



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

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS URBANOS  
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**

**DISEÑO DE REFLECTORES**

**Del 21 al 25 de Agosto del 2000.**

*APUNTES GENERALES*

**Ing. Uriel Velasco Calzada  
Gobierno del Distrito Federal  
Agosto/ 2000**

## TEMA I

### **LOS FENOMENOS DE LUZ, COLOR Y VISION.**

#### **1. 1. - LA NATURALEZA DE LA LUZ.**

La luz comprende un rango pequeño de energía electromagnética. Es un rango especial porque sólo en él puede estimularse a los dos tipos de receptores dentro del ojo que permiten la visión. De esta forma, llamamos a la luz energía visible.

Considerando la composición fisiológica y las funciones del ojo y que la energía no puede destruirse sino sólo transformarse, podemos comprender que la luz se transforma de energía eléctrica a energía electromagnética radiante dentro de la fuente de luz, viaja a alta velocidad, a alta frecuencia y se vuelve útil al hombre cuando una cantidad suficiente de ella se transforma en energía química en los receptores del ojo.

Existe un espectro amplio de energía electromagnética, dentro del cual la luz es una banda angosta. Toda la energía radiante viaja a la velocidad de la luz en el vacío o en el aire. En un extremo del espectro están los rayos cósmicos y en el otro extremo están las ondas de potencia eléctrica.

El espectro de las ondas de energía radiante que llamamos luz es angosto, aproximadamente de 380 a 780 nanómetros. Las longitudes de onda más grandes o más cortas que salen de este rango, no estimulan a los receptores en el ojo.

#### **1.2.- EL COLOR.**

El color es un término que describe a una energía radiante visible que llega al ojo, proviniendo de fuentes de luz y de objetos.

La gente asocia generalmente el color con los objetos físicos que ven a sus alrededores, tales como flores, hojas de árboles o con la pintura de un artista tratando de recrear sus impresiones. El color no es una propiedad física de las cosas que vemos, el color es el efecto de las ondas de luz rebotando o pasando a través de varios objetos.

Entonces, el color de un objeto dado está determinado por varias cosas: las características de la fuente de luz con la cual se está viendo y la forma en que el objeto absorbe, transmite o refleja las ondas de luz que llegan a él. También las condiciones del ojo del observador son un factor importante.

Técnicamente sólo las ondas de luz que entran en el ojo son las responsables del color que se observa. Los colores asociados con varios objetos pueden cambiarse de distintas formas, cambiando la fuente de luz (de una incandescente a una fluorescente por ejemplo), añadiendo filtros de luz o cambiando la apariencia del propio objeto. Por ejemplo, para cambiar el color de un coche de rojo a azul se utiliza una pintura diferente, una que refleje las ondas de luz azules y que absorba los otros colores; pero los colores también pueden cambiarse con la luz. Si vemos un auto rojo estacionado bajo la luz de las lámparas de mercurio en la calle por la noche, habremos notado que el auto se confunde fácilmente con un coche café debido a que la lámpara de mercurio está desprovista de los rojos; por lo tanto en este caso, muy pocas ondas de luz rojas entraron a nuestro ojo.

### **1.3.- EL ESPECTRO DEL COLOR.**

Una fuente de luz emitiendo energía radiante relativamente balanceada en todas las longitudes de onda visibles le parecerá al ojo como color blanco. Sin embargo, pasando un angosto haz de luz blanco a través de un prisma con material transparente, se extenderán y separarán longitudes de onda de la energía visible para que el ojo las pueda distinguir; al resultado del fenómeno visual se le llama el espectro de color. El ojo normal verá tres bandas anchas de colores, violeta, verde, y rojo, con varias bandas más angostas de azul, amarillo y naranja, mezcladas entre las bandas más anchas.

El diseñador de sistemas de iluminación debe tomar en cuenta que con longitudes de onda mayores que 610 nanómetros se produce el efecto llamado "red", esto con el objeto de poder controlar la apariencia de las fuentes de luz y el efecto de estas fuentes en el color de los objetos a iluminar.

### **1.4-- LA NATURALEZA DEL COLOR**

Una fuente de luz radía más energía a unas longitudes de onda que a otras y un objeto de cierto color refleja o transmite algunas longitudes de onda más fácilmente que a otras. En ambos casos existe un imbalance de energía ocasionalmente en el punto donde algunas longitudes onda faltan, en la mezcla que entra al ojo humano.

Aquí vemos que el ojo tiene características cualitativas y cuantitativas. Las características cualitativas se refieren a la información sobre las longitudes de onda que se presentan y las características cuantitativas se refieren a cuanta energía está presente en cada longitud de onda. Las características cualitativas son una especificación de cromaticidad y se les llama longitudes de onda dominantes y puras. Las características cuantitativas son una especificación de luminancia, antiguamente llamada brillantez fotométrica.

Para demostrar que el color es un imbalance de la energía radiante visible consideremos dos objetos, los cuales reflejan la mitad de la luz de una fuente perfectamente balanceada de luz blanca. Uno refleja la mitad de la energía en todas las longitudes de onda del espectro visible, pero aparece gris y no produce sensación de color debido a que todas las longitudes de onda siguen presentes. El otro objeto refleja toda la energía en la mitad del espectro, es decir, las longitudes de onda más pequeñas (de 380 a 570 nanómetros) y sin energía en la otra mitad del espectro. Este segundo objeto producirá una fuerte impresión de color azul, pero sólo una sensación secundaria de la mitad de la luz de la fuente de energía que ha sido reflejada.

Entonces aparentemente el color no es el resultado de cualquier cambio en el volumen de una energía radiante total, sino el resultado de las deficiencias de la energía en las longitudes de onda individuales.

## 1.5.- COLORES EN LOS OBJETOS

Los colores que vemos en los objetos son el resultado de las ondas de energía radiante que llegan al ojo, pero después de haber sido modificadas en muchas formas por cada objeto. Todos los objetos tienen un efecto que modifica las ondas de luz, reduciendo la cantidad de energía y el tipo de las ondas de luz que llegan al ojo.

Aún las pequeñas partículas en la atmósfera de la tierra filtran las radiaciones del sol antes de que lleguen a nuestros ojos, lo cual es una explicación parcial de los cambios de los colores del cielo y de las nubes en la puesta del sol.

El hombre ha asignado nombres a casi todas las cosas que nos rodean y estos objetos parecen tener el mismo color bajo cualquier condición de iluminación; a esto se le llama constancia del color, lo cual significa que esos objetos reflejan o transmiten ondas de luz constantemente en un pequeño y particular rango de color mientras absorbe todos los demás. El agua no tiene constancia de color porque puede reflejar y transmitir todas las ondas de luz, de aquí que parece tener cualquier color dominante que esté en sus alrededores.

La cantidad modificada de color y de la intensidad de la luz transmitida, depende de la composición molecular del material alcanzado por la luz. Por ejemplo, en algunas lámparas de color los recubrimientos con color y tintes absorben longitudes de onda no deseadas reflejando sólo las deseadas.

Cuando la luz llega a una superficie rugosa se refleja en todas direcciones, pero después de haber sido modificada por las cualidades de absorción de la superficie. El resultado es que la superficie parecerá tener un color propio, pero diferente al de la fuente de luz. Esto es porque la superficie ha absorbido varias longitudes de onda de la energía espectral.

Como se muestra en las cartas de reflectancia de superficies, la mantequilla aparece amarilla porque refleja la luz azul y un alto porcentaje de los demás colores. El resultado de la combinación ó bien la longitud de onda dominante es el amarillo.

Similarmente, la lechuga refleja la luz con las longitudes de onda primarias en el rango de 500 a 600 nanómetros (verde) y absorbe la mayoría de la energía de otras longitudes de onda.

## **1.6.- EL COLOR EN LAS FUENTES DE LUZ.**

Algunas fuentes de luz son deficientes en energía en varias longitudes de onda y aún así pueden emitir lo que se considera luz blanca. Esta deficiencia afecta la percepción de objetos de colores (rendimiento de color) y la diferencia de colores, opacando algunos e incrementando la brillantez relativa de otros.

Existen fuentes cálidas como todas las incandescentes y algunas lámparas fluorescentes. Estas producen luz blanca que tiende a ser fuerte en las longitudes de onda rojas, naranjas o amarillas. También existen fuentes frías como lámparas de mercurio y otras fuentes fluorescentes que producen luz blanca y son tendientes al azul y verde.

Si se ilumina una superficie con lámparas cálidas y frías producirá un cambio aparente en el color percibido de la superficie.

La mayoría de las fuentes de luz están fabricadas con un color predominante para poder dar un efecto determinado. Por ejemplo, si una pared que parece blanca iluminada con una fuente de luz blanca se ilumina con una fuente que predomine el rojo, la pared parecerá roja porque sólo las longitudes de onda rojas de la energía visible están presentes para ser reflejadas de la pared al ojo del observador.

Lo importante es que independientemente del acabado de la superficie, el ojo no puede ver colores que no estén contenidos en la fuente de iluminación.

## **1.7.- LA PSICOLOGIA DEL COLOR.**

La definición dada anteriormente afirma que el color es un término que describe un imbalance en la energía radiante visible que llega al ojo, proviniendo de fuentes de luz y de objetos. Esta definición es verdadera, pero ahora consideremos esta otra definición: El color es un concepto o una interpretación humana de impulsos neurales provenientes del ojo humano cuando es estimulado por imbalances de energía radiante visible, transmitidos al cerebro.

Esta definición es más completa porque envuelve a las tres ciencias involucradas: Física, fisiología y psicología. El color es el resultado de una interacción de la fuente de luz, el objeto, el ojo y el cerebro.

Una persona que no distingue los colores no puede distinguir entre varias longitudes de onda de la luz, sólo puede distinguir entre varias cantidades de luz. Lo importante es el hecho de que las ondas de luz recibidas por una persona con visión de color normal y por otra que no distinga los colores no cambian debido a la condición de los receptores. Solo el concepto (percepción o interpretación) de lo que ve cada persona es lo que cambia.

## **1.8.- ASOCIACION DE LOS COLORES**

Las reacciones de la gente a los colores asociados con los materiales no siempre corresponden a sus reacciones a los mismos colores asociados con la luz. Como una demostración el verde en el follaje es generalmente aceptado como refrescante, tranquilo, entonces la gente piensa en los árboles y arbustos como en algo neutral o silencioso; de aquí que el verde en objetos hechos por el hombre son psicológicamente confortables. Pero el verde de una fuente de luz no es natural y utilizada esta fuente sola, tiende a producir efectos macabros o siniestros.

La gente siente el impacto psicológico de la luz y el color sin que ellos se den cuenta de ello.

## **1.9.- LA VISION DEL COLOR**

El proceso de luz, visión y color es un proceso complejo que involucro la física, la psicología, la ingeniería, etc.

Existen muchas teorías para explicar el fenómeno de la visión del color. La más fácil de comprender es la teoría de las tres componentes de Young, que asume tres tipos de elementos sensibles (conos), un espectro rojo, un espectro violeta y un imaginario verde (de acuerdo con la curva de sensibilidad del ojo humano).

El número de conos en cada ojo es de 7 millones. Están localizados principalmente en la parte central de la retina llamada fovea, que es muy sensible al color. Los músculos que controlan el ojo siempre lo giran hasta que la imagen del objeto que nos interesa cae dentro de la fovea. La visión con conos es conocida como fotópica o visión durante el día.

Otros receptores de la luz, llamados bastones, también están presentes en el ojo aunque no estén involucrados con la visión del color. Los bastones dan una visión general del campo de visión y son receptivos sólo a la cantidad de ondas de luz que entran al ojo. Muchos bastones están conectados a un solo nervio, debido a esto no pueden dar detalles finos. Los bastones son sensibles a los bajos niveles de iluminación y permiten al ojo ver durante la noche o durante condiciones de iluminación muy bajas. Por esta razón los objetos que durante el día se ven llenos de color, durante la noche sólo se ven formas sin color, porque sólo los bastones son estimulados.

Este fenómeno se conoce como visión escotópica o visión nocturna. Con las curvas de sensibilidad espectral del ojo humano se observa que el ojo no es sensible a todas las longitudes de onda. Particularmente con luz débil tiene una forma definida en la brillantez aparente de los diferentes colores. Esto fue descubierto por Johannes Von Purkinje, que mientras caminaba en los campos al amanecer observó que las flores azules se mostraban más brillantes que las rojas y con plena luz de día las rojas eran más brillantes que las azules.

A esto se le llama ahora el efecto Purkinje y es particularmente importante en fotometría para la medición de luz.

## **1. 1 0. - COMO TRABAJA EL OJO HUMANO**

Las ondas de luz entran al ojo a través de la córnea, la cual actúa igual que la lente convexa de una cámara desviando los rayos hacia un mismo punto.

El iris actúa como diafragma el cual expande o contrae la pupila, controlando la cantidad de luz que entra al ojo. Los bastones y conos son los últimos receptores de las imágenes. Ellos transforman el patrón de la imagen óptica recibida de energía radiante a energía química, la cual estimula millones de nervios.

Los patrones ópticos se transforman en impulsos eléctricos que viajan en unos nervios especiales que llegan al nervio óptico. Los nervios ópticos (de ambos ojos) combinan y transmiten los impulsos selectivos al cerebro donde son finalmente interpretados.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Terminología.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA 11

### **TERMINOLOGIA Y UNIDADES DE ILUMINACION.**

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

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

A continuación describiremos brevemente cada uno de los anteriores conceptos.

#### **11. 1. - FLUJO LUMINOSO**

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

A la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se le llama Flujo Luminoso o Potencia Luminosa. El flujo luminoso se representa por la letra griega  $\phi$  y su unidad es el LUMEN (lm). Un lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia  $f$  de valor  $540 \times 10^{12}$  Hertz y por un flujo de energía radiante equivalente a  $1/683$  watts. Un watt de energía radiante de longitud de onda de 555 nm en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.

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

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

Tipo de Lámpara	Flujo luminoso lm
Efluvios .....	0.6
Vela de cera.....	10
Bicicleta .....	18
Incandescente Standar de 100 W.....	1380
Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frio).....	3200
Mercurio a alta presión HQL 400 W .....	23000
Halogenúros metálicos HQI 400 W .....	28000
Sodio a alta presión NAV-T 400 W .....	48000
Sodio a baja presión NA 180 W.....	33000
Magnesio AG 3B.....	450000

TABLA I.- FLUJO LUMINOSO DE LAMPARAS COMUNES

### 11.2.- EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO.

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

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

$$\frac{L \text{ [lm]}}{W \text{ [watt]}}$$

Si se lograra fabricar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz de una longitud de onda de 555 nm, esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible, cuyo valor sería de 683 lm/w, pero como sólo una pequeña parte es transformada en luz, los rendimientos luminosos obtenidos hasta ahora para las distintas lámparas quedan muy abajo de este valor, presentando diferencias notables entre las mismas, como puede apreciarse en la Tabla 11.

Por ejemplo, una lámpara incandescente estándar de 40 watts produce 440 lúmenes, por lo que tiene una eficacia de 11 lm/w. Una lámpara de sodio baja presión de 180 watts produce en cambio 32940 lúmenes por lo que tiene una eficacia de 183 lm/w.

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

**TABLA 11.- EFICACIAS PROMEDIO DE DISTINTAS LAMPARAS**

Cabe aclarar que las eficacias de la Tabla 11 se refieren exclusivamente a las lámparas; para las lámparas de descarga como sistema completo incluyendo instalación y accesorios de conexión dichas eficacias pueden variar sustancialmente.

### 11.3.- ENERGIA LUMINOSA O CANTIDAD DE LUZ.

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

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

$$Q = L \times t$$

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

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

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

#### 11.4.- INTENSIDAD LUMINOSA.

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

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

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

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

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

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

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

#### 11.5.- DISTRIBUCION LUMINOSA. CURVA FOTOMETRICA.

El conjunto de la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones constituye lo que se llama distribución luminosa. Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tienen una superficie luminosa más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente presentando valores diferentes en las distintas direcciones.

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

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

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

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

#### **11.6.- MEDIDA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA.**

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

#### **11.7.- ILUMINANCIA**

La iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. Se representa por la letra E y su unidad es el LUX en el Sistema Internacional de Unidades. Su ecuación es:

$$E = \frac{I_0}{A}$$

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

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

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

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

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

**TABLA III.**

Mediodía de verano al aire libre, cielo despejado	100.000 Lux
Mediodía de verano al aire libre, cielo cubierto	20.000 Lux
Lugar de trabajo bien iluminado, recinto interior	1.000 Lux
Buen Alumbrado Público	20-40 Lux
Noche de Luna Llena	0.25 Lux
Noche de Luna nueva (Luz de estrellas)	0.01 Lux

### 11.8.- LUMINANCIA.

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección).

