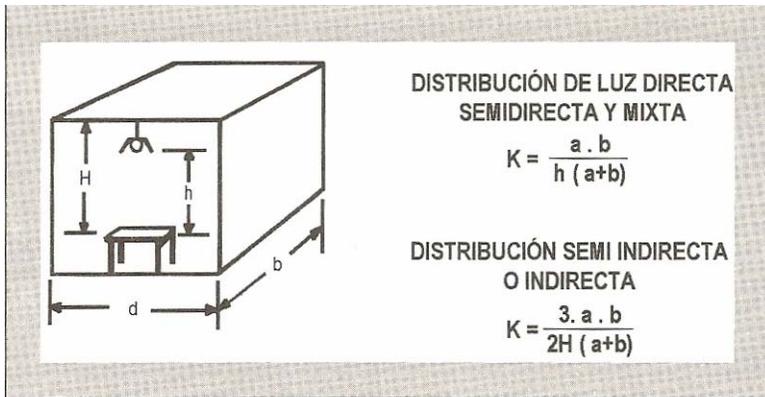
Donde:

A = Ancho del local en metros.

B = Largo del local en metros.

H = Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros.

Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz semidirecta o indirecta, se debe tomar en cuenta la altura del local (H) con respecto al plano de trabajo. El índice de local se calcula como:



M=Factor de mantenimiento

Tiene en consideración la reducción de las características fotométricas luminarias y el envejecimiento de las lámparas

Varia según las condiciones ambientales de la instalación y la forma en como se efectúa el mantenimiento.

Por el método del flujo total, la fórmula base para el cálculo del flujo luminoso total para iluminar un local, tomando en consideración los factores antes indicados es la siguiente:

$$\phi_T = \frac{Es}{u \cdot M}$$

Si se designa por ϕ_L el flujo luminoso que produce cada lámpara, se puede obtener el número de lámparas como el cociente entre el flujo total y el flujo por lámpara.

$$\text{Núm. lámparas} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

El procedimiento de cálculo por el método del flujo total es el que se resume a continuación:

1-Obtener las características del local por iluminar , como son :

La actividad que se desarrollara en el mismo , disposición y altura de los objetivos por iluminar (plano de trabajo), etc.

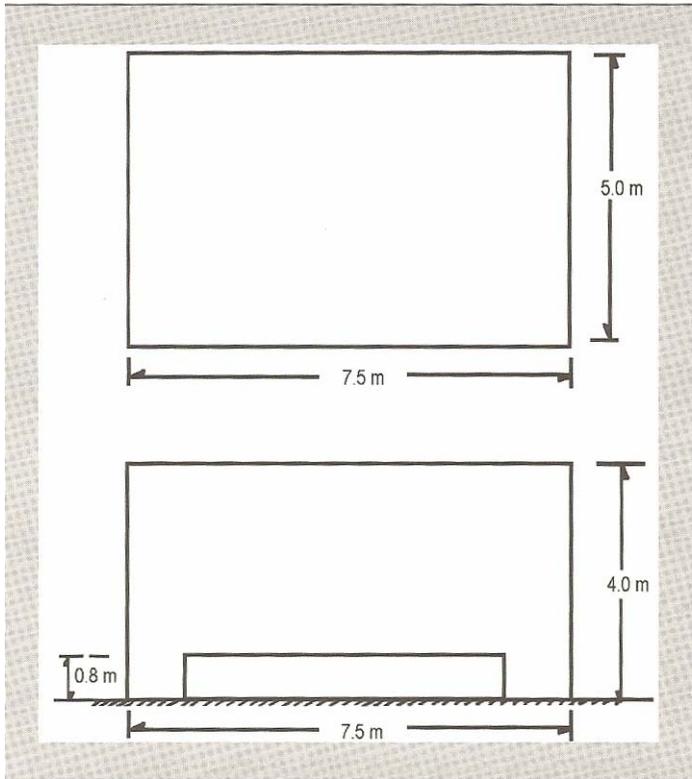
2-. Obtener de tablas de recomendaciones, el nivel de iluminación (E) en Lux.

3- Determinar la superficie del local (S) en metros cuadrados.

- 4- Calcular el índice de local (K).
- 5- Obtener de tablas el coeficiente de reflexión del techo y las paredes.
- 6- Definir el tipo de lámpara (potencia) y tonalidad (color).
- 7- Seleccionar (en su caso) el tipo de luminaria.
- 8- Obtener el factor de utilización (p.).
- 9- indicar el tipo de mantenimiento.
- 10- Calcular el flujo total (Φ_T).
- 11- Calcular el número de lámparas requerido.
- 12- Calcular la potencia total requerida por la instalación

Ejemplo:

Se desea iluminar un pequeño taller con paredes y techo de color café claro, que tiene 5 m de ancho, 7.5 m de largo y 4 m de altura del techo. Calcular el número de lámparas para obtener sobre un plano de trabajo a 0,80 m sobre el suelo, un nivel de iluminación de 250 Lux.



Solución :

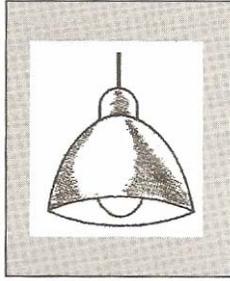
. Se considera, tratándose de un taller, que el sistema de iluminación directa es apropiado

1-Las dimensiones del local son 5 x 7.5 x 4.0.

2-Nivel de iluminación $E=250$ Lux

3-Superficie del local: $S = a \times b = 5 \times 7.5 = 37.5$ m

4-Índice del local: Suponiendo que la luminaria usada para iluminación directa usa lámpara incandescente y reflector de haz directo.



Suponiendo que la luminaria se fija a 0.50 m con respecto al techo y que el plano de trabajo está a 0.80 m con respecto al piso, la altura a considerar es: $H = 4.0 - (0.80 + 0.50) = 2.80$ m.

Debido a que se ha seleccionado iluminación directa, se tiene:

$$K = \frac{a \cdot b}{H(a + b)} = \frac{5 \times 7.5}{2.80(5 + 7.5)} = 1.07$$

5-Coeficiente de reflexión del techo y paredes.

Para el color de las paredes y el techo, se puede seleccionar en ambos casos un coeficiente de reflexión del 30%.

6-Tipo de lámparas, son incandescentes a 127 volts.

7-Luminaria

Es el reflector de haz medio

8-Factor de utilización

Se determina entrando a la tabla con el tipo de luminaria, tomando el valor del índice del local dentro del rango correspondiente (0.90— 1.10) y encontrando el valor en la columna correspondiente a) coeficiente de reflexión (30%), encontrando

$$\mu = 0.43$$

9. Tipo de mantenimiento previsto.

Se considera buena y se selecciona un coeficiente de mantenimiento $M = 0.75$

10. Flujo total.

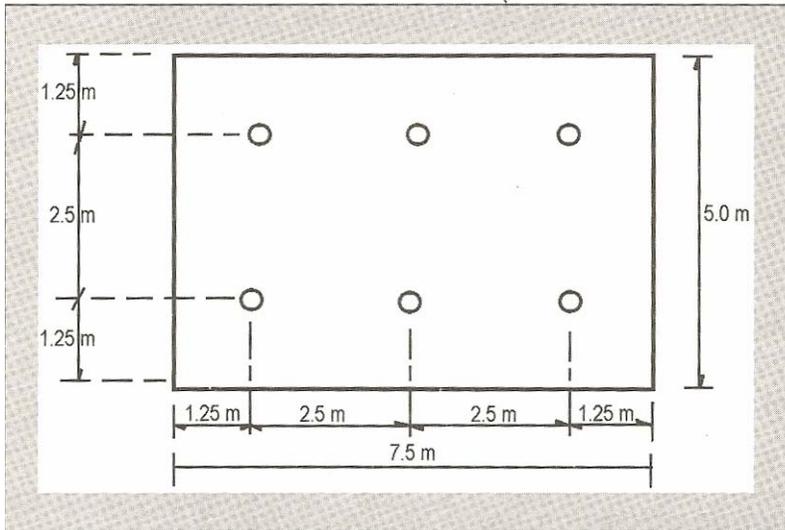
Se calcula de acuerdo con la expresión:

$$O_T = \frac{E.S}{\mu.M} = \frac{250 \times 37.5}{0.43 \times 0.75} = 29,069 \text{ Lumen}$$

11. Suponiendo que se usan lámparas de 300 watts a 127 volts el flujo por lámpara es 4950 lumen.

El número de lámparas requerido es:

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L} = \frac{29,069}{4,950} = 5.87 = 6 \text{ lámparas}$$



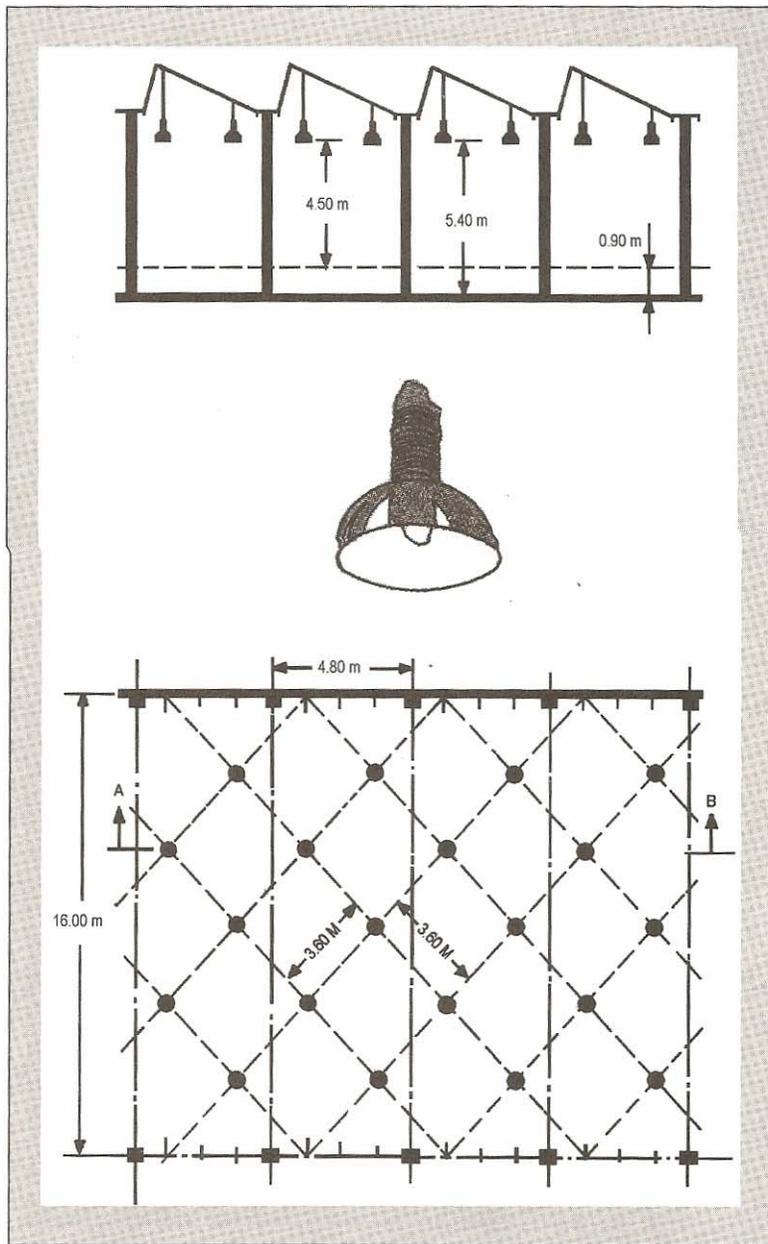
12- La potencia absorbida por la instalación :

