

941



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**ILUMINACION E INTALACIONES ELECTRICAS.  
ILUMINACION DE UNA CANCHA  
DE FUTBOL RAPIDO.**

296457

**TRABAJO DE SEMINARIO**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**ARTURO TIRADO RANGEL**

**ASESOR: M. en A.I. PEDRO GUZMAN TINAJERO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas

"Iluminación de una cancha de futbol rápido"

que presenta el pasante: Arturo Tirado Rangel

con número de cuenta: 8909913-7 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de Julio de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
1	Ing. Jaime Rodriguez Martinez	
2	Ing. Ramon Osorio Galicia	
3	M. en A. I. Pedro Guzmán Tinajero	

## **Agradecimientos**

### **A mis Padres,**

Por que siempre recibí su apoyo incondicional y que supieron guiarme por el camino correcto, que todo su esfuerzo y dedicación valió la pena para lograr la meta, ya que en los momentos más difíciles siempre hubo un consejo valioso para seguir adelante.

**Gracias**

### **A mis hermanos,**

Por que de alguna manera han estado ahí para apoyarme y no dejarme solo cuando mas necesité, a pesar de todas las adversidades.

**Gracias**

### **A Mirta y Luis Angel,**

Por que el esfuerzo y sacrificio dio frutos, por que en todo momento estuvieron conmigo y para siempre.

**Gracias**

### **A mis compañeros,**

Por que en las buenas y en las malas nos apoyamos para salir adelante, en especial a los que estuvimos hasta el final.

**Gracias**

### **A todos mis Maestros y a la UNAM,**

Por darme las herramientas para enfrentar el mundo con capacidad.

**Gracias**

**A todos mis familiares** que de alguna forma contribuyeron para este logro.

**Gracias**

### **A DIOS,**

Por darme la oportunidad de ver el amanecer cada día con un motivo para seguir.

**Gracias**

## **INDICE**

Prólogo

Introducción 1

### **CAPITULO 1 Luz e Iluminación**

1.1 Conceptos de luz e iluminación	3
1.2 Temperatura de color	5
1.3 Intensidad luminosa	5
1.4 Flujo luminoso	6
1.5 Iluminación	6
1.6 Luminancia	7
1.7 Medidas de iluminación	8
1.8 Curvas de distribución	8

### **CAPITULO 2 Fuentes de luz**

2.1 Lámparas	10
2.2 Lámparas de incandescencia	10
2.3 Lámparas de descarga en atmósfera gaseosa	12
2.4 Lámparas fluorescentes tubulares	13
2.5 Lámparas de vapor de mercurio	14
2.6 Lámparas de vapor de sodio	16
2.7 Lámparas de aditivos metálicos	18

### **CAPITULO 3 Componentes adicionales de lámparas**

3.1 Luminarias	20
3.2 Difusores	20
3.3 Reflectores	20
3.4 Refractores	21

## **CAPITULO 4 Iluminación de campos de deporte**

4.1 Condiciones en campos de juego	22
4.2 Criterios de diseño	22
4.3 Niveles de iluminación	23
4.4 Diseño de iluminación con proyectores en campos de deporte	23

## **CAPITULO 5 Métodos para el cálculo de iluminación en campos de deporte**

5.1 Método de lumen.	25
5.2 Método punto por punto.	26

## **CAPITULO 6 Proyecto de iluminación de una cancha de fútbol rápido**

6.1 Disposición de proyectores para canchas de fútbol	27
6.2 Cálculos del proyecto	27

Conclusiones	37
--------------	----

Glosario	38
----------	----

Bibliografía	43
--------------	----

## **Prólogo**

El presente trabajo se basa en un proyecto específico, pretendiendo lograr que se realice para promover pequeños torneos para la distracción y el entretenimiento de las personas que gusten de practicar este deporte.

Se describen los diferentes tipos de lámparas, así como sus aplicaciones en diferentes áreas de acuerdo a sus características.

La iluminación en campos de deporte se ha ido adoptando para la práctica por las noches, ya que se facilita por que la mayoría de las personas cuentan con un poco de tiempo, además de que la práctica es más cómoda por la temperatura ambiente y la exposición a los rayos del sol donde las áreas son abiertas

En particular este proyecto se realiza con el fin de iluminar no solo dicha cancha si no varias que se han construido en la zona ya que son de las mismas dimensiones

Se pretende que se realice el mantenimiento adecuado ya que esto afecta los niveles de iluminación sobre todo por suciedad, esto por que el mantenimiento que se debe realizar en zonas públicas de recreación pocas veces se realiza de acuerdo a lo establecido.

El trabajo se presenta como una referencia para iluminación de canchas de fútbol rápido pero no con medidas oficiales.

Se toma el método de proyecto mencionado entre varias opciones de cálculo ya que se realiza mediante un programa de computadora evitando hacer varias pruebas para su determinación. Solo se hace mención de los métodos ordinarios

## INTRODUCCION

La primera luz eléctrica fue producida mediante un arco formado entre electrodos de carbón en un experimento desarrollado por el químico inglés Sir Humphrey Davy en 1801 usando como fuente de corriente una pila voltaica.