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

La ecuación que expresa la Luminancia es:

$$L = \frac{I}{A}$$

## S cos

donde: S cos es la Superficie Aparente

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

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

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

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

En la Tabla IV se dan algunos valores de luminancias

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

**TABLA IV.**

Sol	150.000 cd/cm
Cielo despejado	0.3-0.5 "
Cielo cubierto	0.03-0.1 "
Luna	0.25 "
Llama de una vela de cera	0.70 "
Lámpara Incandescente Clara	100-200 "
Lámpara Incandescente Mate	5-50 "
Lámpara Incandescente Opal	1-5 "
Lámpara Fluorescente L 40 W, /20	0.75 "
Lámpara de Mercurio a Alta Presión 400 W	11 "
Lámpara de Aditivos Metálicos 400 W	700 "
Lámpara de Sodio a Alta Presión 400 W	500 "
Lámpara de Sodio a baja Presión 180 W	10 "
Papel Blanco con Iluminación de 1000 lux	250 cd/m
Calzada de una calle bien iluminada	2 cd/m

## SISTEMAS DE UNIDADES.

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

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

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

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

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

$$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ metros;}$$

$$1 \text{ pie} = 0.0929 \text{ m}$$

$$1 \text{ footcandle} \quad \frac{lm}{pie} \quad \times \quad \frac{pie}{0.0929 \text{ m}} = 10.7639 \text{ Lux}$$

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

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

$$fi = \frac{cd}{pie}$$

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

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

$$\text{también: } \frac{fl}{3.426 \text{ cd}} = 1$$

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

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

$$W = \frac{A}{R} = \frac{1 \text{ pie}}{1 \text{ pie}} = 1 \text{ sr}$$

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

$$\phi = I w = \text{cd} \cdot \text{sr} = \text{lm}$$

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

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

El área total de la superficie de una esfera es  $4 R^2$ . Por lo tanto, el área total de la superficie de la esfera unitaria es  $4 \text{ o } 12.57 \text{ ft}^2$ . Si el flujo luminoso de 1 lm llega a cada pie cuadrado, la fuente puntual uniforme produce un total de 4 lm o 12.57 lm.

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

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

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

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

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

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

## RESUMEN DE LAS MAGNITUDES Y UNIDADES LUMINOSAS FUNDAMENTALES

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN DE LA UNIDAD	RELACIONES
Flujo luminoso	$\Phi$	Lumen (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia $540 \times 10^{12}$ Hz. y un flujo de energía radiante de 1/683 watts.	$\Phi = i \times w$
Rendimiento luminoso		Lumen/watt (lm/w)	Flujo luminoso emitido por unidad de potencia.	$= \Phi/W$
Cantidad de luz	Q	Lumen por segundo (lms) Lumen por hora (lmh)	Flujo luminoso emitido por unidad de tiempo.	$Q = \Phi \times t$
Intensidad luminosa	I	Candela (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradian.	$I = \Phi/W$
Iluminancia	E	Lux (lx) foot candle (fc) Candle	Flujo luminoso de 1 lumen que recibe una superficie de 1m.	$E = \Phi/A$
Luminancia	L	Nits (cd/m) Stilb (cd/cm)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.	$L = I/A$

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Fuentes Luminosas.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA III.

### FUENTES LUMINOSAS

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

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

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

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

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

#### III.1.- LAMPARAS INCANDESCENTES

##### III.1.a.- LAMPARAS INCANDESCENTES ESTANDAR

###### **Elemento productor de luz**

La luz es producida en la lámpara incandescente (figura 3.2) calentando un hilo o filamento a altas temperaturas, lo cual causa que el conductor llegue a la incandescencia. La incandescencia del hilo es resultado de la resistencia al flujo de corriente eléctrica a través del conductor. El tungsteno es usado como material para el filamento. Ninguna otra sustancia es tan eficiente en convertir energía eléctrica en luz en la base de vida y costo. El tungsteno tiene cuatro características importantes

- 1.-Alto punto de fusión
- 2.-Baja evaporación
- 3.-Alta resistencia y ductibilidad
- 4.-Características favorables de radiación

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

## **Bulbo**

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

Aparte de la designación con letras, los bulbos también tienen una designación numérica, la cual representa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. Por ejemplo, una designación A19 indica un diámetro de  $19/8$  " ó  $2\ 3/8$  de pulgada.

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

## **Conexión eléctrica.**

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

## **Características de operación.**

### **Variación de voltaje.**

La variación del voltaje en una lámpara incandescente, arriba o abajo del voltaje nominal, afectara las características de la lámpara. Por ejemplo, si una lámpara para 120 volts nominales es operada a 125 volts (4% de incremento), la lámpara producirá 16% mas lúmenes, 7% más watts y 38% menos de vida. Una lámpara de 120 volts nominales operada a 115 volts (4% menos), proporcionará 13% menos lúmenes, 6% menos watts y 62% más vida.

### **Depreciación de lúmenes.**

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

### **III. I.b.- LAMPARAS DE TUNGSTENO - HALOGENO**

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

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

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

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

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

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

#### **III.1.c.- CARACTERISTICAS GENERALES DE OPERACION**

##### **Eficacia y vida**

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

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

El costo de la luz depende no solo de la eficacia, también depende de la vida de fuente. Las lámparas incandescentes tienen una vida promedio de 1 000 horas, o sea alrededor de 5 meses con un período típico de encendido de 8 horas diarias (52 semanas/año x 6 días/semana x 8 horas/día = 2496 horas/año). La vida de la lámpara es función de varios factores, incluyendo la forma del filamento y su soporte, el gas de relleno, los ciclos de encendido-apagado y la potencia.

### **Características de color**

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

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

### **Distribución de energía**

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

## **III.1.d.- RESUMEN**

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

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

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

### III.2.- FUENTES DE DESCARGA EN GAS

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

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

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

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

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

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

#### Posición de operación.

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

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

Las letras típicas para designar la posición de operación son:

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

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

### **111.2.a.1.- LAMPARAS FLUORESCENTES**

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

#### **Elementos productores de luz**

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

- (1) Electrodo
- (2) Gas
- (3) Recubrimiento fosfórico

#### **Electrodos (cátodos)**

Los electrodos son los dispositivos emisores. Actualmente se utilizan dos tipos de cátodos. El cátodo caliente es un filamento de tungsteno con doble o triple arrollamiento, cubierto con un óxido de tierra alcalina que emite electrones cuando se calienta. Los electrones son sometidos a una temperatura aproximada de 9000°C. Los electrones están sujetos a un voltaje mayor, emitiendo electrones a 150°C aproximadamente. El cátodo caliente es el tipo de electrodo más comúnmente usado en lámparas fluorescentes, para la mayoría de las aplicaciones. Por lo tanto, no se describirán las lámparas de cátodo frío.

#### **Gases**

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

#### **Recubrimiento fosfórico**

Este es el recubrimiento químico en la pared interior del bulbo. Cuando el recubrimiento fosfórico es excitado por radiación ultravioleta a 253.7 nm, este produce luz visible por fluorescencia. Es decir, la luz visible de una lámpara fluorescente es producida por la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico dentro del bulbo.

## Envolvente

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

## Conexión eléctrica

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

- 1.- Doble alfiler (miniatura, media, mogul): Se usan en todas las lámparas de encendido por precalentamiento y en la mayoría de arranque rápido
2. Doble contacto embutido: Se utiliza en las lámparas de alta emisión y Power Groove.

Su propósito es proteger a los usuarios del alto voltaje en los contactos.

- 3.- Contacto sencillo: Usado en lámparas de arranque instantáneo.

## Características de color.

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

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

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

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

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

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

### **Circuitos de cátodo caliente**

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

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

### **Circuitos de precalentamiento**

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

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

### **Circuitos de encendido instantáneo**

En 1944, el circuito de encendido instantáneo fue introducido para mejorar el lento encendido del circuito de precalentamiento. El circuito de encendido instantáneo elimina la necesidad de un arrancador y por lo tanto simplifica el sistema y su mantenimiento. Se aplica un alto voltaje entre los electrodos suficiente para vencer la resistencia de la lámpara y establecer el arco. El arco calienta rápidamente el filamento de los electrodos, lo cual hace que se emitan electrones para sostener el arco; ya que no se requiere de precalentamiento en las lámparas de encendido instantáneo, con un solo alfiler de contacto es suficiente. A este tipo de lámpara se le llama también lámpara Slimline.

## **Circuito de encendido rápido**

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

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

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

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

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

## **Nomenclatura de lámparas**

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

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

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

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

## Características de funcionamiento

### Vida

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

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

### Efecto estroboscópico

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

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

### Efecto de la temperatura

La operación mas eficiente de la lámpara se obtiene cuando la temperatura ambiente está entre 70 a 90 F (21 a 32 C). Temperaturas menores causan una reducción en la presión del mercurio, lo cual significa que se produce menor energía ultravioleta; por lo que al haber menos energía ultravioleta que actúe en el recubrimiento fosfórico se produce menos luz. Altas temperaturas causan un cambio en la longitud de onda producida, haciéndola más cercana al espectro visible. Las longitudes de onda más largas tienen menos efectos en el recubrimiento fosfórico, y por lo tanto hay menor salida de luz.

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

## **Efecto de la humedad**

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

## **Distribución de energía**

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

## **Eficacia**

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

$$2F40CW: 2 \times 3150 = 6300 \text{ lm}$$

Balastro con dos lámparas encendido rápido, alto factor de potencia 92 W

$$\text{Eficacia} = 6300/92 = 68.5 \text{ lm/watt}$$

La lámpara F40 CW sola, tiene una eficacia de 78.8 lm/watt.

## **Dispositivos ahorradores de energía**

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

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

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

Con el aumento de las tarifas de energía eléctrica (costo de operación) y el énfasis en la reducción del consumo de energía, el uso de luminarios con una sola lámpara se hace más importante. El eliminar una lámpara de un luminario de dos lámparas, puede parecer una solución simple para reducir el consumo de energía en un edificio existente, donde existe un nivel alto de iluminación para tareas no críticas. Pero debido a que las dos lámparas están conectadas en serie, el eliminar una lámpara provocaría que se apagara la otra. Este problema ha sido resuelto con el desarrollo de un tubo sustituto que toma el lugar de uno de los tubos para completar el circuito serie de un luminario de dos lámparas. El tubo sustituto es construido de vidrio y contiene un capacitor que compensa la inductancia del balastro. La capacitancia restaura el sistema a su factor de potencia normal y permite al otro tubo seguir funcionando. Un circuito típico de encendido rápido de dos lámparas F40 mostrará una disminución a 62 % de la potencia consumida, cuando la lámpara es reemplazada con un tubo sustituto. Al mismo tiempo, la salida de luz del luminario con dos lámparas disminuirá al 67 % de la salida original de luz. Esto dará como resultado un incremento aproximado de 7% en la eficacia.

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

### **III.2.b.- LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESION**

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

#### **Elemento productor de luz**

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

Tiempo de encendido = 9 min (89%), 15 min (100%).

Reencendido = 30 seg (80%)

#### **Bulbo**

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

Hay cinco potencias de lámparas:

---

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

---

### Conexión eléctrica

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

### Características de color

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

### Designación de la lámpara

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

### Características de funcionamiento

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

## Vida

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

---

WATTS NOMINALES	LUMENES LAMPARA	WATTS DE LAMPARA (100 h)	EFICACIA LAMPARA (100 h)	WATTS DE LAMPARA (1 8000 h)	EFICACIA (1 8000h)
35	4640	36	129.2	44	105.7
55	7700	53	145.3	62	124.2
90	12500	90	138.9	122	102.5
135	21500	130	165.4	178	120.8
180	33000	176	187.5	241	136.9

---

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

#### 111.3.a.- LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

##### Elemento productor de luz.

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

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

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

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

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

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

### **Conexión eléctrica**

Se utiliza una base tipo mogul para las lámparas para potencias mayores de 100 watts; las lámparas de 40, 50, 75 y 100 watts se fabrican con bases medianas.

### **Características de color**

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

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

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

### **Designación de las lámparas**

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

H 33 GL - 400/DX

H - Indica que es una lámpara de vapor de mercurio.

33 - Números que se usan para los balastos de 400 watts.

GL - Son dos letras convencionales que describen las características físicas de la lámpara, tales como: tamaño, forma, material y acabado.

400 - Indica la potencia nominal de la lámpara.

DX - Indica el color de las lámparas; en el ejemplo: "blanco de lujo".

El bulbo se designa en términos de una letra y una combinación de números. La letra o letras son utilizadas para designar la forma del bulbo.

PAR: parabólico

BT: tubular abultado

PS: forma de pera

R: reflector

T: tubular

E: elíptico

B: abultado

A: estandar

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

BT-37

Diámetro =  $37''/8 = 4 \frac{5}{8}$

Forma: Tubular abultado

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

## Características de funcionamiento

### Depreciación lumínica

La gráfica de depreciación lumínica para una lámpara de vapor de mercurio es algo drástica y es función del balastro y de la potencia. La emisión lumínica también es función del suministro y regulación del voltaje a la ampára.

### Vida

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

## **Eficacia de las lámparas**

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

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

## **Lámparas de vapor de mercurio autobalastadas**

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

## **Dispositivos ahorradores de energía**

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

## **111.3.b.~ LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS**

### **Elemento productor de luz**

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene los mismos principios de operación y tipo de construcción del de la lámpara de vapor de mercurio. El tubo de arco contiene además del mercurio, argón, neón y Kriptón; yoduros de metales. (Los aditivos primarios son el mercurio, sodio y escandio; otros son el talio, indio y cesio). Estos aditivos proporcionan colores adicionales a las líneas típicas del mercurio, esto es, rojo, naranja y amarillo.

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

Tiempo de encendido = 9 min ( 80%)

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

## **Cubierta**

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

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

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

## **Conexión eléctrica**

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

## **Características del color**

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

## **Designación de la lámpara**

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

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

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

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

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

$$BT-37 \text{ diámetro} = 37"/8 = 4 \frac{5}{8}"$$

### **Características de operación**

#### **Depreciación de lúmenes**

La curva de depreciación de lúmenes para una lámpara de aditivos metálicos es substancialmente mejor que la curva para una lámpara de vapor de mercurio. La salida de lúmenes al final de la vida de la lámpara de alta potencia es 75 %

#### **Vida**

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

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

#### **Eficacia de las lámparas**

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

175 W: 80 a 85.7 lm/W

250 W: 82 lm/W

400 W: 85 a 100 lm/W

1000 W: 100 a 115 lm/W

1500 W: 96.7 a 100.33 lm/W

NOTA: Los rangos de valores son debido a variaciones entre fabricantes.

## **Dispositivos de ahorro de energía**

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

### **111.3.c.- LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION**

#### **Elemento productor de luz.**

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

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

Tiempo de encendido = 3 min. (80%)

Reencendido = 1 min. (80%)

#### **Envolvente (bulbo)**

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

#### **Conexión eléctrica**

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

#### **Características de color**

La lámpara de sodio de alta presión produce energía en todas las longitudes de onda. Sin embargo la mayor porción de energía está concentrada en la parte amarillo naranja del espectro. Las características de color de la lámpara cambian los objetos rojos a naranja y oscurece el color aparente de los objetos azul y verde, incrementando la presión en el tubo de arco parece mejorar la apariencia de color de rojos, azules y verdes. La consistencia del color de una lámpara a otra es mejor que con las lámparas de aditivos metálicos. Sin embargo, los cambios de color pueden ocurrir debido a las variaciones de voltaje y diferencias en balastos.

## **Designación de las lámparas**

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

## **Características de operación**

### **Depreciación de lúmenes**

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

### **Vida**

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

### **Eficacia de las lámparas**

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

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

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

### **Dispositivos de ahorro de energía**

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

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Principios de Control de la Luz.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA IV.

### IV.1.- PRINCIPIOS DE CONTROL DE LUZ.

#### IV.1.1- CONCEPTOS BASICOS.

**Reflexión:** Es el proceso mediante el cual un rayo de luz que incide en un medio, abandona ese medio del lado incidente.

**Tipos de reflexión:** especular, semidifusa y difusa.

La finalidad de los reflectores es dirigir y controlar la luz en la dirección deseada aprovechando el principio de reflexión.

El diseño de reflectores se fundamenta en dos conceptos.

#### **CONTORNO ACABADO**

**El entorno se divide en dos clases:**

- a) **Contorno básico:** es aquel cuyo comportamiento y diseño puede hacerse matemáticamente.

**Contornos básicos:** elipsoidal, circular, hiperbólico y parabólico.

**Elipsoidal:** se utiliza frecuentemente en combinación con lentes (normalmente en interiores)

**Circular:** no es muy común porque los rayos de luz inciden en la fuente luminosa de nueva cuenta.

**Hiperbólico:** sirve para producir un haz abierto, sin embargo el mismo efecto se obtiene con el elipsoidal, con ventaja este último.

**Parabólico:** es el contorno típico para proyectores, debido a su característica de poder dirigir los rayos de luz en dirección paralela al eje.

- b) **Contorno general:** es aquel que complementa al contorno básico para lograr una determinada distribución fotométrica.

**Los acabados se dividen básicamente en tres clases:**

**Difuso:** se usa en los casos en donde se necesita una distribución fotométrica uniforme en una curva muy abierta.

**Semidifuso:** se obtiene mejor control luminoso que en el caso anterior, se usa en curvas medias.

**Especular:** es el recomendado para el mejor control. Se usa en curvas cerradas.

# A. REFLECTOR

## REFLEXION

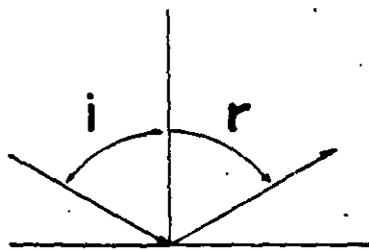
ES EL PROCESO MEDIANTE EL CUAL UN RAYO DE LUZ QUE INCIDE EN UN MEDIO, ABANDONA ESE MEDIO DEL LADO INCIDENTE.