$$P = 6 \times 300 = 1,800 \text{ watts.}$$

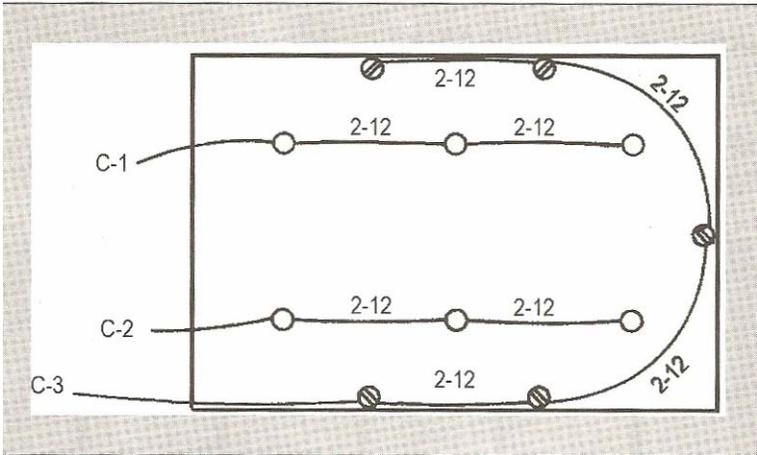
$$\text{A 127 volts } I = \frac{1,800}{127} = 14.17 \text{ Amp.}$$

Se pueden fijar 2 circuitos para alumbrado y uno más para contactos .

El conductor es número 12 AWG.

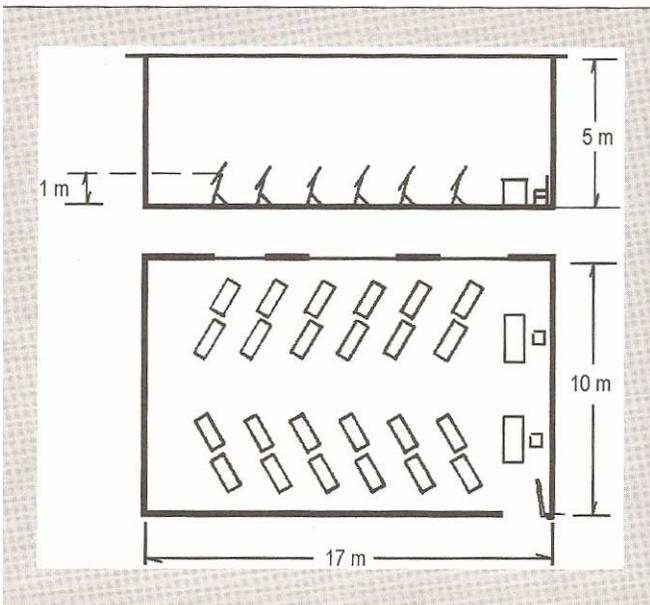


POSICIÓN TÍPICA DE LÁMPARAS EN UN ÁREA INDUSTRIAL



Ejemplo:

Se debe iluminar un salón de dibujo que tiene 17 m de largo, 10 metros de ancho y 5 m de alto, las paredes son de color crema y el techo es blanco. Calcular número de lámparas necesario para obtener sobre el plano de trabajo un nivel de iluminación de 600 Lux, indicando la disposición de las luminarias.



TIPO DE MONTAJE	FACTORES DE MANTENIMIENTO CON RESPECTO AL TIPO DE LUMINARIA			
				
BUENA	0,80	0,75	0,75	0,75
MEDIA	0,70	0,65	0,70	0,65
MALA	0,60	0,55	0,65	0,55

Formula para el calculo de flujo luminoso:

$$\phi = \frac{E \cdot S}{u \cdot m}$$

Numero de lámparas necesarias para obtener un nivel de iluminación deseado:

$$n = \frac{\phi}{\phi_L}$$

ϕ = Flujo total.

ϕ_L = Flujo por lámpara.

Solución :

1. Definición de las características del local. Dimensiones de planta 17 x 10 m, la altura es de 5.0 m.

Colores: En las paredes claro, el techo es blanco. Sistema de iluminación recomendado: mixta con luminarias suspendidas a 0.30 m. del techo.

2. Nivel de iluminación: $F = 600 \text{ Lux}$.

3. Superficie del local: $S = a \times b = 17 \times 10 = 170 \text{ m}^2$.

4. Índice de local: $H = 5.0 - (1.0 + 0.30) = 3.70 \text{ m}$.

(tomando en cuenta la altura del plano de trabajo y la suspensión de las lámparas del techo).

$$K = \frac{a \times b}{H(a + b)} = \frac{17 \times 10}{3.70(17 + 10)} = 1.70$$

5. Coeficiente de reflexión.

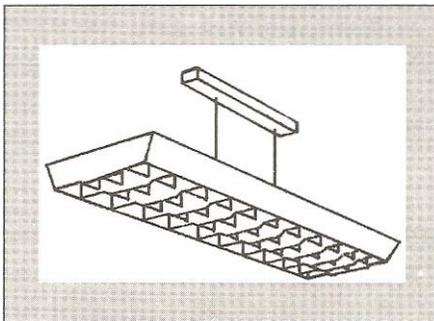
Para el techo, por ser color blanco, se puede tomar el 75% y para las paredes de color crema el 50%.

6. Tipo de lámpara.

Se considera que para el tipo de trabajo, resulta conveniente el uso de Lámparas fluorescentes de cátodo caliente de luz blanco con una potencia estimada inicialmente de 40 watts (50, incluyendo el consumo del reactor).

7. Tipo de luminaria.

Se intenta, como primera instancia, el tipo de luminaria en suspensión (por el tipo de techo sin plafón) con difusor de aletas blindado.



8. Factor de utilización

Se selecciona de acuerdo al índice local (1.70) al tipo de luminaria seleccionada, al coeficiente de reflexión del techo (75%) y de las paredes (50%), y resulta ser $\mu = 0.42$.

9. El tipo de mantenimiento previsto: Medio ($M = 0.70$).

10. Flujo total.

$$\phi_T = \frac{E.S}{\mu.M} = \frac{600 \times 170}{0.42 \times 0.70} = 346\,938 \text{ Lumen}$$

11. Número de lámparas. Considerando el tipo de lámpara fluorescente de 40 Watts la iluminación por lámpara es de :

$$\phi_L = 2,500 \text{ Lumen.}$$

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L} = \frac{346938}{2500} = 138.77$$

Se pueden considerar 140 lámparas.

Usando 4 lámparas por luminaria, el número de luminarias es:

$$\text{Núm. de luminarias} = \frac{140}{4} = 35$$

Se consideran 36, por razones de simetría.

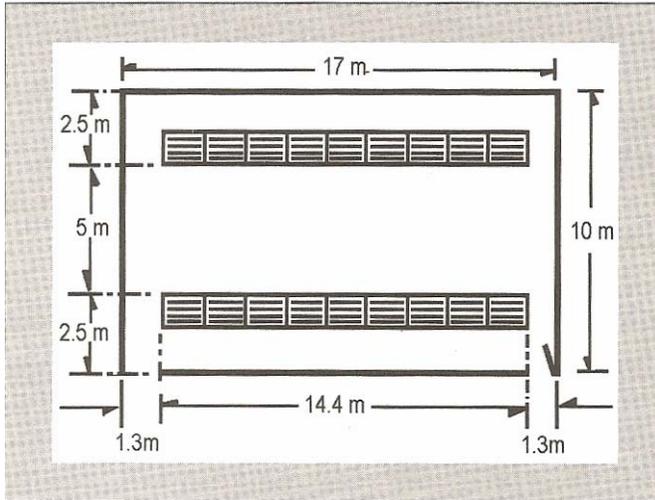
El número de luminarias parece ser excesivo, por lo que se puede analizar otra alternativa que consiste en suponer lámparas de mayor potencia, por ejemplo 65 Watts, que tienen un flujo luminoso de 5,100 Lumen.

$$\text{El número de lámparas: } N = \frac{346938}{5100} = 38$$

Se pueden aproximar a 70 lámparas, éstas tienen 1.50 m de longitud y las luminarias 1.60 m de longitud. Se requieren con 4 Lámparas por Luminaria.

$$70/4 = 18 \text{ luminarias}$$

Por lo que se pueden tener 2 filas de 9 luminarias, cada una de $9 \times 1.60 = 14.4$ metros de largo con una disposición como se muestra en la figura:



12. La potencia instalada es: $P = 70 \times 65 = 4,550$ Watts.

La densidad de carga: $4550 / (17 \times 10) = 26.76$ watts/m².

ILUMINACION DE EXTERIORES

4-1- INTRODUCCION A LA ILUMINACION EXTERIOR:

Cuando se habla de iluminación exterior, el tema abarca una amplia variedad de situaciones, tratando de lograr el nivel de iluminación adecuado en todos aquellos lugares al aire libre que por un motivo u otro lo necesiten.

Estos motivos pueden ser muy variados, como por ejemplo: turísticos, deportivos, estéticos, de seguridad ciudadana, de seguridad vial, etc.

Para que un proyecto de iluminación en áreas exteriores, esté acorde a los requerimientos mínimos de alumbrado, es necesario conocer algunos criterios que se irán desarrollando posteriormente.

4-2- ALUMBRADO DE TUNELES

En la iluminación de túneles y pasos a desnivel, y en general de cualquier tramo de vía cubierta, se busca proporcionar unas condiciones de seguridad, visibilidad, economía y fluidez adecuadas para el tráfico rodado. En túneles cortos, menos de 100 m, no será necesario iluminar salvo de noche o en circunstancias de poca visibilidad.

En los largos, será necesario un estudio individualizado de cada caso. Para ello es necesario analizar los problemas que representan los túneles para los vehículos en

condiciones de día o de noche, el mantenimiento necesario y las características de los equipos de alumbrado a instalar. Iluminación diurna. Cuando nos aproximamos a un túnel de día, la primera dificultad que encontramos es el llamado efecto del agujero negro. En él, la entrada se nos presenta como una mancha oscura en cuyo interior no podemos distinguir nada. Este problema, que se presenta cuando estamos a una distancia considerable del túnel, se debe a que la luminancia ambiental en el exterior es mucho mayor que la de la entrada. Es el fenómeno de la inducción.

