

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 nanómetros (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 λ 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 Nanómetro (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).

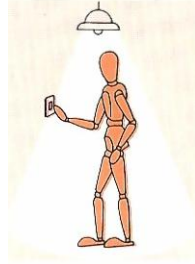
La unidad de medida del flujo luminoso es el "Lumen" (abreviatura lm).

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.

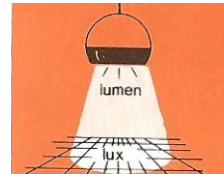
Si se considera que la fuente de iluminación es una lámpara , una parte del flujo la absorbe el mismo aparato de iluminación , también se debe hacer notar que el flujo luminoso no se distribuye en forma uniforme en todas direcciones y que disminuye si sobre la lámpara se depositan polvo y otras substancias.



El símbolo es la letra griega : ρ (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:

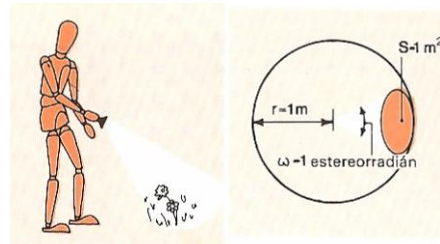
- Una noche sin luz ----- 0,01 Lux
- Una noche con luna llena -----0,2 Lux
- Una noche con alumbrado publico en las calles----5 – 20 Lux
- Una oficina con buena iluminación -----500 Lux
- Un aparador bien iluminado -----3000 Lux
- Un día claro con cielo nebuloso -----20000 Lux
- Un día de verano a pleno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

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

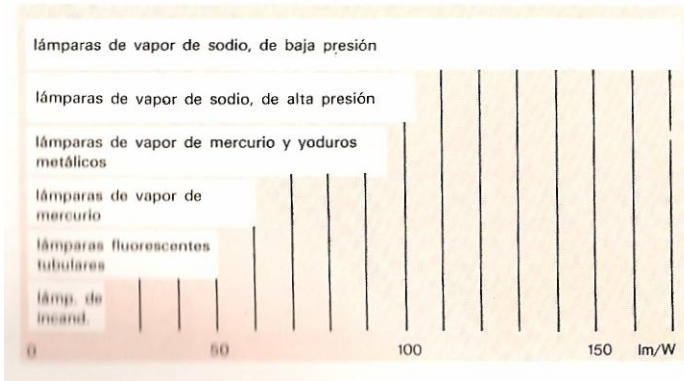


Se da a continuación algunos valores :

- 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 reactancias).



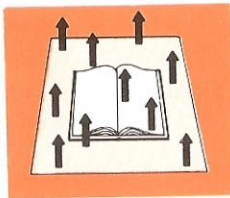
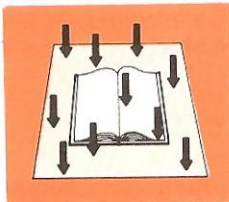
Luminancia : Es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie luminosa o iluminada (fuente secundaria de luz).

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 invento 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, uso una batería de 2000 celdas a través de la cual paso electricidad, para producir una llama de luz brillante, de forma arqueada. De este experimento nació el termino "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, continuo sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento mas 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 fabrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables. Durante los siguientes dos años se colocaron mas de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882 se construyo la primera estación para generar electricidad en Nueva York. En ese mismo año, Inglaterra monto 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 paso 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 mas 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 resulto mas 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 dijimos 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 sobre 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 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:

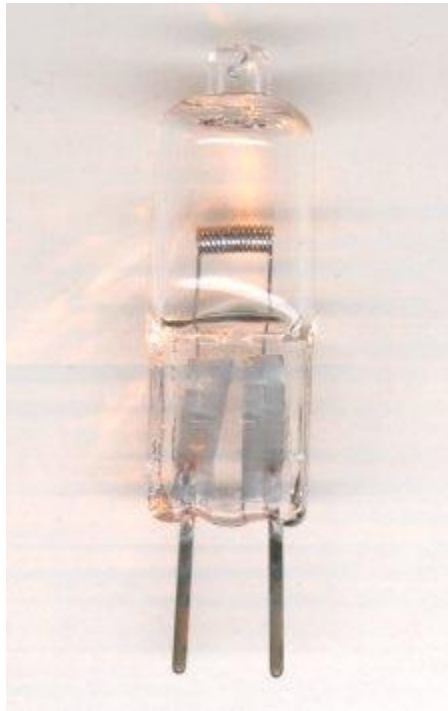
El principio de funcionamiento de una lámpara halógena es muy similar al de una lámpara incandescente común. En los dos tipos de lámpara la incandescencia que produce la luz visible se basa en la altísima temperatura de calentamiento que alcanza el filamento

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.