## TIPOS DE REFLEXION

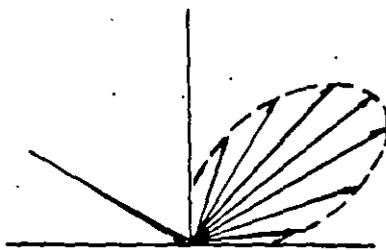
ESPECULAR

SEMIDIFUSA

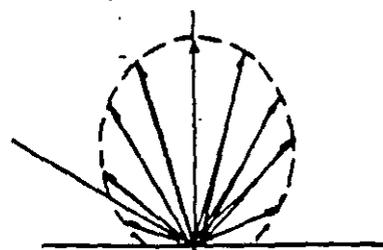
DIFUSA



ESPECULAR



SEMIDIFUSA



DIFUSA

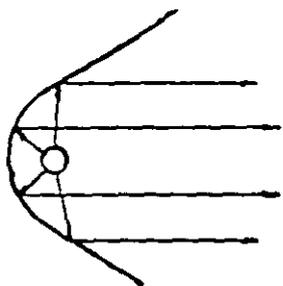
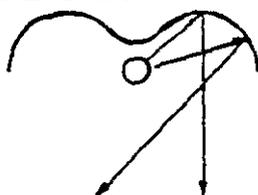
$i$  = ANGULO DE INCIDENCIA

$r$  = ANGULO DE REFLEXION

$$i = r$$

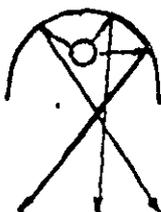
LA FINALIDAD DEL REFLECTOR ES DIRIGIR Y CONTROLAR LA LUZ EN LA DIRECCION DESEADA APROVECHANDO EL PRINCIPIO DE REFLEXION

REFLECTOR PARA LUMINARIO DE ALUMBRADO PUBLICO.



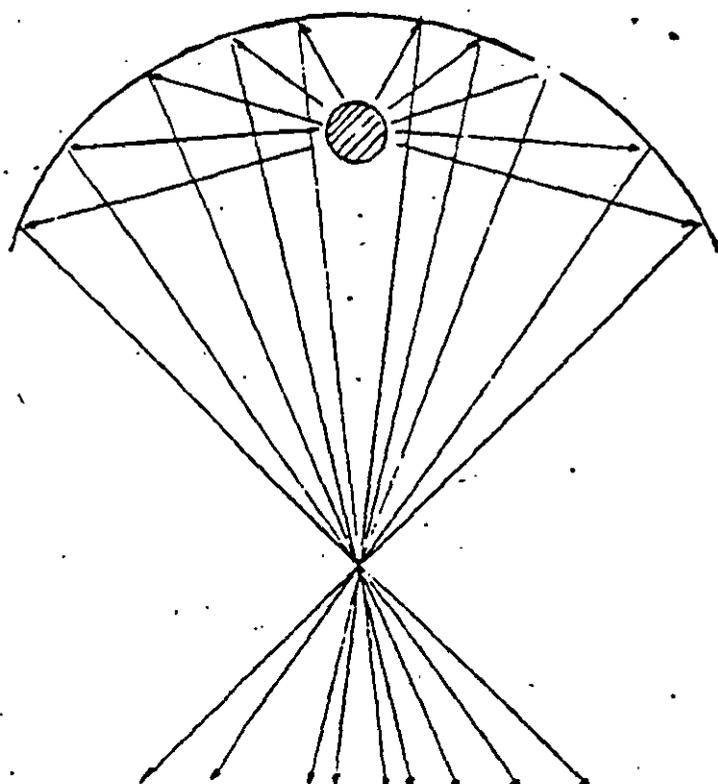
REFLECTOR PARA PROYECTOR

REFLECTOR PARA LUMINARIO DE INTERIORES



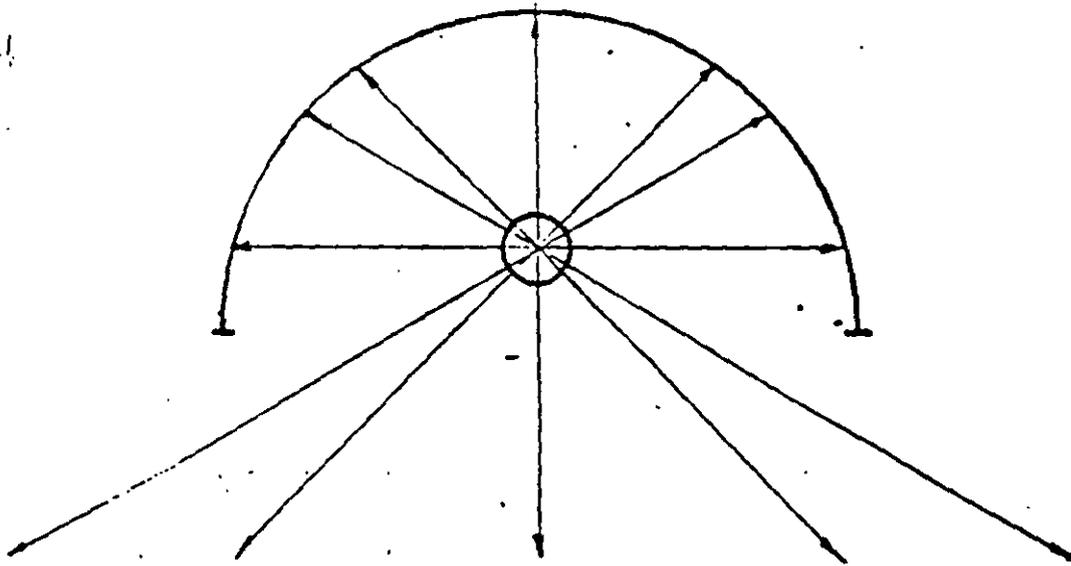
# ELIPSOIDAL

SE UTILIZA FRECUENTEMENTE  
EN COMBINACION CON LENTES  
(NORMALMENTE EN INTERIORES)



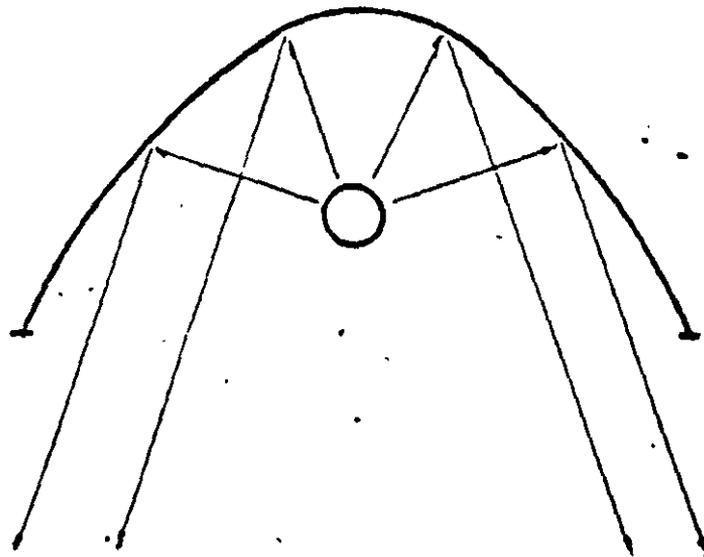
# CIRCULAR

NO ES MUY COMUN PORQUE LOS RAYOS DE LUZ INCIDEN EN LA FUENTE LUMINOSA DE NUEVA CUENTA.

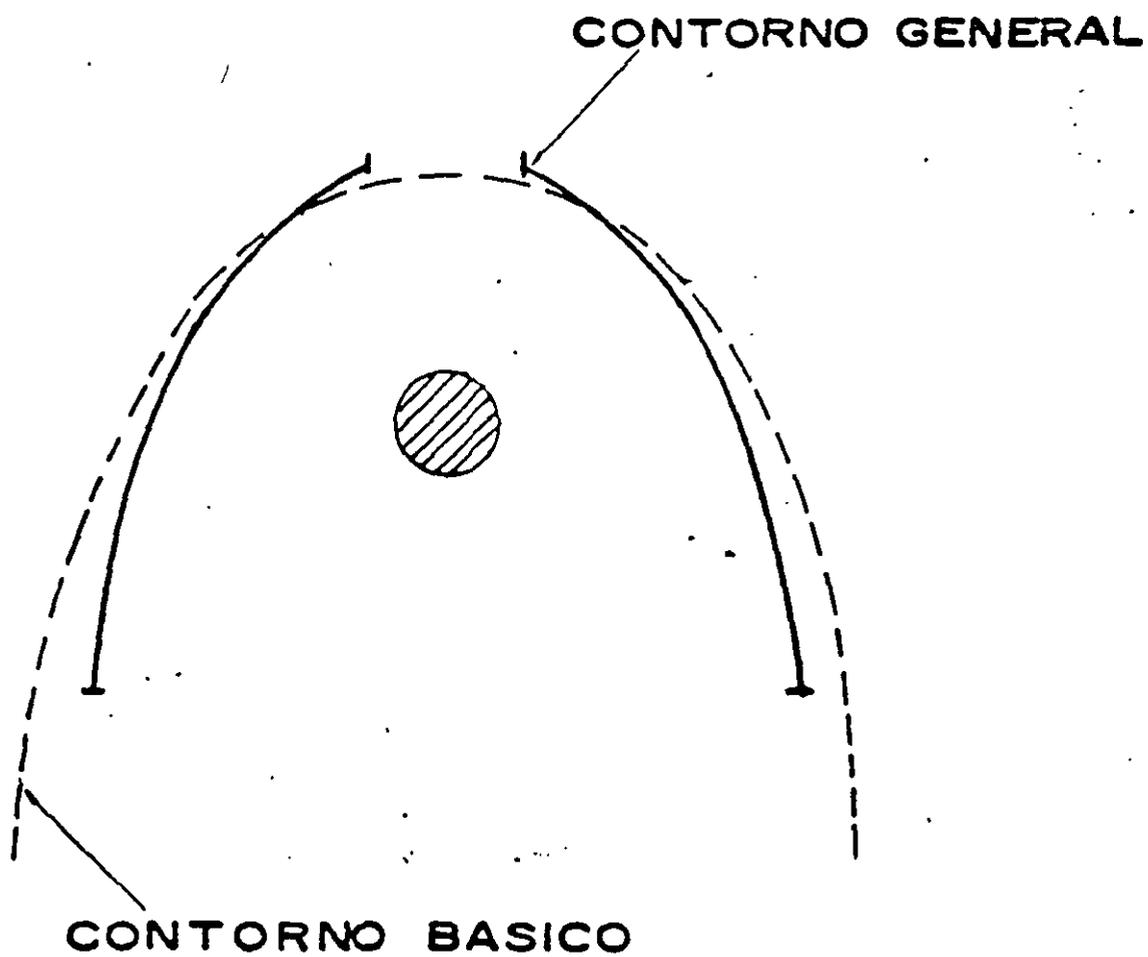


# HIPERBOLICO

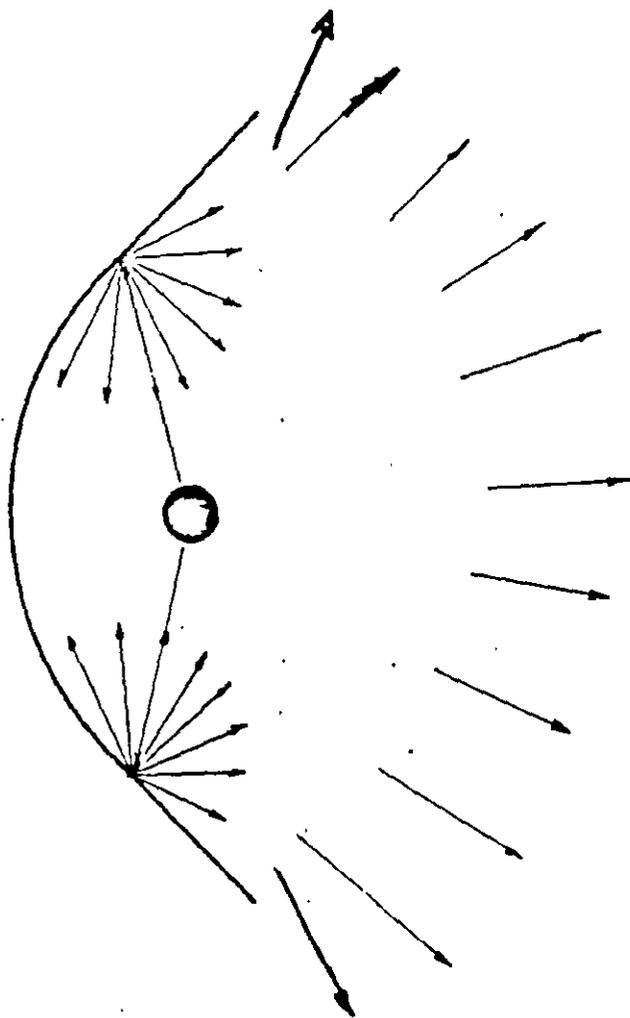
SIRVE PARA PRODUCIR UN HAZ  
ABIERTO, SIN EMBARGO EL MIS-  
MO EFECTO SE OBTIENE CON EL  
ELIPSOIDAL, CON VENTAJA ESTE  
ULTIMO.



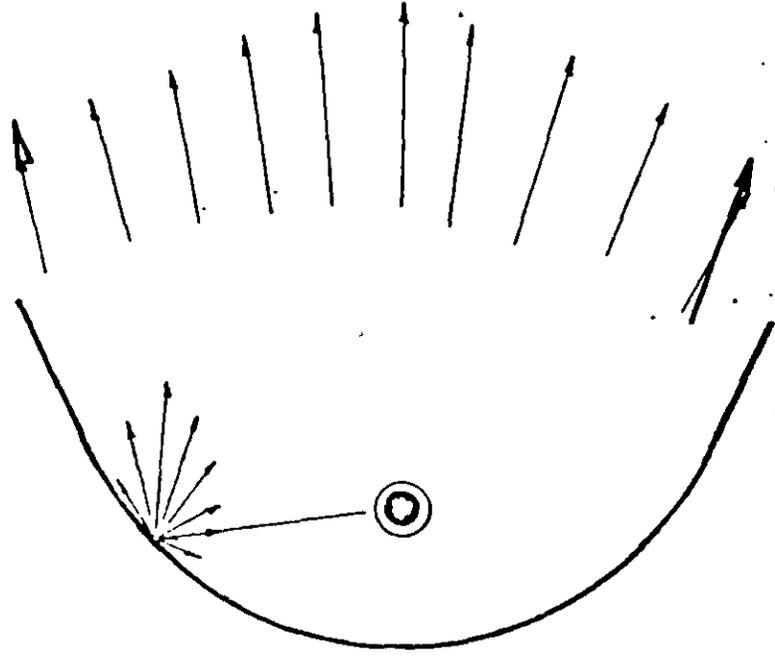
# CONTORNO GENERAL



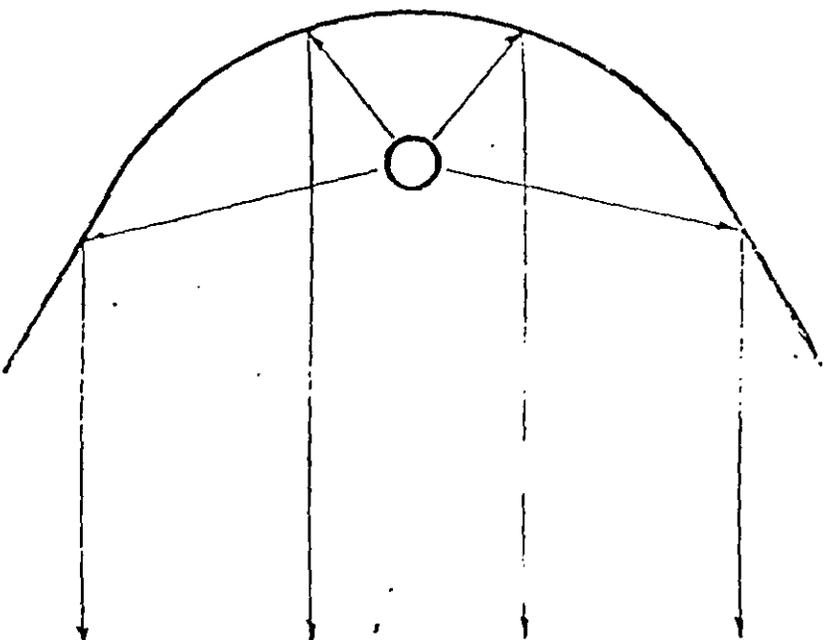
1) DIFUSO. \_ SE USA EN LOS CASOS EN DONDE SE NECESITA UNA DISTRIBUCION FOTOMETRICA UNIFORME EN UNA CURVA MUY ABIERTA



II) SEMIDIFUSO.- SE OBTIENE  
MEJOR CONTROL LUMINOSO  
QUE EN EL CASO ANTERIOR  
SE USA EN CURVAS MEDIAS



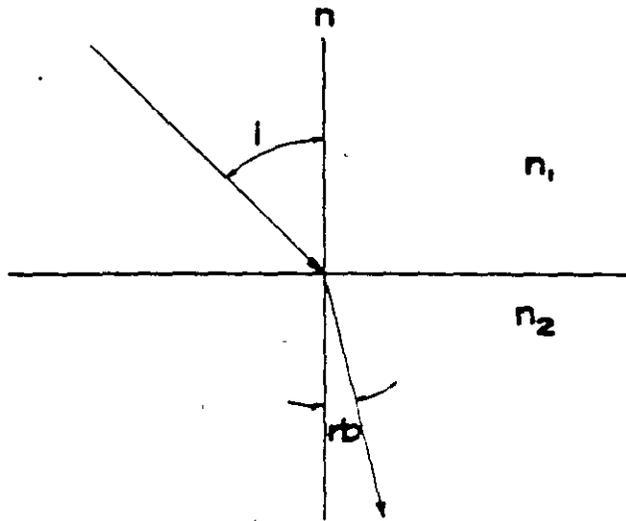
III) ESPECULAR. - ES EL RECO -  
MENDADO PARA EL MEJOR  
CONTROL. SE USA EN CURVAS  
CERRADAS.