Efecto del agujero negro : a medida que nos acercamos a la entrada, esta va ocupando una mayor porción del campo visual y nuestros ojos se van adaptando progresivamente al nivel de iluminación de su interior. Pero si la transición es muy rápida comparada con la diferencia entre las luminancias exterior e interior, sufriremos una ceguera momentánea con visión borrosa hasta llegar a un nuevo estado de adaptación visual. Es lo mismo que ocurre cuando, en un día soleado, entramos en un portal oscuro y durante unos instantes no vemos con claridad. Es el fenómeno de la adaptación. Se trata, por lo tanto, de un problema de diferencia de niveles de luminancia entre el exterior (3000-8000 cd/m²) y el interior del túnel (5-10 cd/m²). Podríamos pensar que manteniendo un valor de luminancia próximo al exterior en toda su longitud habríamos resuelto el problema, pero esta solución es antieconómica. Lo que se hace en túneles o pasos a desnivel largos, con densidad de tráfico elevada o cualquier otra circunstancia que dificulte la visión, es reducir progresivamente el nivel de luminancia desde la entrada hasta la zona central. En la salida no hay que preocuparse de esto pues al pasar de niveles bajos a altos esta es muy rápida. Así pues, podemos dividir los túneles en varias zonas según los requerimientos luminosos: Niveles de luminancia requeridos en un túnel de tráfico unidireccional: • Zona de acceso, • Zona de entrada, o Zona de umbral. o Zona de transición. • Zona central. • Zona de salida. Zona de acceso: Antes de establecer la iluminación necesaria en la entrada del túnel, debemos determinar el nivel medio de luminancia en la zona de acceso o luminancia externa de adaptación. Este magnitud se calcula a partir de las luminancias de los elementos del campo visual del observador como puedan ser el cielo, los edificios, las montañas, los árboles, la carretera, etc. y su valor oscila entre 3000 y 10000 cd/m². Zona montañosa Zona llana y descubierta Zona edificada: En zonas llanas y descubiertas donde el cielo ocupa la mayor parte del campo visual podemos tomar un valor máximo de 8000 cd/m². Mientras en las zonas montañosas o edificadas donde cobran mayor importancia las luminancias de los edificios, las montañas, la carretera o los árboles se adopta un valor de 10000 cd/m². Región Luminancia máxima (cd/m²), Llana y descubierta 8000, Montañosa o edificada 10000. Sin embargo, estos valores orientativos no excluyen de un cálculo más riguroso de la luminancia de la zona de acceso siguiendo las recomendaciones y normas vigentes. Zona de umbral: Para proporcionar al conductor una información visual adecuada en la entrada, la iluminación debe ser por lo menos un 10% de la luminancia de la zona de acceso en un tramo de longitud aproximadamente igual a la distancia de frenado del vehículo (entre 40 y 80 m para velocidades comprendidas entre 50 y 100 km/h). Zona central: En la sección central de los túneles o pasos a desnivel el nivel de luminancia se mantiene constante en valores bajos que rondan entre 5 y 20 cd/m² según la velocidad máxima permitida y la densidad de tráfico existente. Es conveniente, además, que las paredes tengan una luminancia por lo menos igual a la de la calzada para mejorar la iluminación en el interior. Zona de salida: En la

salida las condiciones de iluminación son menos críticas pues la visión se adapta muy deprisa al pasar de ambientes oscuros a claros. Los vehículos u otros obstáculos se distinguen con facilidad porque sus siluetas se recortan claramente sobre el fondo luminoso que forma la salida. Esto se acentúa, además, si las paredes tienen una reflectancia alta. En estas condiciones, la iluminación sirve más como referencia y basta en la mayoría de los casos con unas 20 cd/m² para obtener buenos resultados.

ILUMINACION NOCTURNA: En ausencia de luz diurna, iluminar un túnel resulta mucho más sencillo. Basta con reducir el nivel de luminancia en el interior del túnel hasta el valor de la iluminación de la carretera donde se encuentra o si esta no está iluminada que la relación entre las luminancias interior y exterior no pase de 3 a 1 para evitar problemas de adaptación. En este último caso se recomienda un valor aproximado entre 2 y 5 cd/m². Hay que tener en cuenta que aunque no se presente el efecto del agujero negro en la entrada sí se puede dar en la salida. Por ello es recomendable iluminar la carretera a partir de la salida durante un mínimo de 200 m para ayudar a la adaptación visual.

EQUIPOS DE ALUMBRADO: Las lámparas utilizadas en los túneles se caracterizan por una elevada eficiencia luminosa y larga vida útil. Por ello se utilizan lámpara fluorescentes o de vapor de sodio a baja presión dispuestas en filas continuas en paredes o techos. En la entrada, donde los requerimientos luminosos son mayores se instalan lámparas de halogenuros metálicos o de vapor de sodio a alta presión. En el caso de las luminarias, estas deben ser robustas, herméticas, resistentes a las agresiones de los gases de escape y los productos de limpieza. Además de ser de fácil instalación, acceso y mantenimiento. Debido a los gases de escape y partículas en suspensión es conveniente una limpieza periódica. Momento que se puede aprovechar para sustituir las lámparas fundidas aunque conviene también establecer un plan de sustitución periódica de todas las lámparas a la vez según el ciclo de vida de las mismas para garantizar un nivel de iluminación óptimo. La distribución de las luminarias es muy importante; ha de garantizar una distribución uniforme de la luz sobre la calzada, el control del deslumbramiento, el nivel de luminancia, etc. Pero además, los túneles presentan dos dificultades añadidas: el efecto cebra y el efecto del parpadeo o flicker.

MANTENIMIENTO: Para mantener en buenas condiciones el sistema de iluminación y conservar unos niveles óptimos es necesario realizar una serie de operaciones periódicamente como la sustitución de las lámparas o la limpieza de las luminarias, paredes y calzada. Además de contar con un sistema de ventilación eficaz que evacue los humos, gases de escape y partículas en suspensión que dispersan la luz. Así mismo, para maximizar la iluminación en el interior conviene que el techo, las paredes y la calzada sean de materiales con alta reflectancia pero sin brillos, fáciles de limpiar y resistentes a las agresiones.

PANELES PARA EL REVESTIMIENTO DE TÚNELES: un sistema de gran eficacia con el propósito de garantizar los nuevos modelos de seguridad también para el tráfico en túneles. El verdadero problema para el tránsito en los túneles y pasos a desnivel viene constituido por la escasa iluminación de las paredes de hormigón. La luminosidad de las paredes del túnel debe ser igual al de la calzada. El hormigón está sujeto a absorber

irremediamente el polvo y la carbonilla de los residuos de combustión de los vehículos, su superficie ya de por sí gris, se convertirá con el tiempo más oscura: ningún sistema de iluminación, aunque sea potente, no podrá volverlo perfectamente visible

4-3- ALUMBRADO DE CALLES

Una instalación de alumbrado público crea un ambiente que permite una visibilidad clara e identificación precisa de las personas y objetos en las vías transitadas.

Esto trae consigo una reducción en los accidentes vehiculares y/o peatonales durante las horas nocturnas. Además al permitir la supervisión y seguridad de las vías, se promueve su uso comercial e industrial de durante las noches.

Cualquier instalación para alumbrado de calles debe garantizar una visibilidad adecuada durante las horas que se inicia el día y la noche misma, con el objeto de que se desarrolle el tráfico motorizado y la seguridad de peatones.

Los usuarios de la calle deben estar en posibilidad de detectar todos los detalles del ambiente, como son: señalización, situaciones de peligro, obstáculos, etcétera. Para los propósitos del proyecto de las instalaciones eléctricas para alumbrado en calles, es conveniente tomar en consideración los siguientes elementos:

CLASE DE LA CALLE: Su ancho y tipo de pavimento. Basándose en estos elementos, se puede definir el nivel de iluminación.

LUMINARIAS Y FUENTES LUMINOSAS: Estos elementos condicionan la distribución del flujo luminoso sobre el plano de la calle y los costos de operación.

GEOMETRÍA DE LA INSTALACIÓN: Consiste en definir la disposición de los centros luminosos la altura de los postes que soportan a las luminarias y la separación entre ellos así como la inclinación del brazo respecto a la calle.

TIPO DE ALIMENTACIÓN PREVISTA: Se debe tomar en consideración el tipo de alimentación prevista para las luminarias, es decir, si es monofásica o trifásica, si es área o en cable el voltaje de alimentación y el punto de alimentación.

POSIBILIDAD DE INSTALACIÓN: Las instalaciones para alumbrado normalmente forman parte de otras instalaciones como son las propias redes de distribución, la red telefónica, etcétera, por lo que es necesario obtener el permiso para la instalación, los trámites de terreno, las disposiciones normativas, etcétera.

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO DE

CALLES O ALUMBRADO PÚBLICO: El punto de partida para un proyecto de iluminación en calles son los elementos a considerar y, además, ciertos requisitos que debe satisfacer la instalación, como son:

Evitar el fenómeno de deslumbramiento.

Ofrecer un grado aceptable de uniformidad en la iluminación.

Facilitar el mantenimiento.

Satisfacer las condiciones de estética.

A continuación se muestran unos de los últimos modelos de luminarias que existen en el mercado:



Niveles de iluminación recomendados :

Tipo de vía	Nivel de iluminación
Carreteras principales	20 a 30 Lux
Calles principales	
Carreteras secundarias	15 a 20 Lux
Calles secundarias	

Calles en zonas residenciales	10 a 15 Lux
Calles en zonas industriales	

DISPOSICIÓN DE LOS CENTROS LUMINOSOS O LUMINARIAS:

Desde punto de vista constructivo y de iluminación, considerando también la importancia y características de la calle por iluminar, existen distintas posibilidades de disposición de las luminarias, las más comunes son las que se mencionan a continuación:

UNILATERAL CON POSTES. Esta solución busca por lo general conciliar los requerimientos de iluminación con los económicos, en particular, con respecto a la altura de la instalación de las luminarias, cuando ésta es igual o mayor al ancho de la calle (área de circulación de vehículos), se debe tener especial cuidado en la iluminación de las curvas de las calles.

Esta solución se adopta por lo general en calles que no son anchas.

BILATERAL CON POSTES CON CENTROS ALTERNADOS. Esta solución puede representar una mejor visibilidad en la calle en comparación con la solución de disposición unilateral, pero también representa un costo superior, ya que requiere también de una doble Línea de alimentación.

Esta instalación requiere también de una correcta correlación entre altura del poste y ancho de la calle, y la localización de las luminarias se debe hacer en forma cuidadosa para evitar que existan condiciones desfavorables en luz sobre la calle.

DISPOSICION BILATERAL CON POSTES CON CENTROS OPUESTOS. Esta solución es preferible a la disposición bilateral con centros alternados, pero es más costosa, por lo que solo se recomienda para calles largas y anchas que tienen dos sentidos de circulación. Esta disposición requiere también de doble alimentación.

DISPOSICIÓN CON LUMINARIAS DOBLES AL CENTRO. Esta disposición es aplicable a calles que tienen camellon central. Ofrece la ventaja de tener una sola línea de alimentación, presenta también un buen aspecto estético y ofrece economía en el número de postes usados, respecto a las disposiciones bilaterales.