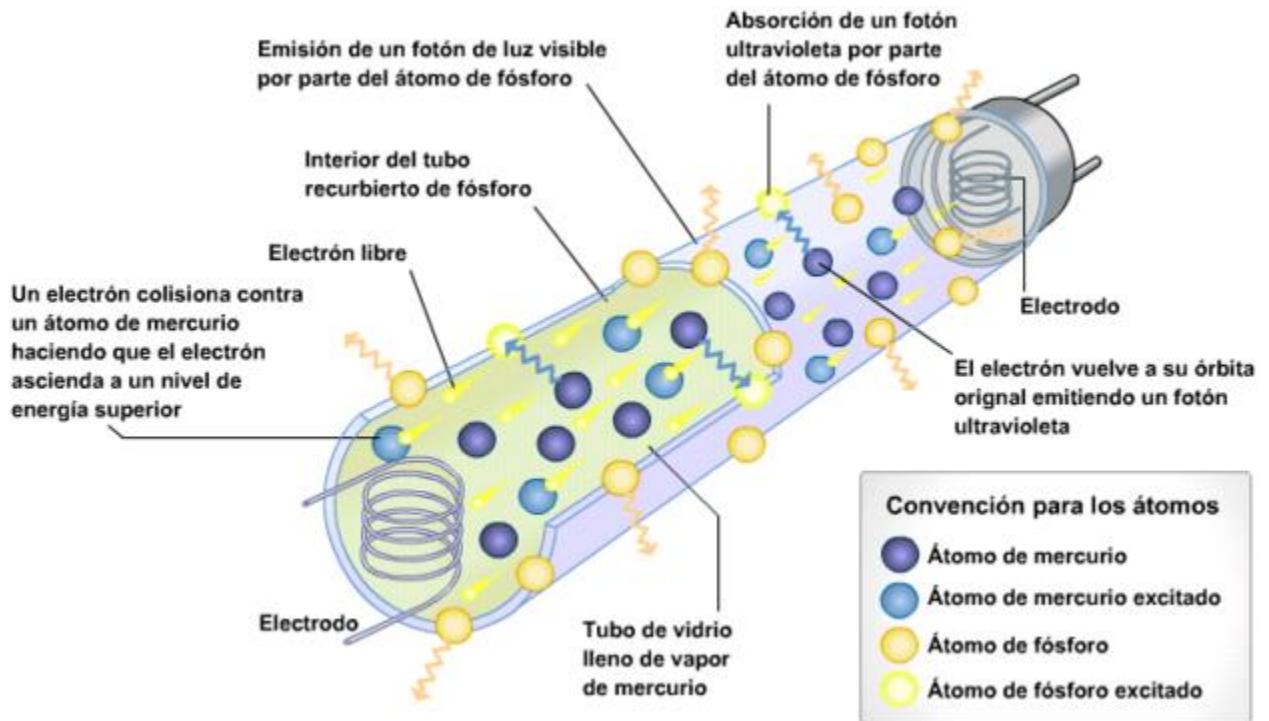
Se clasifican según el gas utilizado o a la presión que este se encuentra , es decir , alta o baja presión , exceptuando a las lámparas fluorescentes que perteneciendo al grupo de lámparas de descarga su nombre se debe a que la cara interna del tubo de descarga esta revestida de una sutil capa de polvos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

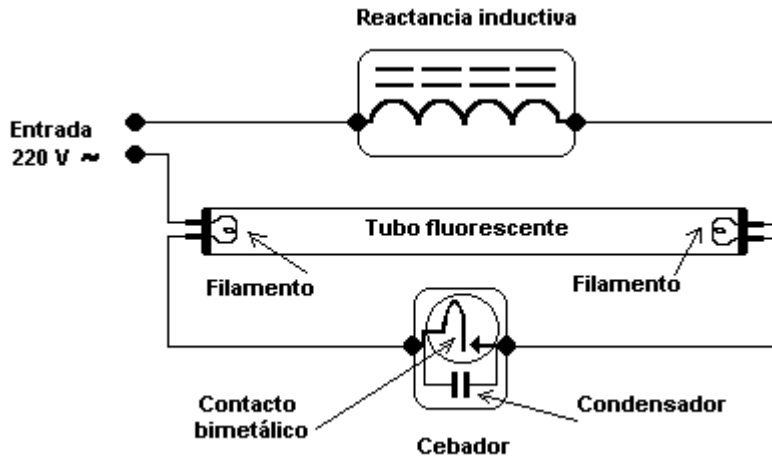
-con precalentamiento.

-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