18-

## B) REFRACTOR

REFRACCION... ES EL PROCESO MEDIANTE EL CUAL UN RAYO DE LUZ QUE INCIDE EN UNA SUPERFICIE QUE SEPARA 2 MEDIOS DE DIFERENTE DENSIDAD CAMBIA DE DIRECCION Y ABANDONA LA SUPERFICIE DEL LADO OPUESTO AL INCIDENTE.



LEY DE SNELL:

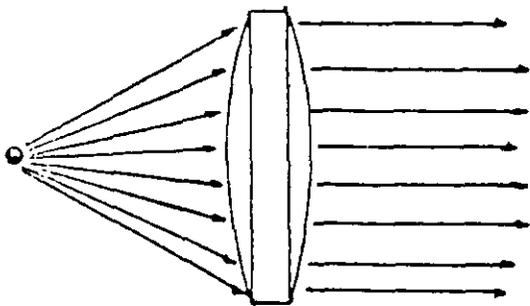
$$n_1 \text{ sen } i = n_2 \text{ sen } rb$$

LA FINALIDAD DEL REFRACTOR ES REDIRIGIR LA LUZ PROVENIENTE DE LA LAMPARA EN LA DIRECCION DESEADA, USANDO EL PRINCIPIO DE REFRACCION

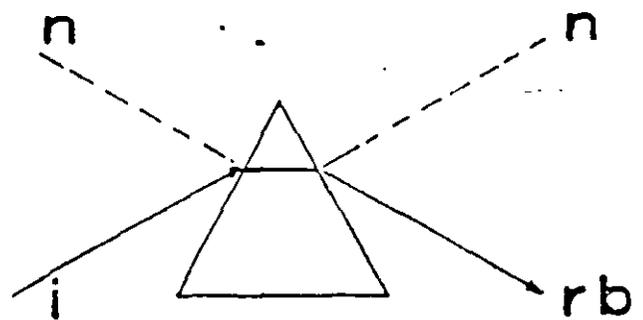
SE PUEDE APROVECHAR ESTE PRINCIPIO UTILIZANDO DOS TIPOS DE DISPOSITIVOS.

— PRISMAS

— LENTES

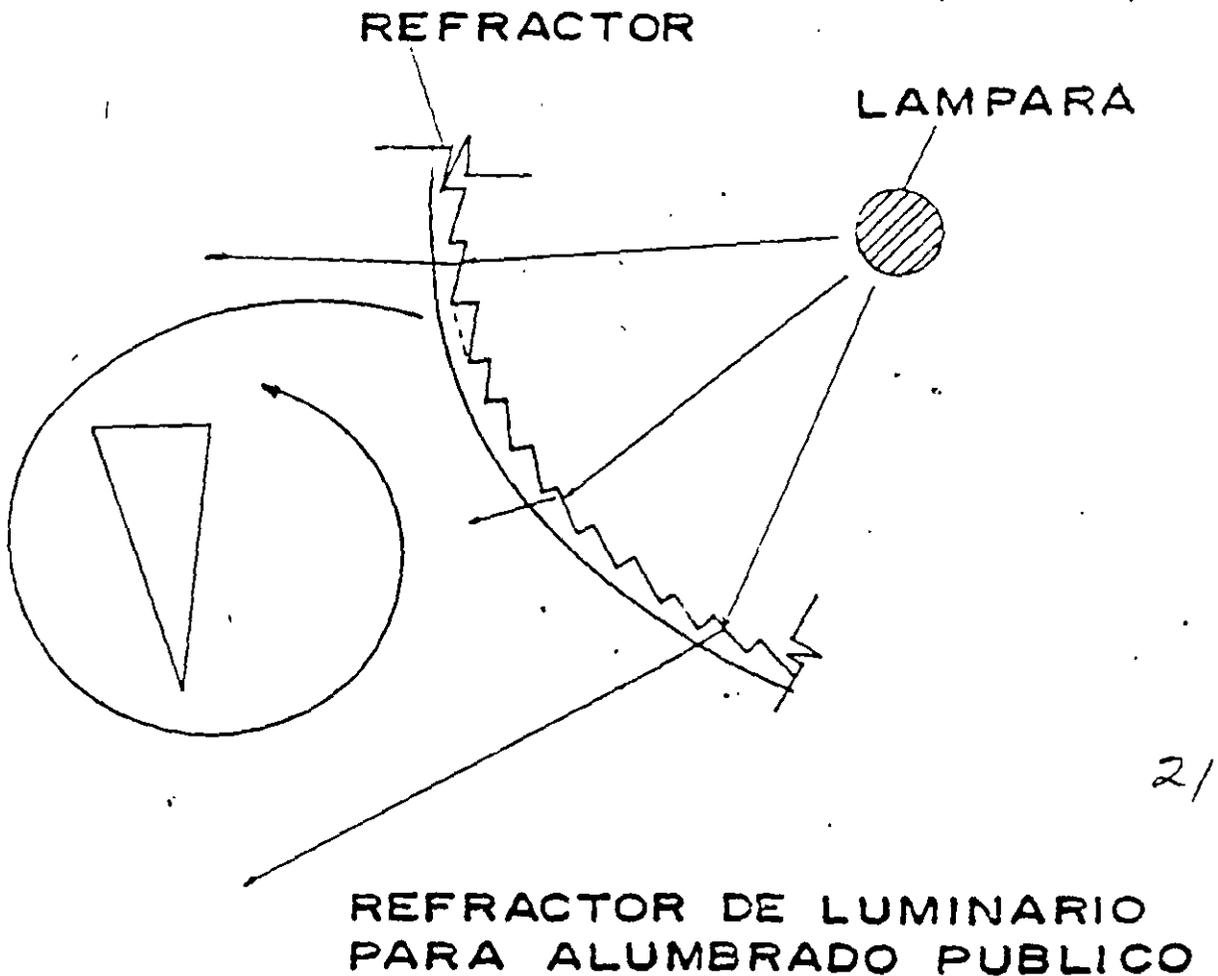


LENTE



PRISMA

EL MAS FRECUENTEMENTE UTILIZADO  
PARA REFRACTORES DE LUMINARIOS  
ES EL PRISMA.



## **IV.2.- MATERIALES Y CONSTRUCCION.**

En la construcción de reflectores normalmente se utilizan los siguientes materiales dependiendo de la aplicación de los mismos:

**a) Aluminio:** (procesado, pulido, etc.) es muy útil por su resistencia a la intemperie, resistencia mecánica, buena conductividad térmica, poco peso y, dependiendo de su pureza muy estable ante la luz ultravioleta que recibe de las Lámparas de Descarga en Gases.

**Los reflectores de Aluminio se fabrican básicamente con tres métodos:**

**Embutido:** produce muchas ralladuras, los espesores no son uniformes.

**Hidroformado:** se lastima menos el aluminio y los espesores son uniformes.

**Rechazado ó de Torno:** es el más común y el de menor costo.

**b) Vidrio:** (recubierto, prismático, etc.) es recomendado en aplicaciones interiores debido a su buena conductividad térmica y su gran estabilidad a la corrosión a traves de prolongados periodos sin mantenimiento.

c)

**Plástico:** (metalizado, recubierto, termoplástico mejorado, etc.) es muy usado en aplicaciones interiores. debido a que soporta satisfactoriamente los efectos de los rayos ultravioleta de las fuentes de luz artificiales, más no las del Sol.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Luminarios.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA V.

### LUMINARIOS

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

#### V. 1.- COMPONENTES DE LOS LUMINARIOS

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

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

Los componentes de; luminario trabajan juntos para determinar el funcionamiento de; luminario.

Se usan dos medidas para estimar el funcionamiento del luminario:

- a) Eficiencia del luminario.- Mide el porcentaje de lumens de lámpara que dejan el luminario, comparado con la razón de lumens totales de lámpara. Así un luminario abierto tendrá generalmente una mayor eficiencia que el mismo luminario equipado con lente (difusor) ya que este absorberá la luz.
- b) Coeficiente de utilización del luminario.- Usado en cálculos de iluminación Para describir el porcentaje de lumens de lámpara que llegan a la superficie de trabajo. Esta característica depende de las dimensiones del cuarto, así como del tipo del luminario y de los valores de las tablas impresas en los catálogos de fabricantes de luminarios.

#### V.2.- TIPOS DE LUMINARIOS

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

### **V.2.a.- CLASIFICACION POR DISTRIBUCION DE LUZ**

Una de las más importantes características de un luminario es su patrón de distribución. Los patrones más común de distribución, como se muestra en la figura 1, son:

Luz directa.- Con el luminario montado encima del área a iluminar y con su salida directa descendente.

Luz indirecta.- El luminario dirige toda su luz hacia el techo o pared, transmitiéndola al área iluminada para reflejar la luz hacia el área de trabajo.

- c) Directa.- En el cual la luz es principalmente dirigida al lugar de trabajo pero también tiene una distribución indirecta.
- d) **Semi directo.**- En el cual la distribución indirecta es el porcentaje más grande de la salida.
- e) Directa/Indirecta.- En el cual las dos distribuciones son aproximadamente iguales.
- f) General difuso.- El luminario radía luz en igual cantidad en todas direcciones.
- g) Direccional.- En el cual la luz es dirigida a una dirección específica.
- h) Asimétrico.- En el cual la luz es dirigida con más intensidad hacia un lado que hacia el otro.

### **V.2.b.- CLASIFICACION POR TIPO DE MONTAJE**

La manera en que un luminario está montado o conectado es una característica común de clasificación. Los montajes más comunes se muestran en la figura 2 y se enlistan a continuación

a.- Luminarios empotrados.- Se instalan dentro de la pared o techo. Un luminario semiempotrado se mete solo parcialmente en la superficie dejando el resto visible.

b.- Luminarios para sobre poner (surface-mounted).- Se describen usualmente como "montes de pared" o "montes de techo". Estos luminarios son totalmente visibles.

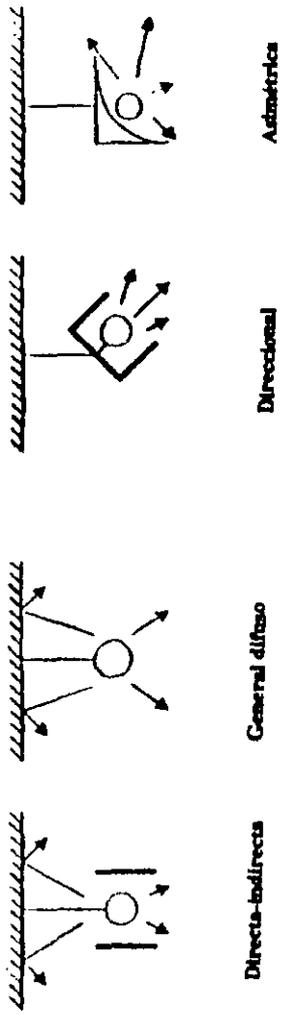
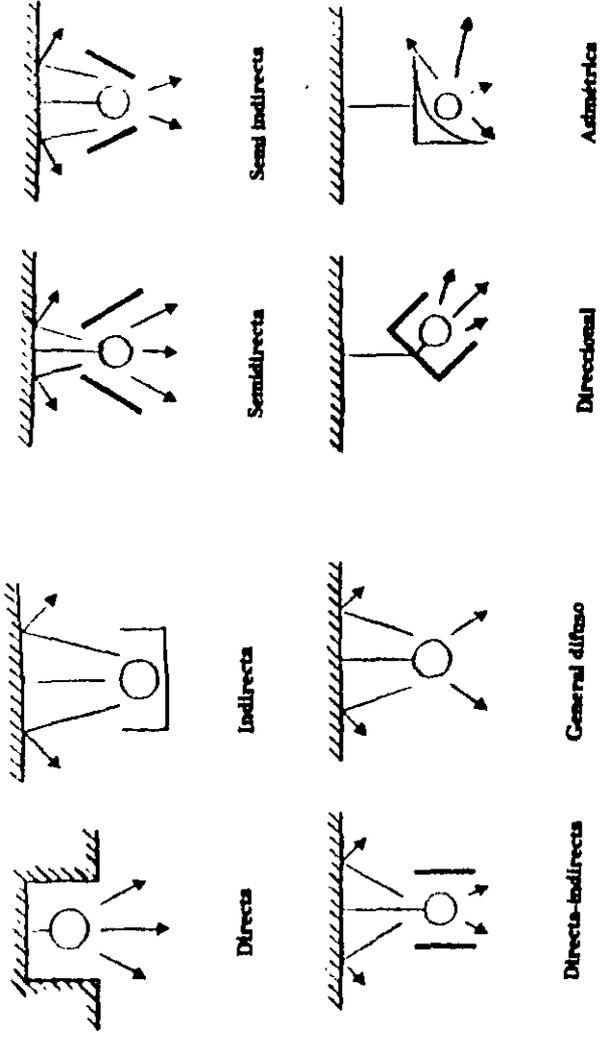
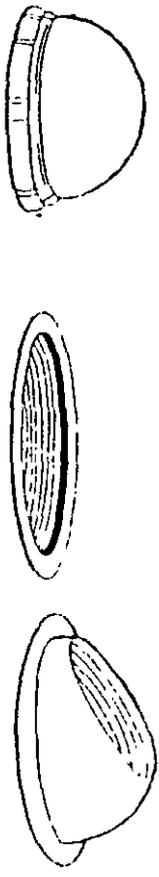
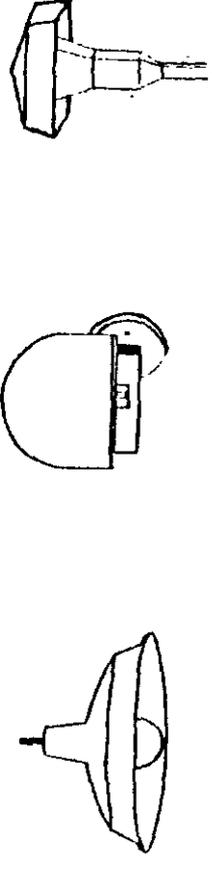


Figura 1. Tipos de distribución de luz



Empotrado

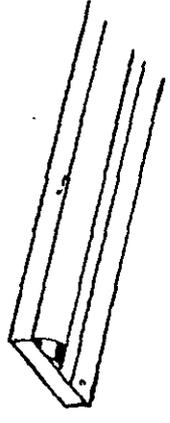
Sobreponer



Suspendido

Wall bracket

Poste



Under cabinet

Track

c.- Luminarios pendientes.- Están suspendidos del techo por un cable, tubo o cadena que también lleva el cable eléctrico a la lámpara. A estos algunas veces se les llama luminarios suspendidos especialmente cuando se necesita suspender más de un miembro.

d.- Bracket de pared (Wall-Bracket).- Están montados en la pared con un seguro que generalmente es parte del diseño de todo el luminario.

e.- Luminarios Post-top.- Están diseñados para montarse encima de un poste para exteriores.

f.- Luminario tipo “under cabinet” ilumina “countertops”.

g.-Luminarios tipo track.- Están montados en un riel electrificado.

h.-Luminarios tipo mueble integrado. - Están montados permanentemente para divisiones de oficinas o para ser parte de sistemas de estaciones de trabajo.

i.- Luminario portátil. - Puede ser trasladado fácilmente y conectado a una salida eléctrica estándar.

## **V.2.c.- CLASIFICACION POR FUNCION O NOMBRE TRADICIONAL**

Muchos luminarios tienen nombres relacionados con su función, tales como downlights, wall washer, luces de paso, lámparas de mesa y luz de pizarrón. Se debe recordar que los usos reales de un luminario no se limitan a los sugeridos por sus nombres.

Otros luminarios tienen un diseño tradicional o histórico, y algunos luminarios modernos se usan de forma familiar o tradicional, por ejemplo, los candelabros, los candeleros o los faroles.

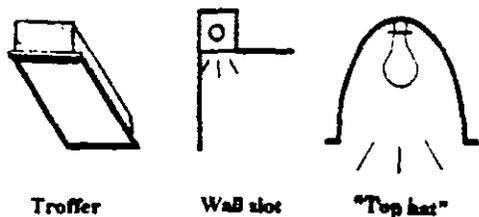
## **V.2.d.- CLASIFICACION POR SU FORMA**

Es común referirse a un luminario por su forma, especialmente si son llamativos, estos se muestran en la figura 3 y se enlistan a continuación:

- a) El "Shoebox" es moderno para luminarios de carreteras.
- b) El Cabeza de cobra (cobra head) es un luminario refractor convencional para iluminación de calles.
- c) El “Lollipop shape” son luminarios en forma de globo colocados al final del poste.