DISPOSICION PARA CALLES ANGOSTAS Y AREAS RESIDENCIALES. Este tipo de iluminación se usa para calles angostas que tienen árboles, principalmente ornamentales (pequeños), o bien, en parques y jardines en donde se deben respetar algunas exigencias de carácter estético. También se usan en calles con árboles grandes en donde su follaje impide la iluminación o hay interferencia con la iluminación. Este tipo de luminarias y su montaje presenta el problema de que con frecuencia se requiere desfoliar los árboles para evitar estos problemas de interferencia con la iluminación.

SISTEMA DE ILUMINACION EN GRUPO. Para la iluminación de glorietas, de plazas, de cruces de calles con glorietas y grandes áreas abiertas, se prevé el uso de torres con altura entre 20 y 40 metros, sobre las cuales se instalan baterías de luminarias. Estas torres disponen de dispositivos que permiten bajar con cierta facilidad las luminarias para fines de mantenimiento.

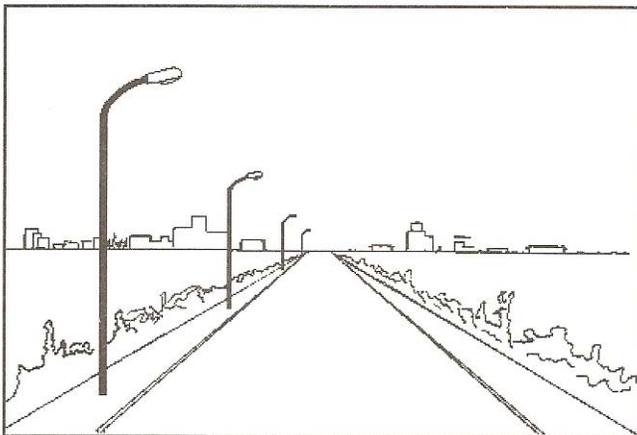
CURVAS Y CRUCEROS DE CALLES. Para la iluminación de secciones de calles curvilíneas, se disponen los centros luminosos o luminarias sobre el lado externo de la curva. Para facilitar el tratamiento a una sección de calle en forma de curva, se recomienda localizar un centro luminoso sobre la prolongación de cada uno de los ejes en la línea de circulación de vehículos (marcados con la letra A), con relación a estos se establece la posición de los otros.

En el caso de los cruceros o cruces entre calles, por la disposición de las mismas, se pueden clasificar como cruces en T y cruces en X, y de hecho son aplicables los criterios generales de localización de luminarias mencionadas para las curvas en calles.

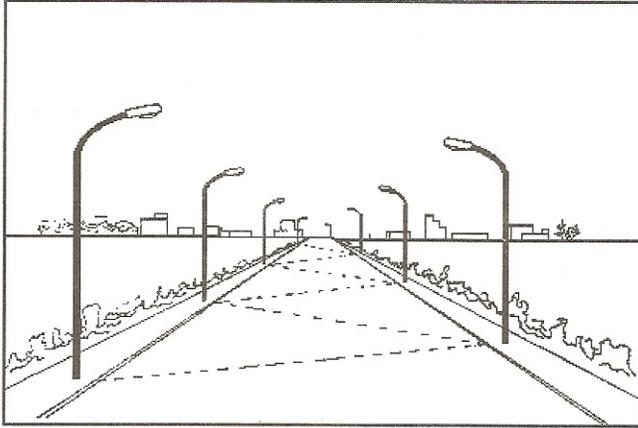
Para la iluminación de cruceros en T generalmente se localiza un centro luminoso C sobre el eje de circulación y posteriormente se establece la posición de los otros.

Para la iluminación de los cruceros en X las soluciones pueden ser distintas, según sea el tipo de calles que ocurren al cruce. Para calles de la misma clase o categoría que tengan sistema de iluminación bilateral, es recomendable localizar un centro luminoso sobre el lado opuesto del cruce con relación a la dirección del tráfico (A).

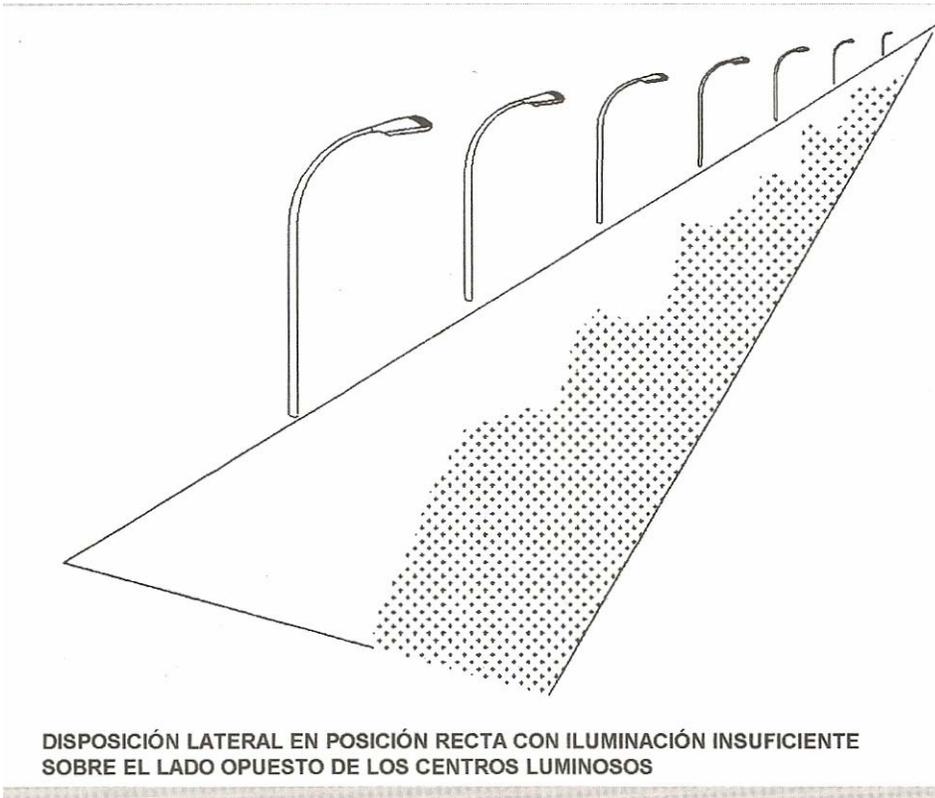
Para cruces de calles en glorietas, se presentan soluciones que tomen en consideración también la iluminación de estas glorietas, de manera que se obtenga una solución satisfactoria tanto para el tráfico motorizado como para los peatones.



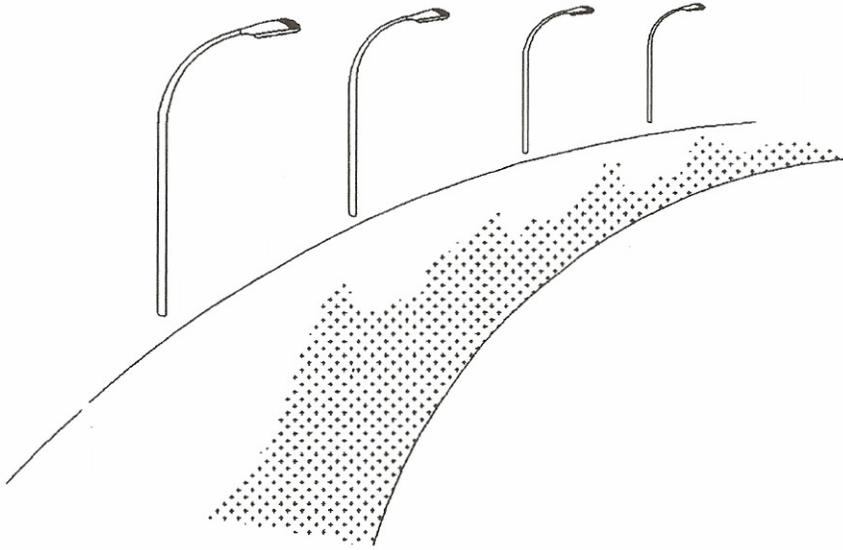
ILUMINACIÓN DE CALLES EN FORMA UNILATERAL PARA CALLES RELATIVAMENTE ANGOSTAS, ES UNA SOLUCIÓN ECONÓMICA QUE CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE ILUMINACIÓN.



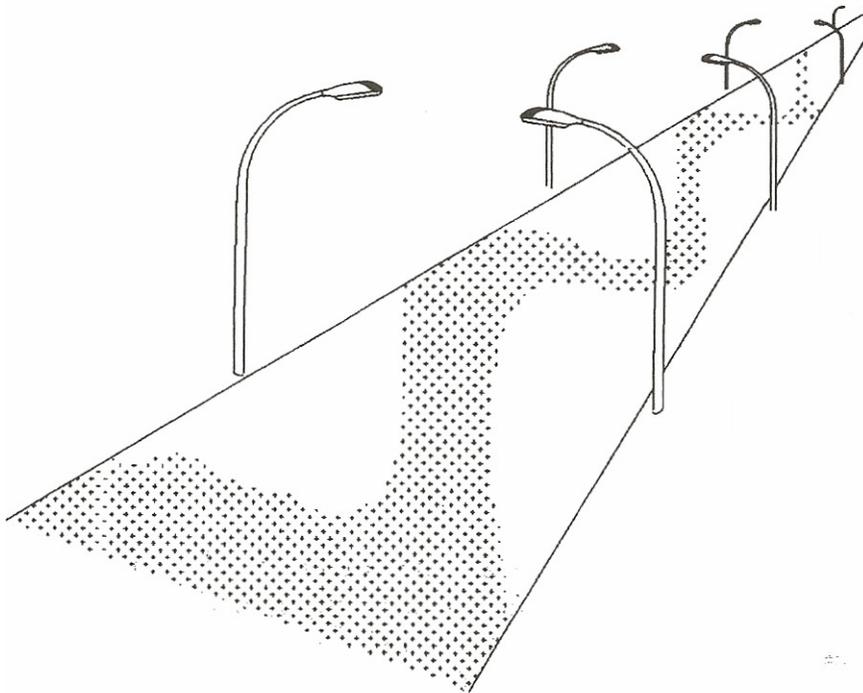
ILUMINACIÓN BILATERAL CON LUMINARIAS ALTERNADAS PERMITE BUENA VISIBILIDAD, SE USA EN CALLES ANCHAS O AVENIDAS REQUIERE DE UNA ALIMENTACIÓN POR CADA FILA DE LUMINARIAS



DISPOSICIÓN LATERAL EN POSICIÓN RECTA CON ILUMINACIÓN INSUFICIENTE SOBRE EL LADO OPUESTO DE LOS CENTROS LUMINOSOS



**POSICIÓN UNILATERAL EN CURVA CON ILUMINACIÓN DIFUSA DEBAJO DE LA
EA DE VARIACIÓN DE LA DIRECCIÓN**



**DISPOSICIÓN BILATERAL ALTERNADA CON ILUMINACIÓN SUFICIENTE DISTRIBUIDA
SOBRE TODA LA TRAYECTORIA DE LA CALLE**

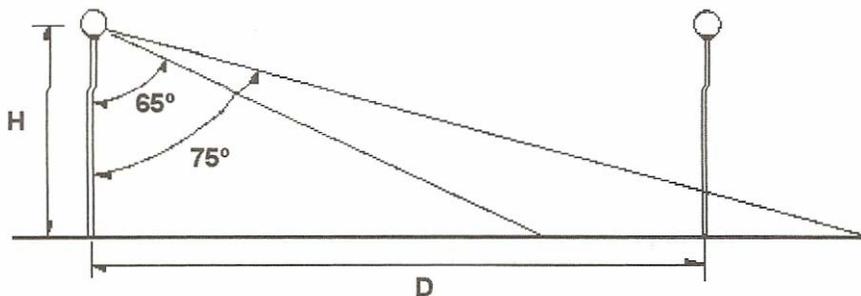
4-4- CALCULOS PARA ILUMINACION EXTERNA

Los métodos de cálculo de iluminación externa son esencialmente iguales a los usados para el cálculo de iluminación en interiores, a excepción del llamado método de la cavidad zonal, que no es aplicable al alumbrado exterior.