"Shoebos" "Cabeza de cobra" "Lollipop"



Troffer Wall slot "Top hat"

Figura 3. Formas reconocibles de luminarios

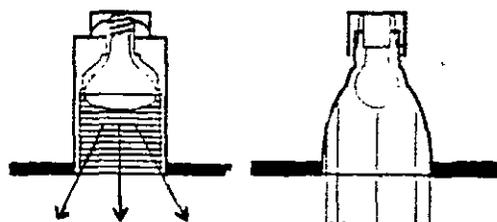


Parabólico Troffer prismático

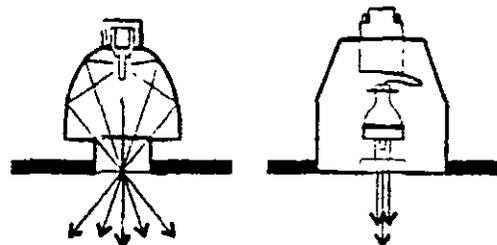


Fresnel Elipsoidal Wreathform

Figura 4. Luminarios nombrados según sus componentes

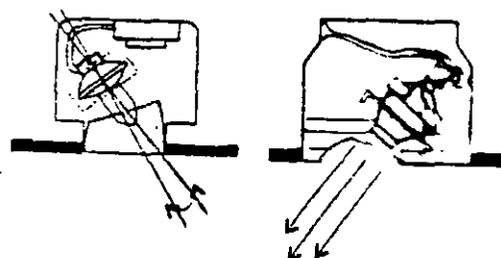


Deflector Cono parabólico

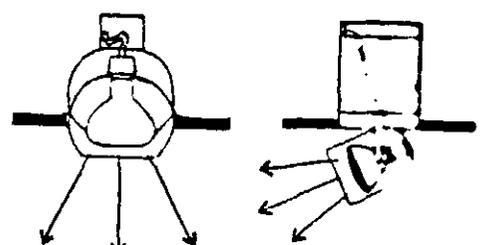


Reflector Pinspots

Figura 5.



Empotrado ajustable Proyector empotrado



"Eyeball", semiempotrado Luminarios push down

Figura 6. Luces de acento

- d) El "Wall slot" da la apariencia de un luminario continuo corriendo paralelamente a la pared.
- e) El "metal troffer" es el luminario fluorescentes para empotrar más usado.
- f) El "top hat" es un downlight empotrable.

### **V.2.e.-CLASIFICACION POR EL TIPO DE COMPONENTES**

En muchos casos, el nombre del luminario incluye una descripción de un componente específico que hace al luminario notable.

Ejemplos comunes se describen a continuación y se muestran en la figura 4.

- a) Troffer parabólicos.- Usados para fluorescentes equipados con louvers diseñados para eliminar luz extraña y esconder a las lámparas de la luz directa.
- b) Troffer prismático.- Llamado así por sus lentes divisores sobre la cara del troffer.
- c) Fresnel.- Llamado así por su tipo de difusor usado para luz suave, y para lámparas teatrales de haz variable.
- d) Elipsoidales.- Llamados así debido a los reflectores elipsoidales encontrados en downlights empotrables pequeños.
- e) Wraparound.- Usados para luminarios fluorescentes envuelto de difusores prismáticos.

### **V.3.- TIPOS Y ESTILOS DE SISTEMAS DE ILUMINACION GENERAL**

Existen miles de diferentes tipos de luminarios en los sistemas de iluminación actuales, pero pueden ser divididos dentro de categorías generales, incluyendo la iluminación arquitectónica, oficinas generales e iluminación comercial, iluminación industrial, iluminación decorativa, iluminación interior especial e iluminación exterior para edificios para escaleras de escape y seguridad.

#### **V.3.a.- ILUMINACION ARQUITECTONICA**

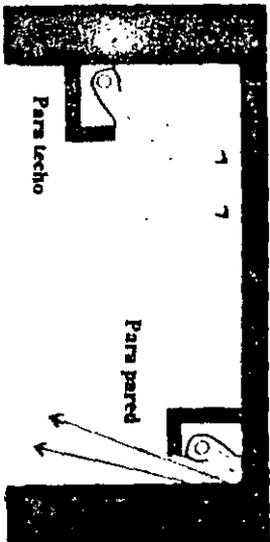
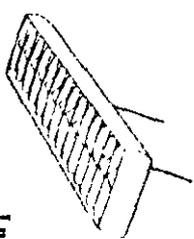


Figura 7. Iluminación de techo y pared

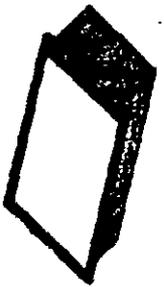


Luminario indirecto



Luminario directo

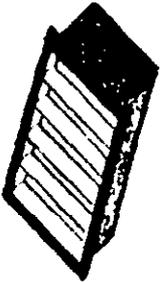
Figura 9. Luminarios suspendidos



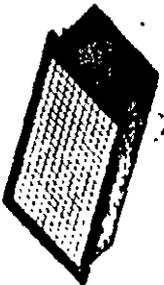
Difusor prismático



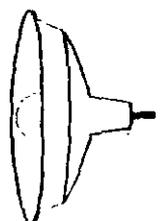
Difusor plano



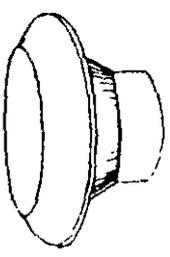
Lumener parabólico



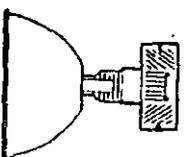
Lumener "egg-crate"



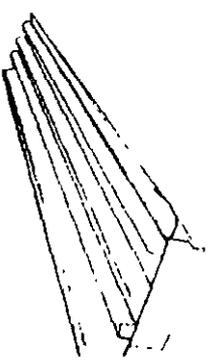
RLM



Balza baja



Balza alta



Fluorescente industrial

Figura 8. Troffers

Figura 10. Luminarios industriales

La iluminación arquitectónica se refiere a la iluminación de equipo oculto de la vista o integrado al diseño del edificio, creando efectos de iluminación sin una fuente aparente. El equipo de iluminación arquitectónica es ampliamente usado en todo tipo de edificios y es común encontrarlos en edificios contemporáneos.

### **V.3.b. DOWNLIGHT.**

Los Downlights también llamados “botes” son usados en muchos lugares residenciales y comerciales. Los Downlights son generalmente empotrados, son luminarios directos usualmente utilizados para iluminar lugares contemporáneos de alta calidad, tales como lobbies de hoteles

### **V.4. SISTEMAS DE ILUMINACION SUSPENDIDA**

Aunque los luminarios comerciales puedan ser usados como luminarios suspendidos, existe una clase especial de alta calidad y bien terminados luminarios, diseñados para usarse en oficinas y escuelas. La mayoría de estos productos tienen distribución indirecta y algunos están diseñados específicamente para trabajos con terminales de videocomputadora (ver figura 9).

### **V.5.- ILUMINACION INDUSTRIAL Y DE TRABAJO**

La iluminación industrial y de tiendas emplea luminarios diseñados para tener durabilidad, eficiencia y bajo costo. Muchos de estos luminarios son disponibles en versiones para corrosión o ambientes explosivos. Existen varios tipos de luminarios industriales.

Los fluorescentes industriales exponen a las lámparas con un reflector poco profundo. Los accesorios incluyen protectores de lámpara y cables y housings resistentes a la corrosión.

Los luminarios tradicionales de pie para incandescentes, compacto fluorescentes y lámparas HID son llamados frecuentemente “RLMs” o “Luces de Fábrica” (Ver figura 10).

Los luminarios montables tipo globo se usan para HIDs, compactas fluorescentes y lámparas incandescentes. Se les llama “Jelly Jars”.

Los luminarios industriales para HID con reflectores de alta eficiencia están diseñados para alturas de montaje específicas, como unidades para distribución amplia en alturas de bahía baja o unidades para distribución angosta en alturas de bahía alta.

Finalmente los luminarios para propósitos especiales son diseñados para aplicaciones específicas como iluminación de almacenes o iluminación para inspecciones de fabricación.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Controles.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA VI

### CONTROLES

Los componentes eficientes ahorran energía utilizando tecnologías avanzadas para reducir el consumo eléctrico, sin embargo, la eficiencia de un sistema de iluminación no termina con la instalación de estos componentes.

Los controles para iluminación ofrecen un ahorro potencial igual o mayor que los luminarios y lámparas eficientes. Una estimación conservadora nos sugiere que puede existir un ahorro del 30% en el consumo de un edificio comercial utilizando una estrategia de control adecuada.

Los costos del consumo de energía utilizada para iluminación pueden ser calculados de la siguiente forma:

Costo de la energía al año = potencia x tiempo de uso = costo promedio de la electricidad

Las lámparas y luminarios eficientes pueden reducir la potencia del sistema de iluminación; por otra parte, los controles pueden reducir el tiempo de uso de esa potencia, así como la potencia misma. Cuando se quitan los picos de la curva de carga, los controles pueden llegar a afectar el costo mismo de la energía eléctrica.

#### VI. 1. -ESTRATEGIAS DE CONTROL

Los controles para iluminación han sufrido un desarrollo dramático en los últimos 25 años, debido principalmente a la preocupación por el uso eficiente de la energía y al avance de la electrónica de estado sólido.

A su vez, el aumento del costo de la energía y la disponibilidad de dispositivos electrónicos de bajo costo y alta contabilidad han estimulado un gran número de innovaciones en los controles para sistemas de iluminación.

Dentro de los sistemas de control actuales podemos encontrar desde dispositivos integrales y de tamaño reducido hasta sistemas que utilizan computadoras centrales y que cuentan con funciones de manejo de energía.

Es importante mencionar que aún con el desarrollo de estos sistemas de control, existen otros dispositivos tan simples como el apagador de pared que pueden proporcionarnos un ahorro significativo de energía, siempre y cuando sean utilizados apropiadamente.

Existen seis estrategias principales en el control de sistemas de iluminación para la reducción del consumo de energía y la demanda pico, como se explica a continuación:

## **VI. 1. a.- PROGRAMACION**

Esta estrategia nos permite tener un uso racional de la energía al encender el sistema de iluminación solo cuando se necesita, y apagarlo cuando no lo es. La programación puede ser manual, con el uso de, apagadores de pared o puede ocupar dispositivos automáticos, como los sensores de presencia o relojes.

### **VI.1.b.- USO DE LA LUZ NATURAL:**

La iluminación artificial puede ser regulada, o incluso apagada, cuando las ventanas y domos proporcionan un nivel suficiente de iluminación natural. Los controles de este tipo requieren de alguna forma de fotosensor y generalmente se usan en combinación con un sistema para el mantenimiento del nivel de lúmenes como una estrategia de ahorro, ya que ambas técnicas reducen la iluminancia en los espacios que se encuentran sobre iluminados.

### **VI.1.c.- MANTENIMIENTO DEL NIVEL DE LUMENES:**

La mayoría de los sistemas de iluminación están calculados para mantener un nivel promedio independiente del tiempo, tomando en cuenta los factores de depreciación del sistema.

Como resultado de lo anterior, estos sistemas producen un nivel superior al necesario hasta que, con el tiempo y la depreciación, se alcanza el nivel deseado.

Los controles automáticos que mantienen el nivel de lúmenes constante, utilizan fotoceldas para monitorear los niveles de iluminancia e incrementar la potencia entregada a la lámpara durante su ciclo de vida. Con este procedimiento, la lámparas nuevas utilizan una potencia parcial, mientras que las demás reciben la potencia nominal. Así, los niveles de iluminancia permanecen constantes y el consumo eléctrico total es menor.

## **VI.2.- AHORROS DE ENERGIA POTENCIALES**

Los ahorros de los controles automáticos para iluminación, tales como sensores de presencia, fotosensores, controles horarios y para mantenimiento de nivel de lúmenes pueden ser calculados aproximadamente mediante el método "ajuste de la potencia de la iluminación". Aún cuando los controles del tipo horario realmente reducen el tiempo de uso de la iluminación, el ahorro o reducción de la potencia correspondiente puede estimarse.

Estos factores de ajuste no existen todavía en México, pero se usan en los códigos y estándares de eficiencia energética, tales como la norma ASHRAE/IES 90.1-1989, para otorgar crédito a ciertos tipos de controles automáticos.

La tabla 1 muestra los factores de ajuste que pueden ser utilizados para aproximar los ahorros que se obtendrán con el uso de uno o varios controles automáticos. Por ejemplo, el factor de ajuste para un sensor de presencia es de 0.30; lo cual quiere decir que habrá un ahorro de 30 W de cada 100 W que controle el sensor.

### **VI.3.- INTERRUPTORES**

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagándola cuando no se necesita.

Los interruptores pueden ser tan simples como los de pared, o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio, incluyendo la seguridad y los HVAC.

Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación-compensación y de luz natural. Las secciones siguientes incluyen la descripción de algunos interruptores, tanto manuales como automáticos.

#### **VI.3.a.- INTERRUPTORES MANUALES**

El dispositivo de control más sencillo y barato es el interruptor de pared. Aunque muchas de las estrategias para el ahorro de energía se basan en el uso de equipo de control muy sofisticado, la mayoría de las instalaciones cuentan con sistemas de iluminación controladas manualmente. Son de bajo costo y alta confiabilidad, lo que los convierte en una importante opción para cualquier instalación.

La mayoría de los reglamentos exigen controles accesibles a los ocupantes, o en su defecto, sensores de presencia. Lo anterior significa que todos los cuartos de un edificio deben tener su propio interruptor, lo que los hace fundamentales para el ahorro de energía.

Muchas de las instalaciones permanentes cuentan con un interruptor de encendido-apagado cerca de la puerta; los cuartos con dos o más entradas pueden tener dos o más controles para el mismo circuito.

Las alturas recomendadas para la colocación de este tipo de interruptores son: 102, 112 y 137 cm, de las cuales, la menor es accesible para las personas que utilizan silla de ruedas y para niños pequeños.

La figura 1 muestra los diagramas esquemáticos de los interruptores que se utilizan generalmente para las instalaciones de iluminación:

Un polo-un tiro: este tipo de interruptor controla un circuito y permite apagarlo o encenderlo manualmente; generalmente, la posición hacia arriba significa encendido. - Dos polos-un tiro: permite el control simultáneo de dos circuitos. Se utiliza cuando la carga eléctrica que opera un interruptor excede de 20 A, por lo que se recomienda dividir al circuito principal en dos.

-Un polo-dos tiros (tres vías): este tipo de interruptores se conecta en pares y nos permite un control del circuito desde dos puntos diferentes. La operación de cualquiera de los interruptores cambia el estado de la iluminación (de encendido a apagado o de apagado a encendido).

-Dos polos-dos tiros (cuatro vías): se instalan en circuitos donde se tienen interruptores de tres vías para tener más puntos de control.

### **VI.3.b.- TIPOS DE INTERRUPTORES DE PARED**

Los interruptores de pared incluyen dos modelos muy comunes, los de palanca y los decorativos (figura 2). Existen otros diseños menos conocidos, ya que son de aplicación especial; existen los de gran tamaño para cuartos de niños y los que cuentan con un indicador de estado.

Dentro de los últimos, existen dos variantes importantes, los de luz piloto y los que cuentan una lámpara para la ayuda de su localización. Los interruptores con luz piloto encienden el indicador cuando el circuito controlado está encendido, mientras que los que cuentan con la lámpara de ayuda, la encienden para su fácil localización en la oscuridad cuando el circuito está apagado. Estos interruptores son de gran utilidad cuando se operan circuitos remotos, ya que permiten conocer su estado aún cuando la fuente de luz no es visible.

### **VI.3.c.- CONTACTORES**

Se utilizan para encender grandes cargas de iluminación centralizadas; por ejemplo, un contactor puede controlar todas las luces de una torre de iluminación de un estadio.

Este tipo de interruptores se utiliza generalmente para grandes grupos de carga de alumbrado exterior.

### **VI.3.d.- INTERRUPTORES DE ESTADO SOLIDO**

Algunos dispositivos de control, especialmente los interruptores sensibles al tacto, utilizan triacs como los elementos de conmutación. Cuando están en la posición de apagado, permiten en paso de una pequeña corriente que puede ser peligrosa para el personal de mantenimiento, por lo que se recomienda el uso de un interruptor adicional como medida de seguridad.

Una segunda desventaja que se ha detectado en estos interruptores es la potencia residual que se suministra a las cargas cuando están en la posición de apagado, lo que provoca una disminución en la vida de las lámparas y una interacción inadecuada con otros equipos para iluminación de alta eficiencia. Por ejemplo, la mayoría de los interruptores de este tipo son incompatibles con sistemas fluorescentes o de HID.

#### **VI.4.- DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO**

Dentro de ellos encontramos a los sensores de presencia, relojes (timers), fotoceldas y otros. Estos dispositivos deben ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarios.

##### **VI.4.a.- RELOJES (TIMERS)**

La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación.

Existen dos tipos básicos de relojes, como se puede ver en la figura 3:

-Relojes que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Este tipo de dispositivos mecánicos se encuentran en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.

Otros, tienen un mecanismo de cuerda como respaldo de la energía eléctrica.

---Relojes electrónicos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión y que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios. por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.

##### **VI.4.b.- SENSORES DE PRESENCIA**

Este tipo de dispositivos fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, ya que son de alta contabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación.

Una de sus principales ventajas es que, mientras no detecta movimiento, no hay motivo alguno para encender las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación.

Los modelos más eficientes requieren de que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.

Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación (figura 4):

- Detectores PIR (passive infrared) perciben y responden a los patrones de calor del movimiento. Los patrones de calor del cuerpo de los animales puede ser diferenciado fácilmente de otras fuentes de calor. Esta tecnología es la que se utiliza para los sistemas de seguridad residenciales y comerciales.

- Detectores ultrasónicos: son de tipo activo, ya que emiten y reciben una señal producida por la oscilación de un cristal de cuarzo, la cual es inaudible. Responden al cambio en el tiempo de retorno de la señal, producido por el movimiento de los ocupantes.

- Detectores por microondas: también son de tipo activo y trabajan en forma similar a los anteriores, pero responden a un cambio en la frecuencia de la señal, también causada por el movimiento de los ocupantes. Hasta este momento, su uso se limita a aplicaciones de seguridad.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

- En el techo, para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencias. En la figura 5 se muestran algunos patrones de detección diseñados especialmente para los sensores colocados en el techo. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clase.

Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.

- En la pared. Este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe aportación de luz natural suficiente; sin embargo, han sido fuertemente criticados, ya que no detectan el nivel de iluminancia en el plano de trabajo.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

Existen factores importantes para la adecuada utilización de estos dispositivos, tales como la selección correcta del sensor, su calibración, el lugar de instalación (techo, pared, etc.) y

Figura 5. Patrones de detección de sensores de presencia colocados en el techo

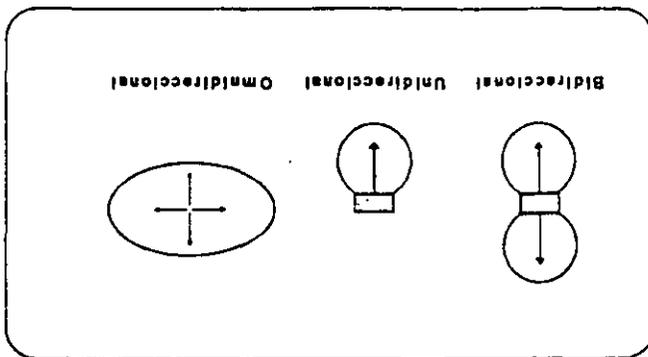
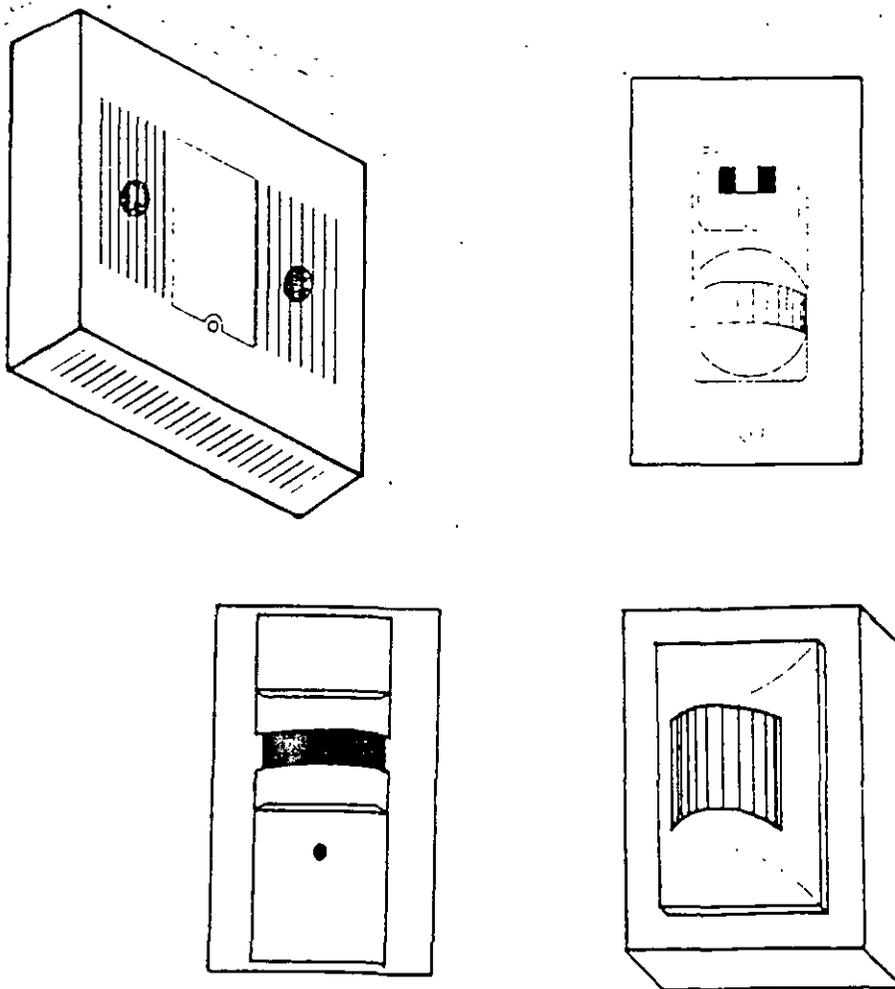


Figura 4. Sensores de presencia (ultrasonico, PIR, modelos retrofl)



activación por falsas señales. Un sensor PIR puede operar inadecuadamente cuando no tiene filtros especiales para las radiaciones infrarrojas de la luz natural. Un sensor ultrasónico puede responder a la vibración, como la del aire acondicionado, o al paso de corrientes de aire: los sensores de microondas pueden atravesar las paredes y detectar presencia en el área equivocada.

Otra precaución que se debe tomar para este tipo de sensores es el tiempo de reencendido de algunas lámparas, como las de HID. Existen balastos especiales que pueden operar la lámpara con una potencia reducida (por ejemplo, 35 %) cuando el sensor no indica presencia y entregar potencia plena en el momento en que se requiera. Es importante mencionar que lo anterior puede afectar la consistencia en el color de las lámparas de aditivos metálicos.

En general, se deben considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto que considere sensores de presencia:

- Considerar la posibilidad de ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
- Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente
- Forma y dimensiones del área a controlar
- Presencia de barreras u obstáculos
- Ubicación del sensor
- Tipo de sensor (PIR, ultrasónico)
- Ajuste de sensibilidad y tiempo
- Mantenimiento (reemplazo de lámparas)

#### **VI.4.c.- FOTSENSORES**

Estos dispositivos sensan el nivel de iluminancia y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control, para después mandar una señal a los interruptores o dispositivos de dimmeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminancia de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

La ubicación de los fotosensores es un aspecto crítico que determina la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminancia en el plano de trabajo (mantenimiento del nivel de lúmenes) o el de la fuente de luz natural (uso de luz natural y estrategia de adaptación-compensación).

#### **VI.4.d.- CONTROLES AUTOMATICOS PARA REEMPLAZO DIRECTO:**

Estos controles tienen el sensor o reloj, la unidad de control y el dispositivo de interrupción (generalmente un relevador) en la misma unidad, por lo que reemplazan a los interruptores manuales, sin la necesidad de cambiar la instalación.

#### **VI.4.c.- SISTEMAS AUTOMATICOS PARA EDIFICIOS (SAS)**

Muchos edificios utilizan este tipo de sistemas, también llamados Sistemas Administradores de Energía (EMS). Son sistemas de programación muy sofisticados que utilizan una central computarizada para regular todas las operaciones del edificio (Edificios Inteligentes).

Algunos EMS manejan sensores de presencia, fotosensores y controles de tiempo para escoger la combinación más adecuada para el manejo de la energía del sistema de iluminación. A pesar de que estos sistemas son particularmente efectivos para el control de la iluminación, están diseñados también para controlar todas las cargas del edificio.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Normatividad.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA VII

### NORNATIVIDAD

La importancia de la Dirección General de Normas (DGN) ha ido en aumento a raíz de la reestructuración de SECOFI y de los cambios trascendentales que modifican la economía mexicana. La nueva Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada el 10 de julio de 1992 en el Diario Oficial de la Federación obedece a las múltiples actividades que se generan dentro de este marco.

La disposición establece un procedimiento claro, uniforme, confiable y coordinado para la expedición de cualquier clase de regla o norma obligatoria emitida por las dependencias de la Administración Pública Federal incluidas en las materias de Normalización, Metrología y Certificación un instrumento de fomento y apoyo de circunstancias análogas a las tendencias mundiales en la materia.

Varias razones impulsaron la reforma estructural de la dirección General de Normas, como es la definición de los tres grandes polos de poder económico, la Comunidad Económica Europea, Japón y los países industriales de Asia, y el Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá asimismo, la lucha por el acceso a los mercados mundiales, la "globalización internacional" de las empresas para lograr mejores niveles de competitividad y el creciente aumento de las importaciones.

En cuanto a la estructura reformada de la DGN, se fundamenta primordialmente, en dotarla de los recursos para una eficaz aplicación de la nueva Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

#### **VII. 1.- ANTECEDENTES**

En el pasado, la expedición de normas realizada por las dependencias de la administración pública no estaba sujeta a mecanismos claros, cada dependencia tenía su propio procedimiento y en ocasiones, se duplicaban los esfuerzos al regular los mismos procesos, productos o servicios, además de generar contradicciones.

Por ejemplo, En las Normas Oficiales Mexicanas emitidas por la Secretaría de Salud (Peso Neto) y de SECOFI (Etiquetado de Contenido Neto) se encontró que existían notables diferencias.

Tampoco se efectuaba una evaluación de los costos o beneficios sociales que se originaban de la regulación, lo cual, invariablemente creaba obstáculos para la innovación tecnológica, encarecía los procesos productivos, disminuía la inversión y establecía barreras al ingreso de participantes en la actividad económica. La falta de coordinación entre las Secretarías retrasaba el proceso de comercialización de los productores, aumentaba costos e incrementaba la ilegibilidad y la economía informal.

A su vez, la DGN centralizaba la elaboración y expedición de las Normas Voluntarias, lo que provocaba el uso de conocimientos parciales y limitados de los productores y consumidores. Los particulares no participaban en el proceso de verificación o certificación de los productos falta de credibilidad y reconocimiento de los mismos. Como consecuencia, se carecía de información sobre marcas o símbolos de calidad que les permitieran distinguir y escoger entre buenos y malos productos.

## **IX.2.- MODIFICACION A LA LEY**

Por lo anterior, la Unidad de Desregulación y la Subsecretaría de Industria de SECOFI detectó este problema y se abocaron a reformar la Ley Federal sobre Metrología y Normalización del 26 de enero de 1988.

Dentro de las modificaciones que incorpora la nueva ley se establecen dos vertientes de Normalización.

## **VII.3 NORMAS OFICIALES MEXICANAS**

Son disposiciones de carácter obligatorio expedidas por dependencias como Sedesol, SEMIP, Sepesca, SARH, SCT, SSA, STPS, Sectur y SECOFI. Las normas oficiales son regulaciones técnicas de seguridad que preservan los recursos naturales y, a la vez, proporcionan información veraz y suficiente al consumidor usuario.

Bajo el nuevo esquema, la expedición de la NOM que, conforme a la Ley anterior, era responsabilidad exclusiva de SECOFI, hoy faculta a las demás dependencias para su expedición en el ámbito de su competencia.

Así la Secretaría a través de la Dirección General de Normas, queda facultada para expedir únicamente las Normas Oficiales Mexicanas que se relacionen a sus atribuciones.

La DGN de Política de Comercio Interior y de Gas, a la fecha, han publicado - en el Diario Oficial de la Federación- los primeros proyectos de las Normas Oficiales Mexicanas, requisitos de seguridad para aparatos electrónicos, instalaciones de gas, equipos que utilizan gas LP o natural para su funcionamiento; contenido Neto y tolerancias de productos envasados, etiquetado de productos textiles y prendas de vestir, sorteos y concursos, entre otras cosas.

Otro mecanismo de la nueva legislación es la Comisión Nacional de Normalización, que lleva a cabo la política de normalización y la coordinación eficaz entre las distintas dependencias gubernamentales. Una de sus funciones consiste en aprobar el programa Nacional de Normalización y vigilar su cumplimiento.

#### **VII.4.- NORMAS MEXICANAS (NMX)**

Son reglas de cumplimiento voluntario, emitidas por los organismos nacionales de normalización privados y sirven como referencia para determinar la calidad, funcionamiento y métodos de prueba de diversos productos o servicios.

A diferencia de las Normas Oficiales Mexicanas, éstas son elaboradas por los Organismos Nacionales de Normalización (ONN). Los ONN son personas morales aprobadas por SECOFI según su ámbito de competencia, y están constituidas equitativamente por comités Técnicos Nacionales de Normalización (productores, consumidores, comerciantes, técnicos y científicos a nivel nacional.

A la fecha, existen 46 comités que abordan temas como sistemas de calidad, industria del plástico y herramientas (durante 1993 serán elaboradas 388 NMX). La dirección General de Normas es responsable de la formulación de lineamientos para la evaluación y acreditamiento de los Organismos Nacionales de Normalización, esto asegura que las reglas elaboradas no tienden a crear monopolios o barreras no arancelarias.

En la actualidad, se trabaja intensamente con la iniciativa privada en el proceso de creación de los primeros Organismos nacionales de Normalización y Certificación.

#### **VII 4.a.- NORMALIZACION PARA EL TLC**

Es determinante el uso de normas y marcas de conformidad reconocidas a nivel nacional internacional en el comercio mundial. En la medida que éstas tengan una utilidad real y eficiente, será posible la introducción de productos mexicanos en mercados fuera de nuestra fronteras. Su utilización, evitará la entrada de productos inseguros o de íntima calidad a nuestro territorio.

La incorporación de producción nacional al mercado más grande del mundo, (México, Estados Unidos y Canadá), supone el incremento de competitividad industrial y la necesidad de actualizar regulaciones de normalización y certificación dentro del orden mundial. Este cambio transcendental impulsa a la DGN a desarrollar actividades complejas y seguras en materia de normalización a modificar y fortalecer su estructura en las áreas de metrología y certificación y disponer de una nueva dirección de promoción que informe respecto a dichas materias.

Estas son las tareas de cambio, esfuerzos y logros de la Dirección de Normalización, dependiente de la DGN, adscrita a la Subsecretaría de Industria de la SECOFI.

#### **VII.4.b.- NORMALIZACION INTERNACIONAL**

La participación de México en el campo de la normalización internacional y regional es

fundamental y es, en este sentido, que la nueva Ley Federal de Metrología y Normalización establece que SECOFI, en coordinación con la Secretaría de Relaciones Exteriores, es la entidad responsable de representar, coordinar y participar en todos los eventos o asuntos relacionados con Metrología y Normalización. Solo así se puede asegurar el acceso permanente a los productos y servicios nacionales en los mercados extranjeros. Por lo anterior, la DGN tiene la obligación de afirmar su presencia e intervención en los foros internacionales.

## **VII.5 ORGANIZACION INTERNACIONAL DE NORMALIZACION, ISO**

La International Organization for Standardization (ISO) es la Federación mundial de organismos nacionales de normalización, integrada por 91 miembros. Nuestro país se encuentra representado por la DGN y es miembro fundador de la organización a partir de 1947. Desde entonces, México ha participado en la elaboración de normas internacionales. ISO favorece el desarrollo de la normalización y actividades conexas en el mundo, con el objeto de facilitar el intercambio de mercancías y servicios entre las naciones e impulsar la cooperación entre las esferas intelectual, científica, técnica y económica. Los resultados de los trabajos técnicos de ISO son publicados como normas internacionales.

Los trabajos de ISO abarcan todos los campos de la normalización a excepción de las normas correspondientes a la tecnología eléctrica y electrónica responsabilidad de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), metrología legal elaborada por la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML), y la alimentarias, reguladas por el Codex Alimentarius.