Algunos conceptos generales que se emplean en los distintos métodos de alumbrado exterior son aplicables a cualquiera de los mismos. De estos conceptos los más importantes son los siguientes:

La distancia entre luminarias o centros luminosos debe ser tal que la correspondencia de la proyección vertical del centro óptico de cada luminaria sobre la calle uniéndolo de alguna forma al centro luminoso de la luminaria contigua.

La distancia entre luminarias incide sobre el costo de la instalación, ya que a menor distancia mayor número de luminarias y, en consecuencia, se requiere de mayor mantenimiento. Esta distancia entre luminarias depende de la altura de montaje de los centros luminosos (H), de la uniformidad deseada en la iluminación y del grado de deslumbramiento tolerado.



COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN. El coeficiente de utilización se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la calle (ϕ_L), es decir:

$$N_u = \frac{\phi_u}{\phi_L}$$

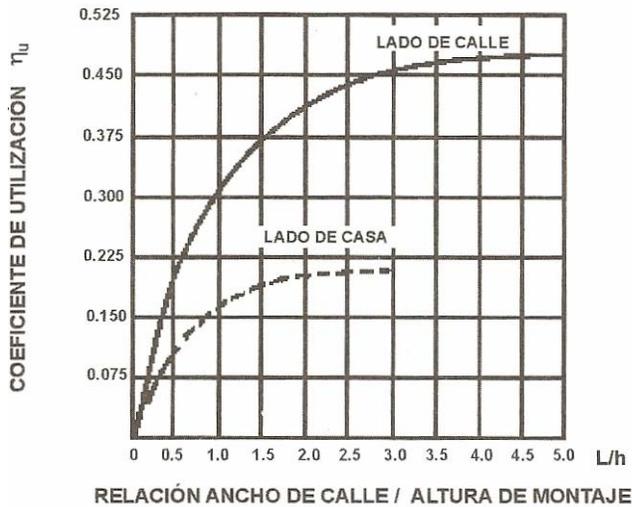
Este coeficiente de utilización depende de los siguientes factores:

- El tipo de luminaria.
- La disposición de las luminarias (centros luminosos).
- El ancho de la calle iluminada.
- El factor de reflexión.

El coeficiente de utilización varía entre 0.20 y 0.50 para un ancho de calle del mismo orden que la altura de la luminaria.

El coeficiente de utilización por lo general lo proporcionan los fabricantes de lámparas y luminarias para alumbrado exterior, en forma de curvas, donde se indica la iluminación

proporcionada por un centro luminoso hacia el lado de la calle y hacia el lado de las casas.



Ejemplo :

Para ilustrar el uso de gráficas como la anterior, considere que se va a iluminar una calle de 15 m de ancho con luminarias instaladas en un solo lado de la calle, montadas en postes de 10 m de altura y usando lámparas fluorescentes de 250 watts, con un flujo luminoso por Lámpara (Φ_L) de 13700 lumen. Se desea obtener la iluminación media inicial.

Solución:

La relación L/H es $15/10 = 1.5$, entrando con este valor. Se entra a la curva cortando la correspondiente al lado de la calle y se encuentra que el coeficiente de utilización es $N_u = 0.375$. El flujo Útil sobre la calle se calcula como:

$$\Phi_U = \Phi_L N_u = 13,700 \times 0.375 \text{ Lumen}$$

Si se supone que la distancia entre luminarias es de 30 m, la superficie por iluminar correspondiente a un centro luminoso aislado es: $S = D.L = 30 \times 15 = 450 \text{ m}^2$. La iluminación media inicial es por lo tanto:

$$I_M = \frac{\phi_U}{S} = \frac{5137}{450} = 11.4 \text{ Lux}$$

METODO DEL FLUJO TOTAL

Superficie iluminada por cada punto de luz, suponiendo que $d = 25$ metros y que $L=8$ metros entonces :

$$S = dL = 25 \times 8 = 200 \text{ m}^2$$

Coefficientes de utilización

Se deducen de las curvas facilitadas por los fabricantes. Están relacionados con el flujo que la luminaria envía al suelo respecto al plano transversal que pasa por el foco de la propia luminaria por el “lado de la calle” y el “lado de las casas”.

Admitiendo que las curvas correspondientes a la luminaria adoptada sean las que aparecen en la grafica posterior, la curva k_1 corresponde al lado calle y la curva k_2 al lado casas. En el primer caso, debido a que el pie de la luminaria (P1 cae sobre la acera, se deberá excluir del cómputo la parte de flujo comprendida en la superficie de la acera (* Expresándolo todo en función de la altura h tendremos:

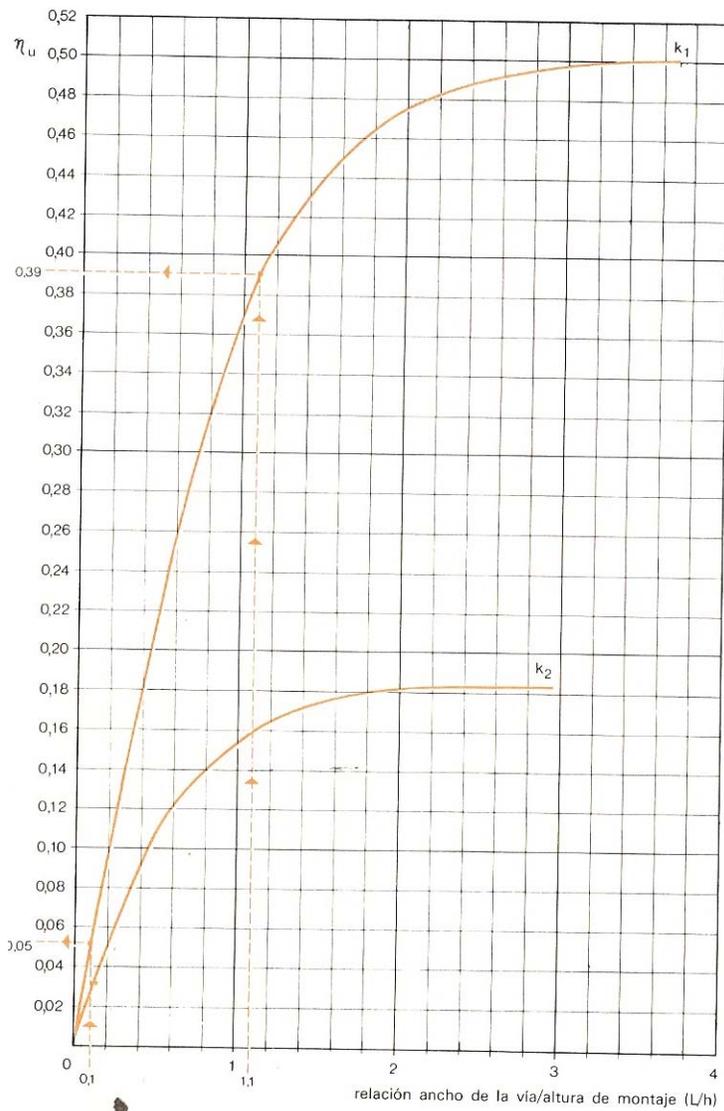
$$\frac{\text{separación del bordillo}}{\text{altura}} = \frac{0,80}{8} = 0,1$$

$$\frac{\text{separación del bordillo} + \text{ancho de la calle}}{\text{altura}} = \frac{0,80 + 8}{8} = 1,1$$

En el eje de abscisas se sitúan los valores de 0,1 y 1,1. En función de la curva k_1 se pueden leer en las ordenadas los valores de que son, respectivamente, 0,05 y 0,39.

El coeficiente efectivo de utilización en el lado de la calle será, por lo tanto:

$$\eta_{u1} = 0,39 - 0,05 = 0,34$$



En el segundo case, “lado de las casas”, tendremos:

$$\frac{\text{anchura de la acera} - \text{separación del bordillo}}{\text{altura}} = \frac{1,20 - 0,80}{8} = 0,05$$

Al igual que antes, aunque tomando como referencia la curva k2 se lee 0,01. Puesto que en la curva k1, correspondiendo a 0,1 hemos leído 0,05, resulta de ello que el coeficiente del “lado de las casas” será:

$$\eta_{u2} = 0,01 + 0,05 = 0,06$$

Flujo luminoso:

En base a dichos coeficientes de utilización se deduce el flujo luminoso en el lado de la calle:

$$\Phi_l = \frac{E_m S}{\eta_{ul} k_d k_m} = \frac{6 \times 200}{0,34 \times 0,85 \times 0,70} = 5\,932 \text{ lumen}$$

Se adopta, por lo tanto, una lámpara de 125 W cuyo flujo luminoso (6300) es el más próximo al calculado.

El nivel de iluminación media de la calzada, en el momento de poner la instalación en servicio, será pues:

$$E_m = \frac{\eta_{ul} \Phi_L}{S} = \frac{0,34 \times 6\,300}{200} = 10,7 \text{ lux}$$

y una vez depreciado:

$$E_m k_d k_m = 10,7 \times 0,85 \times 0,70 = 6,4 \text{ lux}$$

Análogamente, para la iluminación del lado de las casas:

$$E_m = \frac{\eta_{ul} \Phi_L}{S_p} = \frac{0,06 \times 6\,300}{30} = 12,6 \text{ lux}$$

Siendo S_p , la superficie iluminada de la acera, cuya anchura es

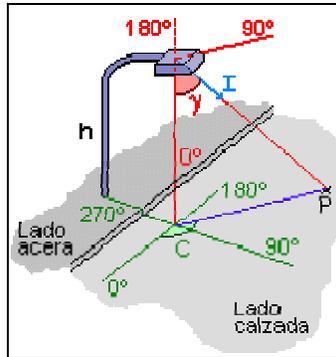
de 1,20 m y siendo la separación entre unidades luminosas igual a 25 m.