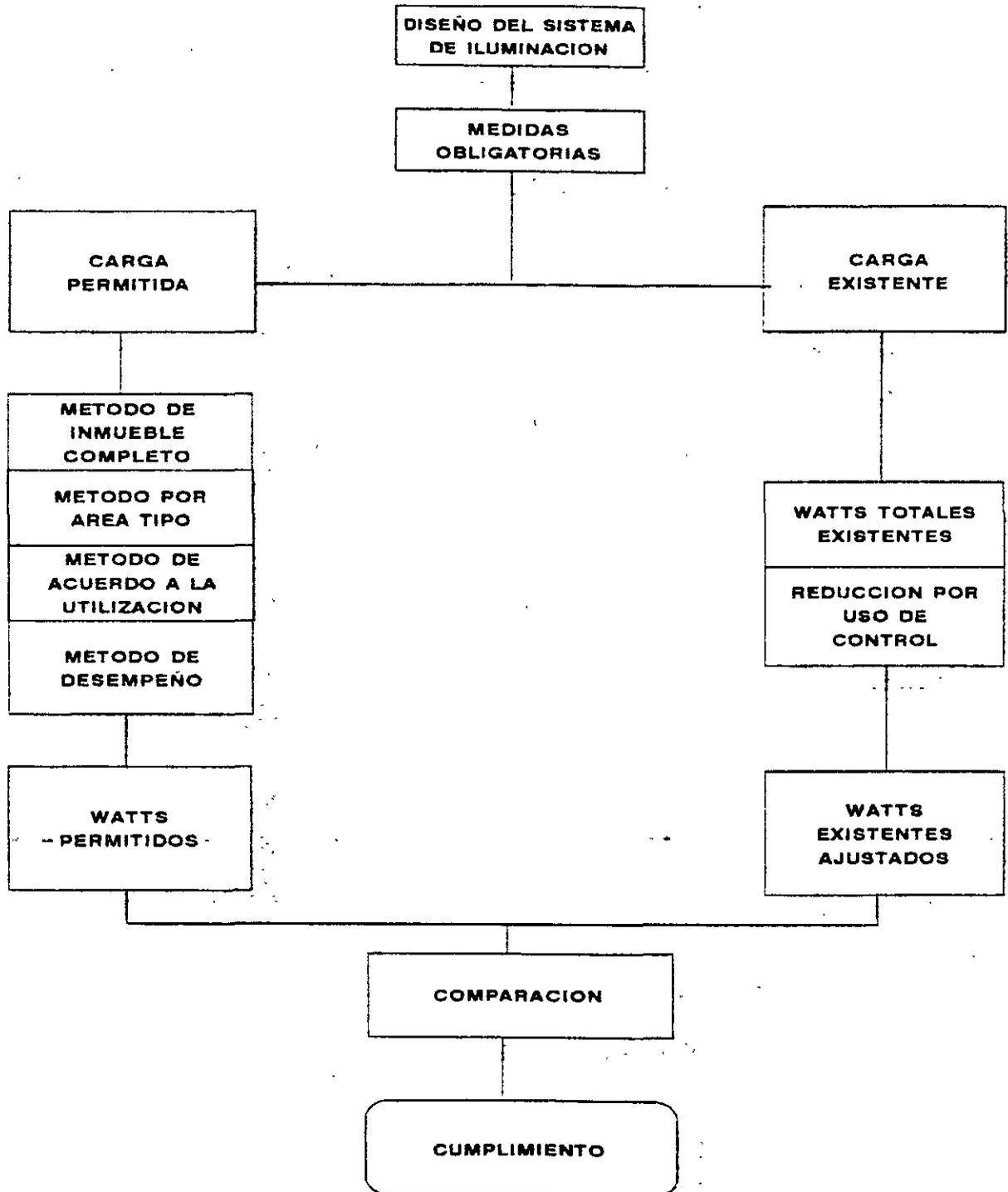
Al crear normas internacionales, ISO protege y coordina los intereses de fabricantes, usuarios, consumidores, gobiernos y científicos de cada país miembro. A efecto de contar con un grupo de expertos para el análisis y dictamen de los documentos ISO, de interés para la planta productiva nacional de diferentes sectores industriales, animaron la constitución del comité mexicano para la atención de la ISO, el 7 de Febrero de 1992. Hoy, el comité está integrado por 21 subcomités que trabajan vigorosamente coordinados por la Dirección de Normalización de la DGN.

## **VII.6.- TITULO 24 DE LA CALIFORNIA ENERGY COMISSION.**

### **VII.6.1.- INTRODUCCION**

En un edificio la iluminación es uno de los consumidores más "des de energía eléctrica (kilowatts-horas). El ahorro en el uso de energía eléctrica, sin comprometer la calidad de la iluminación ni la actividad desarrollada, es el objetivo de las Normas de energía eléctrica de iluminación. A continuación se resumen todos los requisitos y procedimientos para cumplir con estas Normas.

# DIAGRAMA DE FLUJO TITULO 24



## **VII. 6. 1. 1. - PARAMETROS**

El **TITULO 24** se basa principalmente en limitar la potencia usada en iluminación, en el uso adicional de equipo básico más eficiente y en la utilización de controles de iluminación que permitan una operación con menos gasto de energía.

**MEDIDAS OBLIGATORIAS.** Estas medidas deben estar de acuerdo a los parámetros establecidos y a los requisitos de rendimiento. Estas medidas pueden ser un manual de encendido, seccionamiento de áreas con luz de día, uso de controles de apagado automático o de un doble alambrado para balastos

**POTENCIA PERMITIDA DE LA ILUMINACION.** Para un edificio, se determina aplicando uno de cuatro métodos siguientes.

- 1) Para Inmueble Completo: Este método se aplica cuando todo el sistema de iluminación permite la utilización de un solo valor de potencia para controlar todo el edificio.
- 2) Por Area Tipo: Se aplica a cualquier situación, incluyendo las ampliaciones hechas por los propios inquilinos. Los valores de potencia para iluminación se asignan a todas las áreas similares del edificio (oficinas lobbies, pasillos, etc).
- 3) De acuerdo a la Utilización: Se aplica cuando se requiere de una flexibilidad adicional para adaptar necesidades especiales de iluminación. La potencia destinada a la iluminación se determina área por área y de acuerdo a la necesidad.
- 4) De Funcionamiento: Este método se aplica cuando el diseñador utiliza un programa de computadora para obtener la potencia de la iluminación. Este método requiere del uso de un programa de computadora certificado y puede utilizarse sólo para obtener un modelo de los sistemas de iluminación del edificio.

**POTENCIA EXISTENTE DEL SISTEMA DE ILUMINACION (AJUSTADA).** Esta potencia de la iluminación se obtiene del wattaje total del sistema de iluminación menos el ahorro obtenido debido a la utilización de controles. Esta potencia existente no debe de exceder la potencia permitida.

### **VII.6.1.2.- CONCEPTOS BASICOS**

A continuación se incluyen conceptos y definiciones básicas provenientes de las Normas y que se aplican a la iluminación y a los sistemas de control.

**Control Manual de Nivel:** es aquel que permite solo al personal autorizado dar un nivel de iluminación dentro de un rango.

Zona de Iluminación: es el espacio o grupo de espacios, dentro de un edificio y no habiendo más de una por piso, con requerimientos similares de iluminación y que pueden ser controlados automáticamente en conjunto por un dispositivo o dispositivos de control.

## **VII.6.2.- PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ILUMINACION.**

En esta sección se analizara como los requerimientos de las Normas afectan el criterio de diseño de los sistemas de iluminación. Como apoyo se presentaran formatos que facilitan la documentación en el proceso de diseño.

### **VII.6.2.1.- MEDIDAS OBLIGATORIAS**

Las medidas obligatorias van encaminadas a lograr obtener el máximo beneficio de los sistemas proyectados. Estas medidas han sido requeridas por los propios fabricantes de equipo con la finalidad de poder garantizar ante cualquier autoridad el funcionamiento y la calidad de dichos productos, comprometiendole a su vez a los diseñadores a emplear los productos que cumplan con los requerimientos así estipulados para que en el momento de la supervisión por parte de la autoridad correspondiente confirme y autorice el proyecto.

Dentro de estas medidas se involucran accesorios de control, cableado y el empleo de balastos y luminarios certificados.

#### **VII.6.2. 1. 1.- ACCESORIOS DE CONTROL**

Las medidas a este respecto caian que la disposición de los elementos de control deben permitir una operación eficiente de los sistemas.

##### **VII.6.2.1.1.1.- CONTROL DE AREAS**

Todo sistema de iluminación debe poseer la característica de ser controlado con la finalidad de hacer un uso eficiente de; mismo, esto es que sea utilizado solo cuando sea necesario.

**INTERRUPTOR DE CUARTO.** Este interruptor puede ser manual o de los denominados como sensores de presencia, en cualquiera de los casos debe existir uno por área definida por los límites específicos de cada cuarto, no es permitido el uso de un interruptor que controle el sistema de varios cuartos.

**ACCESIBILIDAD.** Todo sistema manual de control de alumbrado debe ser ubicado de manera que al ser operado sea posible visualizar el área que esta controlando. Cuando lo anterior no sea posible el interruptor deberá estar provisto de algún medio de señalización que indique la condición en que se encuentra el área controlada (encendido/apagado).

**AREAS PUBLICAS** - La ubicación de el(los) interruptor(es) en áreas denominadas como públicas tales como lobbies, salones de exposiciones, etc. deberá ser en zonas con acceso sólo al personal autorizado.

**AREAS DE EMERGENCIA O SEGURIDAD.** La iluminación dentro de un edificio en áreas que deben permanecer constantemente iluminadas por razones de seguridad o de emergencia quedan exentas del requisito referente a controles para un máximo de medio watt por pie cuadrado; este tipo de iluminación debe ser indicado como tal en los planos del edificio y serán controladas por medio de interruptores a los que tengan acceso solo personal autorizado. La iluminación complementaria a esta área deberá cumplir con lo estipulado en lo referente a el control de la iluminación por áreas.

**OTROS DISPOSITIVOS.** Si el control de interruptor de cuarto 'A' opera en combinación con cualquier otro tipo de dispositivo de control 'B' hay un requisito que se debe cumplir: El control 'A' y el 'B' deben operar de manera que su acción no invalide la operación propia del dispositivo de control ('A' o 'B'), que proceda a ser accionado para definir la condición encendido/apagado.

#### **VII.6.2.1.1.2.- CONTROLADORES DE NIVEL DE ILUMINANCIA**

La mayor parte de las áreas dentro de un edificio deben ser controladas de manera que la carga por alumbrado sea susceptible de ser reducida por lo menos al 50% de su nivel normal. la intención de esta disposición es la de lograr una reducción en el consumo de energía eléctrica, además de que el área no queda fuera de servicio totalmente. esta acción se logra de diferentes formas:

1. Controlando de manera alternada los luminarios de cada fila.
2. Por medio de dimmers.
3. Controlando individualmente cada luminario del sistema.
4. Controlando cada lámpara de un luminario.  
La acción de disminuir el nivel de iluminación no es requerida en:
  - a) Arcas donde solo se cuente con un luminario.
  - b) Donde la densidad de carga es menor de 1.2 w/ft<sup>2</sup>
  - c) Arcas controladas por medio de sensores de presencia.
  - d) Arcas controladas por medio de dispositivos automáticos de acuerdo a un horario establecido que pudieran anular la acción de control individual.

### VII.6.2.1.1.3.- AREAS CON CONTRIBUCION DE LUZ NATURAL

La aportación de luz natural a un área puede darse de las siguientes formas:

- a) Por medio de ventanas o domos localizados verticalmente.
- b) b) A través de ventanas o domos localizados horizontalmente.

La aportación de luz natural puede ser determinada usando software especializado (superlite, quicklite entre otros); siempre que este previamente certificado por la autoridad correspondiente.

El control de sistemas de iluminación donde existe contribución de luz natural ya sea a través de ventanas o domos es considerado en las Normas y se contempla que deben ser controlados de manera independiente existiendo la posibilidad de que se controlen automáticamente.

Dentro de las medidas obligatorias se especifica que para áreas mayores de 250 ft donde exista contribución de luz natural los sistemas de iluminación ubicados cerca de esta área (ventanas, domos, etc.), deben ser controlados de manera independiente de los que no se encuentren cerca de áreas con apoyo de luz natural. Es Permitido también controlar los luminarios ubicados dentro de el área con contribución de luz natural de forma que se permita apagar por lo menos el 50% de los luminarios. contribución de luz

El control por separado de los sistemas ubicados cerca de las zonas con contribución de luz natural no es de carácter obligatorio cuando la aportación de luz natural no es suficiente para ser usada de manera efectiva; para determinar lo anterior hay dos criterios:

1. cuando debido a obstáculo como árboles, columnas, etc, la luz natural aportada a través de ventanas o domos no es aprovechada de una manera factible.
2. cuando la apertura efectiva de la ventana es menor de 0.1 (o del domo menor de 0.01); una apertura poco efectiva evita en buen aprovechamiento de la aportación de luz natural en el área; esto es causado debido a un mal diseño en el dimensionamiento de ventanas o domos, al bajo nivel de transmitancia de los materiales o a una combinación de ambos factores.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Ahorro de Energía.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## TEMA VIII

### **BUENAS RAZONES PARA AHORRAR ENERGIA**

La justificación de las acciones para ahorrar energía eléctrica puede englobarse desde tres puntos de vista:

- 1) Beneficios para el usuario.
- 2) Beneficios para las empresas relacionadas con la fabricación y comercialización de equipo ahorrador así como con la consultaría.
- 3) Beneficios para las compañías suministradoras de energía eléctrica y para la sociedad y el país en su conjunto.

#### **VIII.1.- BENEFICIOS PARA EL USUARIO.**

Desde el punto de vista del usuario, el ahorro de energía es una inversión muy rentable. La estructura de la factura eléctrica depende del tipo de usuario, con lo que se determina la tarifa contratada. Generalmente está formada por cuatro conceptos principales que son: por consumo de energía eléctrica (KWH), por cargos fijos (mantenimiento, por ejemplo), por bajo factor de potencia (cuando es menor a 0.9) y por demanda máxima (KW). Ahorrar energía incide favorablemente en los conceptos anteriores porque tiende a reducir la corriente, aunque no afecta los cargos fijos. El caso del factor de potencia es un caso particular, porque así como puede representar un recargo de hasta 120% también puede convertirse en una bonificación de 2.5%.

Aunque en algunos equipos eléctricos existen pérdidas mecánicas (por fricción, inercia, etc.) puede decirse que el ahorro de energía en sistemas eléctricos gira alrededor de una cuestión fundamental: de la cantidad de energía disipada al medio en forma de calor. Este proceso es un fenómeno irreversible, ya que no hay forma de hacer que esa energía disipada regrese a la red, de manera que es una pérdida absoluta. Estas pérdidas pueden ser de origen eléctrico (efecto Joule) o magnético (histéresis y corrientes parásitas). Las pérdidas debidas al efecto Joule son proporcionales al producto de la resistencia efectiva por el cuadrado de la corriente eficaz y en la práctica son por mucho las más importantes.

De acuerdo con lo anterior, se deduce que una disminución de la corriente favorece en general a la eficiencia de los sistemas eléctricos. Existen por supuesto excepciones: un motor o un transformador trabajando en vacío manejan corrientes mínimas y sin embargo su eficiencia es cero, ya que no transfieren energía alguna a la carga. El caso de los conductores es distinto ya sea un delgado alambre magneto o un grueso cable de potencia, la resistencia depende de su calibre, del material, de la longitud, de la frecuencia y de la temperatura a la que trabaje. La temperatura a su vez está determinada por la técnica de instalación y del ambiente en el que opere, pero sobre todo de la corriente que maneje. Un conductor que conduzca corriente alta se calentará y con ello elevará sus pérdidas.

Por ejemplo, un alambre de cobre que debido a la corriente trabaje a 100°C, presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a 20°C. Esto implica que las

pérdidas por efecto Joule en dicho conductor aumentarán 31.4% por culpa del efecto térmico de la corriente. Pero éste no es el único inconveniente; el aislamiento del conductor sufrirá las consecuencias de este calentamiento. En la práctica se considera que por cada 10°C de incremento en la temperatura promedio de operación la resistencia de aislamiento y la vida se reducen a la mitad, con las inevitables consecuencias negativas en la seguridad y en los costos de mantenimiento por mano de obra y material. Esto es válido también para motores, reguladores, arrancadores, reactores, balastos, transformadores, etc.

Independientemente del efecto térmico de la corriente al circular por los conductores, las pérdidas variarán en forma cuadrática con respecto a dicha corriente. Por tanto, si la corriente se duplica las pérdidas se cuadruplican; en cambio si la corriente se reduce por ejemplo 30% las pérdidas decrecerán 51 % y si se reduce 60 % las pérdidas bajarán 84%.

Otro beneficio que se obtiene al reducir la corriente es la mejora en la regulación de tensión, ya que a mayor corriente mayor caída de voltaje. Por ejemplo, ignorando el efecto térmico, si la corriente se duplica, la caída de tensión también aumenta al doble, pero si la corriente se reduce 20% la caída decrece también 20%, es decir la caída de tensión varía en la misma forma en que varía la corriente.

Una reducción de la corriente en diversos puntos de la instalación eléctrica reducirá la corriente de todo el sistema, reflejándose directamente en la demanda instantánea y por tanto en la demanda máxima facturable, ya que ambas son función del voltaje, del número de fases, del factor de potencia y por supuesto, de la corriente.

Reducir la corriente y por tanto las pérdidas proporciona otro beneficio adicional, disminuir la carga térmica. Cada KWH de pérdidas requiere 3,412 BTU de aire acondicionado (a/c). Como cada tonelada de a/c equivale a 12,000 BTU, cada 3.5 KWH evitados ahorran una tonelada de a/c.

Ahorrar energía ya sea a través de la corrección del factor de potencia, del uso de equipo altamente eficiente, de una mejor filosofía de operación y control o por cualquier otro medio, también permite ahorrar en cableado para obras nuevas 6 existentes, en KVA de transformadores, en equipo de protección, en mantenimiento, etc.. Sin embargo el beneficio más evidente e inmediato es la disminución del importe de la factura eléctrica a través de la optimización del consumo, demanda, máxima y factor de potencia alcanzados al ahorrar energía.

Para el usuario industrial, la energía eléctrica representa un cierto porcentaje de sus costos de producción, que en algunos casos puede ser muy importante. Existe un índice energético llamado *Intensidad Energética* que relaciona la energía consumida para lograr una unidad de producto terminado, por ejemplo joules/lanta ó KWH/tonelada de cemento. En la figura 2 se aprecian las intensidades energéticas en varias ramas industriales en México y las correspondientes a los países avanzados. Con las expectativas del TLC las empresas nacionales tendrán que mantener ó elevar la calidad de sus productos pero a un costo igual ó menor al internacional para poder competir con las empresas extranjeras. Resulta evidente que las acciones encaminadas para lograr ahorros de energía son cada día más necesarias, pero también cada día más factibles y más rentables.

## VIII.2.- EMPRESAS RELACIONADAS CON EQUIPOS AHORRADORES.

Dadas las condiciones en materia de energía eléctrica y de operación de equipo eléctrico en nuestro país, los productos ahorradores importados no siempre satisfacen nuestras necesidades. En lugar de ser un impedimento para el desarrollo, esta situación se está volviendo positiva, ya que está dando oportunidades a fabricantes nacionales para desarrollar productos idóneos para el mercado interno. Esto evidentemente se traduce en fuentes de empleo y prosperidad para los nacionales.

Por otro lado, las actividades relacionadas con el ahorro de energía están empezando a ser buen negocio en México. La concientización del usuario está creando la necesidad de especialistas en ahorro de energía en todas las ramas, lo que está propiciando la creación de múltiples microempresas dedicadas a esta especialidad y también la creación de nuevas áreas especializadas en ahorro dentro de empresas consultoras ya establecidas y con amplia experiencia en áreas afines. Desde luego, las oportunidades se están dando también para profesionistas con amplia experiencia, quienes están ya desarrollando una positiva labor de consultoría.

## VIII.3.- COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS DE ENERGÍA.

Desde el punto de vista eléctrico, al igual que en el caso de los usuarios, el aumento de carga provoca un incremento en la corriente de diversos puntos del Sistema Eléctrico Nacional, con los consiguientes inconvenientes en regulación, control de frecuencia, pérdidas en líneas de transmisión y distribución, pérdidas en transformadores, etc..

La suma de los perfiles de las cargas individuales produce el perfil de carga nacional (Figura 3), con un pico de demanda que se presenta muy marcadamente entre las 19:00 y las 21:00 hrs, demanda que es satisfecha con plantas pequeñas con altos costos de operación, lo que supone además la inversión en equipo costoso que trabaja con factor de carga bajo, es decir pocas horas al año.

Este y otros problemas no son exclusivos de CFE. Las empresas dedicadas al suministro de energía eléctrica para servicio público se enfrentan en todo el mundo a nuevos retos cuya solución puede requerir cambios estructurales de gran importancia.

Históricamente, la función principal de las compañías suministradoras ha sido satisfacer los requerimientos de energía eléctrica en calidad, cantidad, precio, oportunidad y servicio. Sin embargo, la situación actual exige el cumplimiento de requisitos adicionales que si bien antes no eran totalmente ignorados, tampoco representaban los puntos medulares para la planeación.

Son dos los requisitos adicionales: la *protección del medio ambiente y la conservación de recursos energéticos* -especialmente los no renovables-. El cumplimiento de estos nuevos requisitos condiciona el uso de nuevas tecnologías y la reestructuración de las propias empresas.

En México, la capacidad instalada de generación se encuentra formada así: 61 % con termoeléctricas, 29 % hidroeléctricas, 4.5 % geotérmicas, 3 % carboeléctricas y 2.5 % nucleoeeléctricas (Figura 4). En cuanto a la distribución del consumo de energía por sector, el 56 % corresponde a la industria, 21 % al doméstico, 16 % al comercial y de servicios y 7% al de agricultura. Por uso final los motores consumen 60%, la iluminación 30% y el 10% lo consumen cargas múltiples incluyendo pérdidas en equipos auxiliares (Figura 5).

Uno de los problemas ambientales que está influyendo en el desarrollo de los sistemas de generación de energía eléctrica es precisamente el causado por la utilización de combustibles fósiles -carbón, combustóleo y gas natural- en plantas termoeléctricas, lo que da lugar a impactos ambientales de mayor o menor importancia, dependiendo de la capacidad de la planta y del combustible usado.

Una de las causas del aumento de la contaminación atmosférica en el Valle de México en la última década fue la sustitución de gas natural por combustóleo en las plantas termoeléctricas que suministran energía eléctrica a la Ciudad de México y en las industrias localizadas en la zona metropolitana.

En la figura 6 se comparan las emisiones de contaminantes resultantes de la combustión de dos energéticos al producir un KWH en una planta termoeléctrica convencional.

Para apreciar el efecto de la generación eléctrica sobre la contaminación atmosférica en el Valle de México, conviene proporcionar información sobre el suministro de energía eléctrica en esa región que cubre principalmente la zona metropolitana de la Ciudad de México, la que, según el censo de 1990 tiene 14'987,000 habitantes, de los cuales el 55% corresponde al Distrito Federal y el 45% a los municipios conurbados del Estado de México; existe además una importante concentración de industrias, comercios, servicios y actividades gubernamentales en esa zona.

En 1991 el consumo de energía en la región correspondiente al Area de Control Central que es la más afectada por la contaminación fue de 29,371 GWH, que corresponde aproximadamente a la cuarta parte del total nacional. De esa cantidad el 84 % se consumió en la zona metropolitana del Valle de México, lo que significa que en esa zona que abarca menos del 1 % del territorio nacional se consumió el 21 % de la energía eléctrica producida en todo el país.

Por otro lado, el 78% de la energía consumida en la zona central se produjo en 27 plantas generadoras comprendidas en el Arca de Control Central, siendo 20 de ellas hidroeléctricas y 7 termoeléctricas. Sin embargo estas cifras pueden ser engañosas, porque aunque las termoeléctricas representan en número sólo el 26%, su generación de energía eléctrica representó el 72% en 1992.

En cuanto a la localización de las 27 plantas generadoras, puede decirse que prácticamente todas las hidroeléctricas están fuera de la Cuenca del Valle de México, mientras que las 7 termoeléctricas se encuentran en la parte norte de la cuenca. Estas plantas termoeléctricas contribuyen en buena medida a la contaminación atmosférica del Valle de México por la producción de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO2) causantes de la lluvia ácida e inevitablemente bióxido de carbono (CO2) que contribuye al aumento del efecto invernadero en la atmósfera, lo que producirá a largo plazo un incremento de la temperatura

en la superficie terrestre y un cambio global del clima. Estos efectos se ven agravados porque los vientos dominantes en el Valle proceden del Norte, arrastrando estos gases hacia el centro y sur de la cuenca. Por sí fuera poco, la contaminación no se limita exclusivamente al aire; cada megawatt de generación termoeléctrica instalado requiere un consumo de agua para enfriamiento de un litro por segundo.

El problema de contaminación se vuelve aún más preocupante si se analizan las expectativas en el corto plazo. De acuerdo con las tendencias actuales, el crecimiento en la zona central es de aproximadamente 5% anual lo que evidentemente empeorará al problema. La capacidad de generación se ha incrementado a lo largo de los años de acuerdo con las necesidades, como se aprecia en la figura 7. Para atender la demanda de energía eléctrica en todo el país CFE aumentará en -10 años 16,765 MW la capacidad instalada, lo que representa 62% de incremento con respecto a lo existente en 1992, pero resulta dramático observar que el 83 % de dichas plantas son termoeléctricas potencialmente contaminantes.

El uso de recursos energéticos renovables, como la energía hidroeléctrica, la solar y la eólica evitan problemas de contaminación, pero aún en conjunto no parecen representar una posibilidad real de apoyar de una manera significativa a la generación a partir de hidrocarburos, al menos en el corto plazo.

Aunque la generación a base de energía nuclear no consume hidrocarburos, presenta otro tipo de contaminación de gran riesgo, el de las radiaciones ionizantes. Estas radiaciones están ligadas con los efectos en los seres vivos y en el medio ambiente en general. Debido a esto no parece que la moratoria nuclear que existe en muchos países desaparezca mientras no se resuelvan dos problemas fundamentales: el de la seguridad y el de la disposición final de los desechos radiactivos.

La cogeneración representa otra alternativa. De acuerdo con estimaciones preliminares de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (CONAE), se determinó que el potencial de cogeneración nacional incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX, puede llegar a 6000 MW. Sin embargo, existen barreras de tipo técnico, económico y de actitud que generan un alto grado de incertidumbre sobre la pronta y efectiva incorporación de este esquema en nuestro país.

Desde el punto de vista de los energéticos, casi la mitad de la producción diaria de hidrocarburos de México se destina para la generación de energía eléctrica. De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y considerando exclusivamente las reservas probadas, nuestro país podría correr el riesgo de dejar de ser exportador de crudo en el mediano plazo para convertirse en importador en el largo plazo, como ya sucedió hace algunos años.

Para resolver o al menos atenuar los problemas de contaminación, de agotamiento de recursos energéticos no renovables y de generación y distribución de la energía eléctrica, la alternativa más viable resulta ser sin duda el ahorro y uso eficiente de la energía. Actualmente es una práctica extendida de planeación entre las empresas eléctricas, la llamada planeación para el costo  $\sim$ o. De acuerdo con esta práctica las empresas analizan si es más conveniente aumentar la capacidad de generación, o si es mejor invertir en la promoción de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía.

En casi todos los países se ha concluido que en promedio resulta dos veces más caro aumentar 1 KW de capacidad instalada de generación que incentivar al usuario a reducir en

1 KW la carga instalada. Por ello, algunas compañías suministradoras en otros países ofrecen bonificaciones hasta por \$100,000.00 USD al año a los usuarios que inviertan en equipos ahorradores de energía.

Por todo lo anterior, el Gobierno Federal estableció como prioritarias, las acciones orientadas al ahorro y uso eficiente de la energía, en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa de Modernización Energética; como respuesta, el Sector Eléctrico integró en enero de 1990 su Programa de Ahorro de Energía denominado PAESE, como una muestra del interés por impulsar en forma vigorosa este tipo de acciones.

En respuesta a la convocatoria de CFE, las empresas involucradas en la producción y consumo de electricidad y las Cámaras que las representan, acordaron con las autoridades del sector, la creación de un Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), en el cual además participan la propia CFE, la CLYFC y el SUTERM.

El objetivo del Fideicomiso es el de inducir la participación de la sociedad y en particular de los industriales en los programas de ahorro de energía eléctrica, así como apoyar con recursos económicos la realización de programas de interés social y proyectos piloto o demostrativos, a fin de lograr un efecto multiplicador.

De la misma forma en que se aplica la intensidad energética a una industria, se puede aplicar a un país completo, expresando la cantidad de energía requerida para producir una unidad de producto nacional bruto y es, por tanto, una medida de la eficacia con que una sociedad utiliza la energía. La energía primaria se puede expresar en litros de petróleo crudo equivalente y el producto interno bruto (PIB, que es la suma del valor de los bienes y servicios que genera una economía en un año determinado) está expresado en dólares.

En la figura 8 se puede apreciar la relación entre consumo de energía/PIB de varios países al año 1981. Con información más reciente disponible sobre consumo de energía se observa que en México mientras en el periodo 1988-89 el incremento fue de 8.1 %, para el periodo 1989-90 el incremento disminuyó a 4.1 % con crecimiento del PIB del 1 orden de 3.3 % y 3.9 % respectivamente; esto sugiere, de manera preliminar, que las medidas de concientización, tarificación y promoción del ahorro de energía eléctrica, han tenido un efecto positivo en este comportamiento y se espera que la tendencia continúe hasta alcanzar las intensidades energéticas de los países más avanzados.

CURSO:

**DISEÑO  
DE  
REFLECTORES**

INVITA:

La división de Educación Continua.  
Facultad de Ingeniería.  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**Mantenimiento.**

Del 21 al 25 de Agosto del 2000.

CIUDAD DE MÉXICO.

## **TEMA IX.**

### **MANTENIMIENTO**

#### **METODOLOGIA PARA MANTENIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.**

##### **ADMINISTRACION EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA EN ILUMINACION.**

La adecuada administración de la energía eléctrica en la iluminación de áreas interiores comprende 5 puntos principales:

- 1.-Realización de la auditoría al sistema de iluminación
- 2.-Identificación de las opciones para el buen uso de la iluminación
- 3.-Realización de un programa para el buen uso de la iluminación
- 4.-Implementación del plan de acción
- 5.-Monitorear los resultados obtenidos y mantenerlos actualizados

#### **IX. 1. -AUDITORIA AL SISTEMA DE ILUMINACION**

Con la auditoría correspondiente se conoce el estado actual de la instalación, y se requiere del siguiente equipo:

- Luxómetro
- Multímetro
- Cámara fotográfica (preferentemente de revelado instantáneo)
- Grabadora de cinta
- Escalera de mano
- Tabla para tomar notas, con papel milimétrico
- Cinta métrica
- Formatos para el levantamiento
- Analizador y registrador de redes

**REFERENCIAS:** Manual de Iluminación de la IESNA, recomendaciones sobre densidad de carga e información técnica.

#### **IX.2.-IDENTIFICACION DE LAS OPCIONES PARA EL BUEN USO DE LA ILUMINACION:**

Dentro de las diversas opciones tenemos las siguientes:

- Nuevos tipos de lámparas
- Balastos electromagnéticos de alta eficiencia y balastos electrónicos
- Reflectores especulares
- Reemplazo de luminarios
- Empleo de controles (manuales o automáticos)
- Mejor uso de la luz natural

Es necesario conocer todas las opciones para poder identificar apropiadamente aquellas que nos proporcionen un ahorro, y en algunos casos se deben realizar algunas pruebas para asegurarse de los resultados.

### **IX.3.-REALIZACION DE UN PROGRAMA PARA EL BUEN USO DE LA ILUMINACION**

El plan desarrollado identifica las opciones que serán implementadas, y cada recomendación deberá identificar y cuantificar los siguientes parámetros:

- El área afectada
- La naturaleza del sistema de iluminación a instalar
- La cantidad y calidad de la iluminación a instalar
- Consumo de energía actual, proyectado y los ahorros estimados
- Costos de la energía y mantenimiento actuales, ahorros proyectados
- Naturaleza de las modificaciones propuestas
- Beneficios generales de la implementación de las modificaciones (seguridad, mayor precisión en las tareas, confort, productividad)
- Costo del cambio
- Valor estimado de los beneficios generales derivados
- Densidad de carga actual y la proyectada
- Tasa de retorno de la inversión u otro índice financiero

Es importante considerar la interacción que tiene el sistema de iluminación con el aire acondicionado, la decoración y el mobiliario del edificio.

### **IX.4.-IMPLEMENTACION DEL PLAN DE ACCION**

Los planes para la administración eficiente de la energía eléctrica se diseñan, generalmente, para aplicarse en etapas.

De las opciones para iniciar la implementación de las acciones, generalmente se seleccionan primero las de mayor relación beneficio-costos; en segundo término se seleccionan aquellas que tengan la mayor tasa de retorno del capital sobre la inversión y en tercer lugar aquellas que requieran de una fuerte inversión inicial.

Es apropiado informar a todos los empleados acerca de los cambios realizados en la iluminación, ya que así estarán gustosos al tener una mejoría en su medio ambiente, lo cual impacta positivamente en su trabajo.

Al terminar la implementación de cada etapa es necesario efectuar mediciones, con el fin de verificar que se obtienen los resultados proyectados y los ahorros esperados.

## **IX.5.-MONITOREAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y MANTENER LOS DATOS ACTUALIZADOS**

Para el propósito de monitorear el plan de consumo de energía es necesario medirlo o calcularlo periódicamente.

La calidad puede determinarse por observación y evaluación de los comentarios de aquellos que trabajan en el área afectada. Los cambios en la productividad, el margen de error y otros factores pueden indicar los efectos causados por la implementación de las opciones.

El plan de la administración eficiente de la iluminación deberá estar al día, y revisarse cada 6 meses como mínimo, haciendo los cambios o ajustes requeridos.

La industria de la iluminación realiza progresos muy rápidamente. Por esta razón, las personas a cargo del plan deberán hacer un esfuerzo para mantenerse actualizados en los últimos adelantos en la tecnología de la iluminación.

## **IX.6.- 9 PASOS PARA REDUCIR SUS COSTOS DE ILUMINACION**

1.-Reemplace sus lámparas incandescentes por fluorescentes compactas (se tiene un ahorro promedio del 75%)

2 - Establezca un programa de reemplazo de todas sus lámparas incandescentes. Puede ser semanal o mensual, marque las fechas en un calendario visible, de modo que no las olvide.

3.- Apague las luces cuando salga de una habitación.

4.-Haga un mejor uso de la luz natural. Puede reducir notablemente el consumo de energía eléctrica cambiando su escritorio cerca de una ventana.

5.-Reemplace sus reflectores exteriores por lámparas de halógeno. Una lámpara de halógeno de 50 6 90 W puede reemplazar un reflector que consume el doble, proporcionándole suficiente luz.

6.-Involucre a su familia, especialmente a los niños. Edúquelos para que no desperdicien la energía eléctrica.

7.-Estudie la envoltura de las lámparas y platique con personal capacitado, puede aprender mucho acerca de las opciones para ahorrar energía en solo unos minutos.

8.-Mantenga las lámparas y luminarios limpios. Para mejores resultados, sacúdalos al menos, 4 veces por año.

9.-Utilice colores claros en las paredes, piso y techo.

\*\*\*\*\*