4-5- TIPOS DE DIAGRAMAS Y GRAFICOS

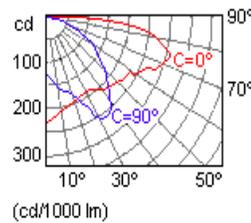
CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA O DIAGRAMA POLAR :

En estos gráficos, la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres o dos coordenadas (I, C, Ψ), como lo muestra la figura siguiente. La primera de ellas **I** representa el valor de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo **C** indica el plano vertical y Ψ mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las gráficas no se suelen indicar, salvo para el alumbrado público. En este caso, los

ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera; 90° y 270° son perpendiculares al borde de la luminaria y caen respectivamente en la calzada y en la acera.

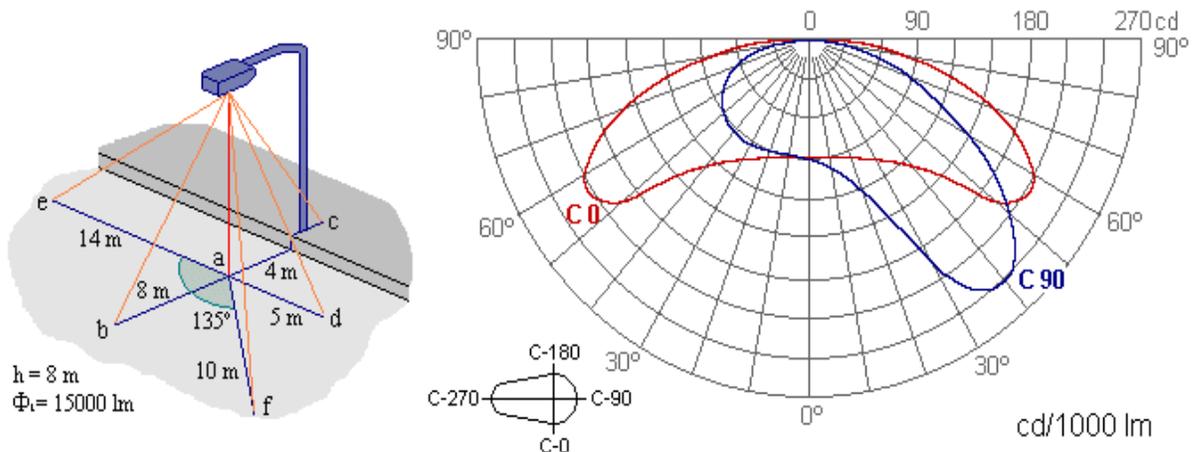


En las curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C , sólo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a éstos, como se muestra en la figura siguiente ($C = 0^\circ$ y $C = 90^\circ$) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad.



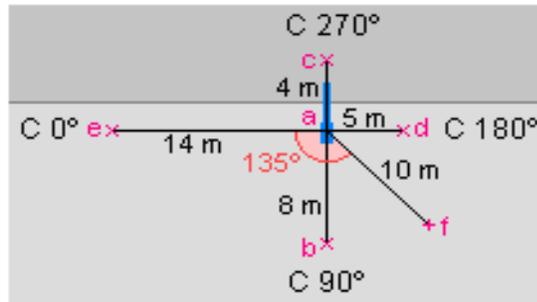
Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando sólo varía la potencia de ésta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm u otro valor definido por el fabricante.

Ejemplo de cálculo de iluminación mediante la utilización de un diagrama polar. Para el tramo de calle de la figura, se pide calcular la iluminancia en los puntos a, b, c, d, e y f. El



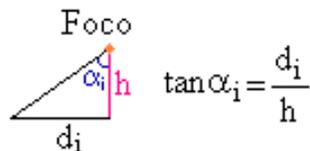
poste mide 8 m de altura y la lámpara tiene un flujo de 15000 lm. Asimismo, se suministran los diagramas polares de las luminarias referenciadas a 1000 lm.

En este caso, la intensidad no es uniforme ni constante en cualquier dirección y por ello es necesario que trabajar con gráficos. Esto no acarrea mayor complicación respecto a lo visto anteriormente y la mecánica y las fórmulas empleadas, siguen siendo las mismas. La única diferencia estriba en que los valores de la intensidad, que ahora depende de los ángulos α y C , se obtienen de un gráfico polar.



Los pasos a seguir son:

Calcular α :



Se obtiene el flujo luminoso $I(\alpha)$ relativo del gráfico, según el valor de C (si no se dispone del gráfico hay que interpolar) y calcular I real:

$$I_{\text{real}} = \Phi_{\text{lámpara}} \cdot \frac{I_{\text{gráfico}}}{1000}$$

Calcular la iluminancia:

$$E_i = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha_i$$

a) Calcular la Iluminancia en a (se utiliza el gráfico C_0):

$$\alpha=0^\circ$$

Grafico $C=0^\circ$ o 180°

Para $\alpha=0^\circ$ y $C=0^\circ$ el valor de I relativo es:

$$I_r = 90 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

Se aplica la formula para obtener I real

$$I = \frac{90 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 1350 \text{ cd}$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{1350 \cos^3 0}{8^2} = 21.09 \text{ lx}$$

b) Calcular la Iluminancia en b (se utiliza el gráfico C_{90}):

$$\tan \alpha = \frac{d}{h} = \frac{8}{8} = 1 \quad ; \quad \alpha = 45^\circ$$

Gráfico transversal C: 90° - 270°

Para $\alpha=45^\circ$ y $C=90^\circ$ el valor de I relativo es:

$$I_r = 230 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$$

Se aplica la formula para obtener I real

$$I = \frac{230 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 3450 \text{ cd}$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{3450 \cos^3 45^\circ}{8^2} = 19.06 \text{ lx}$$

c) Calcular la Iluminancia en f:

$$\tan \alpha = \frac{d}{h} = \frac{10}{8} = 1.25 \quad ; \quad \alpha = 51.3^\circ$$

A este punto le correspondería una curva de $C = 135^\circ$, pero como no se dispone de esta, se debe interpolar la intensidad luminosa a partir de los valores de las curvas de $C = 90^\circ$ y $C = 180^\circ$ para un valor de alfa de 51.3° .

$$C = 90^\circ \quad I_{90} = 210 \text{ cd/1000 lm}$$

$$C = 180^\circ \quad I_{180} = 180 \text{ cd/1000 lm}$$

$$I_{135} = I_{90} + (I_{180} - I_{90}) \cdot \frac{135 - 90}{180 - 90} = 210 + (180 - 210) \cdot \frac{135 - 90}{180 - 90} = 195 \text{ cd/1000 lm}$$

Se aplica la fórmula para obtener I real

Aplicamos la fórmula para obtener I real

$$I = \frac{195 \text{ cd}}{1000 \text{ lm}} \cdot 15 \cdot 10^3 \text{ lm} = 2925 \text{ cd}$$

Finalmente:

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{h^2} = \frac{2925 \cos^3 51.3^\circ}{8^2} = 11.17 \text{ lx}$$

Como se puede ver, la mecánica de cálculo es siempre la misma y los resultados finales son:

Datos: $h = 8 \text{ m}$; $\Phi = 15000 \text{ lm}$

Punto	d (m)	tan α	α	C	I_r (cd/1000 lm)	I (lm)	E (lx)
a	0	0	0°	0°	90	1350	21.09
b	8	1	45°	90°	230	3450	19.06
c	4	0.5	26.6°	270°	90	1350	15.08
d	5	0.625	32°	180°	110	1650	15.72
e	14	1.75	60.3°	0°	210	3150	6.15
f	10	1.25	51.3°	45°	195	2925	11.17

DIAGRAMA ISOCANDELA:

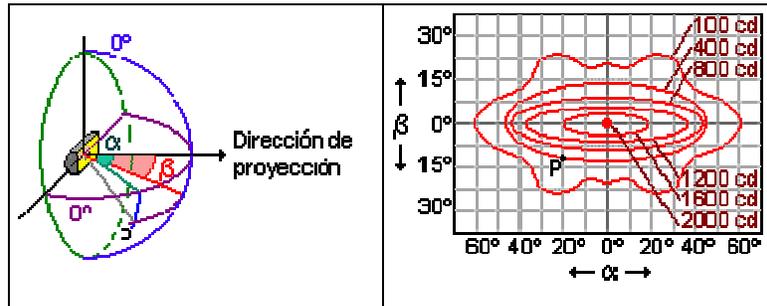
A pesar de que las curvas de distribución luminosa son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo dan información de lo que ocurre en unos pocos planos meridionales (para algunos valores de C) y no se sabe a ciencia cierta, qué pasa en el resto. Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección, se definen las curvas isocandela.

En los diagramas isocandelas se representan en un plano, mediante curvas con los puntos de igual intensidad luminosa. Cada punto indica una dirección del espacio, definido por dos coordenadas rectangulares.

PROYECTORES PARA ALUMBRADO POR PROYECCION:

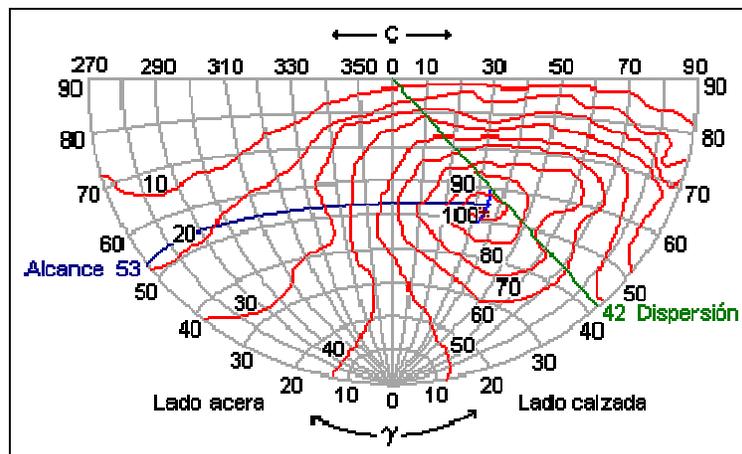
En los proyectores se utiliza un sistema de coordenadas rectangulares con ángulos en lugar de las típicas x e y, como lo muestra la figura siguiente. Para situar una dirección se

utiliza un sistema de meridianos y paralelos similar al que se usa con la Tierra. El paralelo 0° se hace coincidir con el plano horizontal que contiene la dirección del haz de luz y el meridiano 0° con el plano perpendicular a éste. Cualquier dirección, queda definida por sus dos coordenadas angulares. Conocidas éstas, se sitúan los puntos sobre el gráfico y se unen aquellos con igual valor de intensidad luminosa, formando las líneas isocandelas.



LUMINARIAS PARA ALUMBRADO PUBLICO (PROYECCION AZIMUTAL DE LAMBERT):

En las luminarias para alumbrado público, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y γ , usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella, se dibujan las líneas isocandelas. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de la intensidad luminosa con la superficie de ésta. Para la representación plana de la superficie, se recurre a la proyección azimutal de Lambert, como lo muestra la figura a continuación:



En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo C , los paralelos el ángulo γ y las intensidades las líneas rojas, se representan en tanto por ciento de la intensidad máxima.

Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes), por la intensidad luminosa en el área.

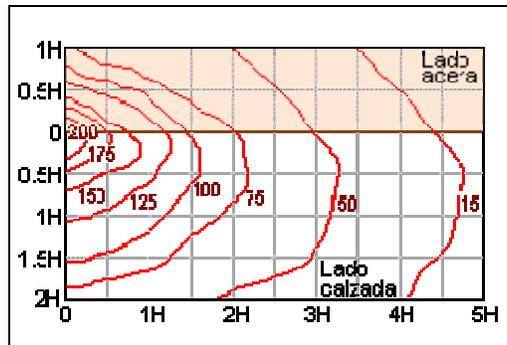
Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una representación de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada, mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

CURVAS ISOLUX:

Las curvas vistas en los ejemplos anteriores (diagramas polares e isocandelas) se consiguen a partir de características de fuentes luminosas, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de éstas. Por el contrario, las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias, y flujo luminoso recibido por una superficie.

Estos gráficos dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y son utilizadas especialmente en el alumbrado público.

Lo más habitual, es expresar las curvas isolux en valores absolutos, definidos por cada fabricante. En la figura siguiente se muestra que el punto 0 es el lugar donde se encuentra instalado el poste con la luminaria. Los niveles o curvas de color rojo, muestran los niveles de iluminación, medidos en lux, que recibe el plano de trabajo la letra H, representa la altura de montaje.



Los valores reales se obtienen a partir de las curvas, usando la ecuación

$$E_{Hreal} = E_{curva} * \frac{\Phi_{Lreal} * I^2}{1000 H^2}$$

Donde:

E_{Hreal} : Nivel de iluminación real existente en un determinado punto expresada en lux (lx).

Ecurva : Nivel de iluminación entregado por la curva en un determinado punto, expresada en lux (lx).

Φ_{real} : Flujo luminoso de la lámpara a utilizar. Se expresa en lúmenes (lm).

H : Altura de montaje de la luminaria en metros.

También se puede expresar en valores relativos a la iluminancia máxima (100%), para cada altura de montaje. Los valores reales de iluminancia o niveles de iluminación, se expresan en la ecuación .

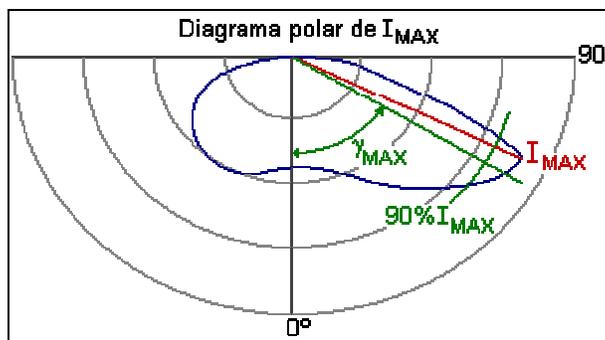
$$E_{max} = a * \frac{\Phi_{Lreal}}{H^2}$$

Donde:

a : Coeficiente suministrado por las gráficas

En la actualidad, las luminarias se clasifican según tres parámetros que dependen de las características fotométricas. Los dos primeros, nos informan sobre la distancia a la que es capaz de iluminar, en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el tercero nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios.

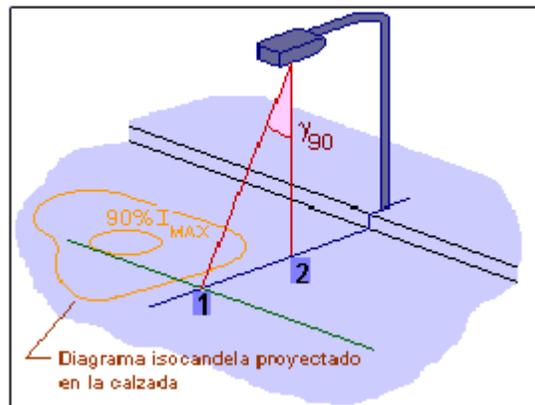
Alcance: es la distancia, determinada por el ángulo γ_{MAX} (tabla siguiente), a la que es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de I_{MAX} , que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa, como lo muestra la figura :



Alcance según ángulo γ_{MAX}

Alcance corto	$\gamma_{MAX} < 60^\circ$
Alcance intermedio	$60^\circ \leq \gamma_{MAX} \leq 70^\circ$
Alcance largo	$\gamma_{MAX} > 70^\circ$

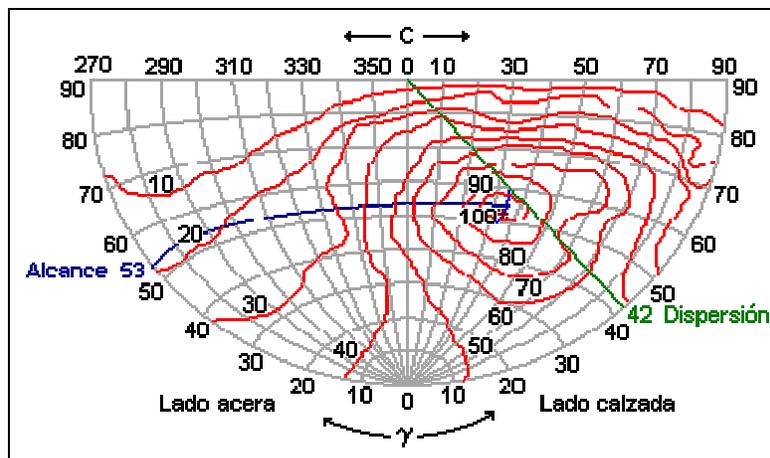
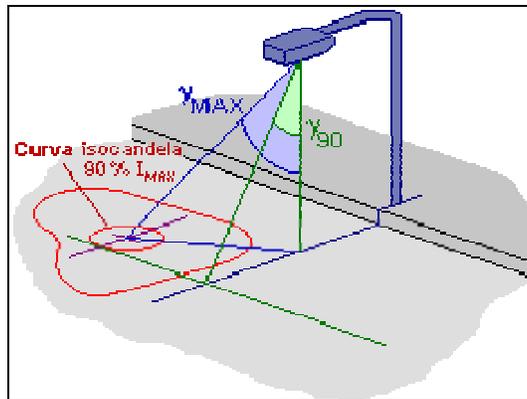
Dispersión: es la distancia es un parámetro que depende del ángulo γ_{90} este ángulo ésta comprendido entre puntos 1 y 2 de la figura siguiente. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de I_{MAX} proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra más alejada de la luminaria.



– Clasificación de la dispersión, según γ_{90}

Dispersión estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$
Dispersión media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
Dispersión ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$

Tanto el alcance como la dispersión, se pueden calcular gráficamente a partir del diagrama isocandela relativo en proyección azimutal, como lo muestran la figuras siguientes:



El control: cuantifica la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce, como lo muestra la tabla :

Control limitado	$SLI < 2$
Control medio	$2 \leq SLI \leq 4$
Control intenso	$SLI > 4$

Donde SLI (índice específico de la luminaria) es el que se calcula a partir de las características de las luminarias.

El índice específico de la luminaria, se calcula según la ecuación

$$SLI = 13.84 - 3.31 * \log I_{80} + 1.3 \log \left(\frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0.5} - 0.08 \log \left(\frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1.29 \log F + c \quad (7.3)$$

Donde:

I_{80} : Intensidad luminosa emitida por la luminaria con un ángulo de elevación $\gamma = 80^\circ$ en el plano $C=0$.

I_{88} : Intensidad luminosa en el caso de $\gamma = 88^\circ$.

F : Superficie aparente de la luminaria vista bajo un ángulo de 76° .

c : Factor de corrección del color que vale ,ver tabla siguiente:

Tipo de lámpara	c
Sodio a baja presión	0.4
Otras	0

- Rendimiento :El rendimiento de la luminaria permite conocer la cantidad del flujo luminoso total de la fuente de luz utilizada, que es entregada a una zona de trabajo específica. Este dato es de importancia, en el aspecto económico de una instalación de iluminación.

El rendimiento de la luminaria se expresa en porcentaje y se representa mediante la letra ϵ (eta) del alfabeto griego.

Existen luminarias que, por sus características constructivas, como así también, por los elementos reflectantes y difusores que la componen (espejos, pantallas, acrílicos, vidrios, etc.) entregan un porcentaje muy pequeño del total del flujo luminoso emitido por la fuente. Esto da como resultado una instalación antieconómica, tanto en la inversión inicial como en el costo del consumo eléctrico, por cuanto se deberán colocar demasiadas luminarias para obtener el nivel de iluminación deseado.

-- Factor de mantenimiento :Las condiciones de conservación ó mantenimiento de la instalación de iluminación, configuran un factor de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado y de hecho se incluye en la formula de calculo (fm= Factor de mantenimiento).

Todos los elementos que contribuyen a la obtención del nivel de iluminación deseado sobre el plano de trabajo, sufren con el tiempo un cierto grado de depreciación.

Las lámparas sufren pérdidas en el flujo luminoso emitido, ya sea por envejecimiento, acumulación de polvo sobre su superficie, efectos de la temperatura, etc. Además las pantallas reflectoras de las luminarias pierden eficiencia y las paredes y cielo raso se ensucian y disminuye su poder reflectante.

De todos estos factores, algunos son controlables por sistemas de mantenimiento y otros no lo son. La IESNA (Illuminating Engineering Society of North America), considera ocho factores: cuatro de ellos “no controlables” por sistemas de mantenimiento y cuatro “controlables”

Los no controlables son: la temperatura ambiente, la variación de la tensión, el mantenimiento del balast y la deformación de la superficie de la luminaria.

Los controlables son: la deformación o deterioro de la superficie del local por ensuciamiento, la depreciación por flujo luminoso de la lámpara, el reemplazo de las lámparas y la mantención de la luminaria por ensuciamiento.

La estimación de este coeficiente debe hacerse teniendo en cuenta diversos factores relativos a la instalación, tales como el tipo de luminaria, grado de polvo y suciedad existente en la nave a iluminar, tipo de lámparas utilizadas, número de limpiezas anuales y asiduidad en la reposición de lámparas defectuosas. Todo ello y con la experiencia acumulada a lo largo de los años, hace posible situar el factor de mantenimiento dentro de límites comprendidos entre el 80 y el 50%.

Por consiguiente, al calcular el flujo total necesario para obtener un nivel medio de iluminación, será preciso tener en cuenta este factor, ya que de lo contrario obtendríamos el flujo luminoso del primer día de puesta en funcionamiento de la instalación, el cual iría degradándose poco a poco hasta llegar a ser insuficiente.

Las consideraciones hechas hasta aquí, permiten determinar el flujo luminoso necesario para producir la iluminación E, sobre una superficie útil de trabajo S. El flujo útil necesario será:

$$\phi_u = E * S$$

como:

$$C_u = \frac{\Phi_u}{\Phi_t}$$

por lo tanto:

$$\phi_t = \frac{E * S}{C_u} = \frac{E * A * L}{C_u}$$

Este será el flujo total necesario sin tener en cuenta la depreciación que sufre con el tiempo, es decir, sin considerar el factor de mantenimiento. Al considerar este factor en la ecuación del flujo total, se tiene:

$$\phi_t = \frac{E * A * L}{C_u * f_m}$$

(7.8)

Donde:

- ϕ_t : flujo total necesario en Lm.
- E : luminancia en el plano de trabajo en Lux..
- A : ancho del local en metros.

- L : longitud del local en metros.
 C_u : coeficiente de utilización.
 f_m : factor de mantenimiento.

Conocido el flujo total necesario, se puede obtener el número de lámparas a utilizar , ya que:

$$N = \frac{\phi_t}{\phi}$$

Donde:

- N : número de lámparas necesarias.
 Φ_t : flujo total necesario.
 Φ : flujo de cada lámpara elegida.

Fácilmente puede deducirse que un mismo flujo luminoso total, puede obtenerse mediante muchas lámparas de bajo flujo nominal, o mediante un pequeño número de lámparas de elevado flujo nominal. La ventaja de utilizar un mayor número de lámparas, consiste en que de esta manera se obtiene una mejor uniformidad en la iluminación, pero el mantenimiento resulta ser más difícil y de mayor costo. Por el contrario, si se utilizan pocas lámparas, la uniformidad en la iluminación no es buena, aunque de esta manera se obtiene un mantenimiento sencillo y barato.

Una vez obtenido el número de lámparas, deberá elegirse el número de lámparas que queremos que lleve cada luminaria, procediendo seguidamente a distribuir las de una manera lógica y estética .

El resto de los datos eléctricos serán inmediatos, tales como potencia activa y reactiva consumida, valor de los condensadores de mejora del factor de potencia, sección de los conductores utilizados, interruptores, fotocélulas, etc.

- Apariencia estética: En la actualidad se le está dando mucha importancia a la apariencia estética que tienen las luminarias bajo la luz diurna. Por ello se intenta que el diseño de luminarias, brazos, postes, etc. se plantee como solución de conjunto, a fin de garantizar la coherencia visual entre estos elementos y el paisaje urbano.

De este modo, a las luminarias se les están dando diseños estilizados y aerodinámicos y lo mismo está sucediendo con el diseño de los soportes de dichas luminarias.

5- CUESTIONARIO

1-

- * A-La iluminación se designa con el símbolo E y se mide en Lux.
- B-La iluminación se designa con el símbolo I y se mide en Lux.
- C-La iluminación se designa con el símbolo I y se mide en Lumen.

2-

- *A-En 1706, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío.
- B-En 1806, Francis Hawsbee invento la primera lámpara eléctrica.
- C-En 1880, Edison invento la primera lámpara eléctrica.

3-

- *A-Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938.
- B-Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1952.
- C-Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1954.

4-

- A-Las lámparas de incandescencia tienen un alto rendimiento eléctrico.
- B-Las lámparas de incandescencia tienen un mediano rendimiento eléctrico.
- *C-Las lámparas de incandescencia tienen un bajo rendimiento eléctrico.

5-

- *A-Las lámparas de led, su gran ventaja frente a las tradicionales bombillas de filamento de tungsteno, e incluso frente a las bombillas de bajo consumo, radica en su eficiencia energética.
- B-Lo mismo pero su gran desventaja.
- C-Las dos anteriores falsas.

6-

- A-Se denomina luminaria a las lámparas eléctricas sin contar con los dispositivos auxiliares (balastos, filtros, cebadores; etc.).
- B-Se denomina luminaria al soporte del cual están soportadas las lámparas.
- *C-Se denomina luminaria al dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o mas lámparas que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas, los equipos; así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación.

7-

- *A-Los difusores, refractores y reflectores varían la manera de distribuir el flujo.
- B-Los difusores, refractores y reflectores no varían la manera de distribuir el flujo.
- C-Los difusores, refractores y reflectores son denominaciones del tipo bombillo.

8-

- A-El proyector es una subdivisión de la categoría de los reflectores.
- B-El proyector no pertenece a la denominación de los refractores.

*C-El proyector esta dentro de la categoría de los reflectores.

9-

A-La iluminación semidirecta el flujo luminoso esta dirigido hacia abajo.

B-La iluminación semidirecta el flujo luminoso se dirige principalmente hacia arriba

*C-La iluminación semidirecta el flujo luminoso esta dirigido en gran parte hacia abajo y en parte hacia arriba.

10-

*A-En las lámparas de cátodo frío como las utilizadas en anuncios luminosos los colores que se obtienen dependen del gas utilizado.

B-En las lámparas utilizadas en los anuncios luminosos los colores que se obtienen dependen únicamente del revestimiento fluorescente utilizado en el interior del tubo.

C-En las lámparas utilizadas en anuncios luminosos los colores dependen de la tensión de arranque utilizada, y en la presión del gas.

11-

A-Todos los factores de mantenimientos pueden ser controlados.

B-Se consideran controlados los factores de mantenimientos como el mantenimiento por ensuciamiento y el mantenimiento del balastro.

*C-De los 8 factores de mantenimiento solo 4 pueden ser controlados.

12-

A-Las curvas isolux dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de la fuente lumínica.

*B-Las curvas isolux dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo.

C-Ninguna de las anteriores.

13-

*A-En los diagramas isocandelas se representan en un plano, mediante curvas con los puntos de igual intensidad lumínica.

B-Los diagramas isocandelas se utilizan exclusivamente para iluminación interior.

C-En los diagramas isocandelas se representan en un plano mediante curvas donde cada punto tiene diferente intensidad luminosa.

14-

A-En las lámparas de descarga, la diferencia de utilizar un transformador o un autotransformador radica que algunos fabricantes reducen el costo de fabricación usando autotransformadores.

B-Algunos fabricantes de luminarias utilizan autotransformadores en lugar de transformadores para reducir el tamaño de la luminaria

*C-La diferencia de utilizar transformadores con respecto a los autotransformadores es que los primeros se utilizan cuando se requieren tensiones de arranque y funcionamiento elevadas.

15-

A-Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz semidirecta o indirecta, se debe tomar en cuenta el ancho del local(A) con respecto al plano de trabajo.

*B-Cuando se calcula el alumbrado para distribuciones con luz semidirecta o indirecta, se debe tomar en cuenta la altura del local (H)con respecto al plano de trabajo.

C-Ninguna de las anteriores.

16-

A-Iluminación suplementaria se refiere a la adición de luminarias por escasez de iluminación del ambiente.

B-Iluminación suplementaria se refiere a la adición de luminarias por escasa iluminación o por corrección del deslumbramiento.

*C-Iluminación suplementaria se refiere que existiendo iluminación general, se refuerza la iluminación en determinados puntos para sobresaltar determinadas áreas.

17-

*A-La iluminación de emergencia es obligatoria en muchas instalaciones.

B-La iluminación de emergencia no es obligatoria en ninguna circunstancia solo es recomendable que el diseñador la utilice en lugares públicos.

C-La iluminación de emergencia es obligatoria únicamente en ambientes públicos.

18-

A-El objetivo de la iluminación de seguridad es la prevención de accidentes de trabajo.

*B-El objetivo de la iluminación de seguridad es la prevención de actos delictuosos.

C-Ambas anteriores.

19

A-El espectro de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 780nm a 920nm(manómetros).

*B-El espectro de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 380nm a 780nm(manómetros)

C-El espectro de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 220nm a 380nm(manómetros)

20

*A-En las lámparas de sodio de baja presión la luz que emite es totalmente monocromática.

B-En las lámparas de sodio de baja presión la luz que emite es totalmente cromática.

C-En las lámparas de luz mezcla la emisión de luz es monocromática.-

6- CONCLUSIONES

En el ámbito de la luminotecnia , logramos darnos cuenta de la importancia de generar las condiciones confortables de acuerdo a los objetivos específicos , que se van a proyectar. La arquitectura como moderador de un ambiente lumínico , que en algunos casos es permeable al paso de luz natural y en ocasiones se cierra completamente a ella , tiene un papel fundamental .

Los pronósticos inquietantes sobre escasez de energía eléctrica , impulsan a más de un ciudadano responsable a tomar decisiones que contribuyan a paliar la situación que parece avecinarse.

Una de las medidas más accesibles es reemplazar las lámparas incandescentes que se utilizan en la casa por otras de bajo consumo (lámparas fluorescentes compactas o LFC) , ese es uno de los aspectos por el cual el diseñador luminotécnico debe fomentar en sus proyectos la conservación de la energía eléctrica y la ambiental , es decir , que sus propuestas apunte a una eficiencia lumínica lo mas elevada posible , de acuerdo a las posibilidades y condiciones .

Debemos entender que todo diseño luminotécnico como proceso a proyectar , coordinar , seleccionar y organizar un conjunto de elementos para crear ambientes lumínicos destinados a fines específicos , acarrea aspectos personales , sea cual sea el diseñador , por lo tanto no existe un ambiente lumínico totalmente perfecto , sino que es una tendencia subjetiva a ser mejorado.

Es necesario que continúen las investigaciones respecto a las respuestas de las personas a un ambiente lumínico variable en ambientes de trabajo , como así también nuevos estudios médicos , biológicos y técnicos sobre centros de trabajos a nivel comercial e industrial basados en las intensidades lumínicas mas adecuadas posibles ,ya que en estos aspectos las tendencias actuales tienen un margen de error ,otro aspecto es la investigación de nuevas tecnologías de luminarias de mayor eficiencia lumínica ; como así desarrollar estrategias de iluminación con sistemas eficientes . a fin de reducir los costos económicos sin afectar los demás aspectos .

BIBLIOGRAFIA

- RAMIREZ VAZQUEZ , José. Luminotecnia, Editorial CEAC , España 2007 .
- SANCHES , Franco Martín. Manual practico de iluminación, Editorial A. Madrid Vicente , España 2005 .
- SALAS MORERA , Lorenzo ; AYUSO MUNOZ , Rafael ; CUBIERO ATIENZA , Antonio . Luminotecnia. Editorial Bellisco , España 2002 .
- VITTORIO RE . Iluminación interna . Editorial Marcombo ,España , Barcelona .
- VITTORIO RE . Iluminación externa .Editorial Marcombo. España , Barcelona .
- The IESNA Lighting Handbook . 9th Edition Illuminating Engineering Society North America .
- ROSENBERG , Paul . Electricista referencias profesionales. Editorial Pal , 2005.
- TABOADA, J . Manual de luminotecnia. Editorial Dossat S.A
- BASCHUK, Bernardo.J. Criterios de predimensionado y métodos de calculo de iluminación. Editorial Espacio .
- PRESS , Cactus . Luces . “Revista semestral del Comité español de iluminación”. España , Barcelona.
- ESPIN ESTRELLA , Antonio .” Introducción a la historia del alumbrado” Revista Linares, ingeniería eléctrica . 2002.
- Lámparas de incandescencia : www.mis-bombillas.com
- Lámparas fluorescentes : www.es.wikipedia.org/wiki/lampara-fluorescente