Entre los años 1400-1700 se encontraban faroles en las calles de Londres y París que funcionaban con velas.

Se comenzó a utilizar gas después de numerosos experimentos realizados en 1799 por William Hurdock en Inglaterra, en 1803 se iluminaron con gas los muelles de Filadelfia y la primera instalación de alumbrado de calles fue en Londres en 1807, la primera instalación de gas en EU fue en 1821, el alumbrado público se aceptó en Inglaterra, EU, Francia, Alemania y México.

En México en 1801 se disponía de faroles que daban luz por combustión de aceite de nabo o ajonjolí, posteriormente se alimentaron con trementina.

En 1854 el alemán Heinrich Goebel fabricó la primera lámpara con filamento de carbón, posteriormente lo sustituyó por una fibra de bambú carbonizada la cual tenía una vida promedio de 400 horas.

En 1877 en Inglaterra Sawyer y Man utilizaron como filamento un alambre de platino, mientras esto sucedía en Estados Unidos Edison carbonizaba tiras de papel que hacía funcionar dentro de recipientes de vidrio en los que se había practicado vacío parcialmente, hizo pruebas con varillas de carbón las cuales utilizó posteriormente nombrando a esta "lámpara de arco."

La primera instalación de este tipo fue en Ohio en 1878, en México en 1881.

Este tipo de lámpara fue una gran fuente de luz, entonces Edison decidió hacer lámparas más pequeñas para usarse en casas, fábricas, comercios, etc., sustituyendo así el alumbrado de gas.

A partir de entonces fueron sustituyéndose en gran parte del mundo las lámparas de gas por este tipo de lámparas que finalmente fueron nombradas lámparas incandescentes.

La primera estación comercial de energía para luz incandescente que se instaló en el mundo entró en servicio el 12 de enero de 1882 en Londres, para 1890 las Compañías Edison daban servicio a 1,300,000 lámparas incandescentes en EU.

Poco a poco se fue modificando la forma y el filamento de estas lámparas, como filamento se utilizó celulosa carbonizada, bambú carbonizado e hilos de carbón, hasta que en 1907 fueron sustituidos por el tungsteno que hasta la actualidad se utiliza. Este elemento fue descubierto por Scheele en 1781.

En 1876 se inventó la primera lámpara de arco eléctrico inventada por Paul Jablochhoff. Esta lámpara consistía de dos varillas paralelas de carbón separadas por un material aislante, el arco que originaba la luz se consumía gradualmente y requería de remplazo.

En 1869 una compañía de gas en México proporcionaba servicio público de alumbrado con dicho combustible.

En 1867 Becquerel realizó las primeras lámparas fluorescentes, hacia 1930 fueron introducidas utilizándose para alumbrado exterior.

En 1952 se desarrolló una nueva lámpara fluorescente, esta se utilizó en iluminación de calles, causando gran interés y probando que el alumbrado público fluorescente podía ser práctico.

En 1901 Peter Cooper-Hewitt inventó la lámpara de mercurio de baja presión, pero produciendo una luz verde-azulosa.

Fue hasta 1934 cuando se introdujo la primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión mejorando su rendimiento cromático. Las ventajas que ofrecían estas lámparas dio como resultado que se usaran en alumbrado de calles que poco a poco fueron sustituyendo a las incandescentes.

La lámpara de sodio se desarrolló en 1933, en 1934 se introdujo en forma práctica, emitiendo una luz amarilla (característica del espectro del sodio) distorsionando los demás colores, sin embargo se pensó en utilizar en alumbrado de calles y avenidas teniendo una alta eficiencia y sustituyendo a la mayoría de las anteriores.

Las lámparas de aditivos metálicos son básicamente mercuriales de alta presión con algunas diferencias de diseño a las que se han agregado algunos aditivos metálicos en forma de yoduros, la cual apareció en 1964, estas lámparas tienen una mayor eficiencia luminica y mejor rendimiento cromático.

## CAPITULO 1 Luz e Iluminación

### 1.1 Conceptos de luz e iluminación

La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide.

La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión. La radiación visible, es decir, la que actúa sobre el ojo está comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 3800 a 7800 Angstroms.

$$1 \text{ metro} = 10^{10} \text{ \AA (Angstroms)}$$

$$1 \text{ metro} = 10^9 \text{ (nm) Nanómetros}$$

Los factores que intervienen para una buena visibilidad son:

**Tamaño.**- Cuando más grande sea un objeto más rápidamente podrá verse. Al no poder aumentar el tamaño de los detalles de una tarea visual, será necesario aumentar el nivel de la iluminación.

**Tiempo.**- La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. Al aumentarse el nivel de iluminación, aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo, la velocidad de percepción.

**Brillantez.**- La brillantez de un objeto depende de la intensidad de la luz incidiendo sobre él y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual. Aumentando el nivel de iluminación en una superficie oscura es posible aumentar su brillantez.

**Contraste.**- Es la relación que existe entre las luminancias de un objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes en brillantez y son de gran asistencia donde no se pueden tener condiciones de alto contraste.

Aproximadamente el 80 % de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica; esto da la evidencia de la importancia de la luz natural y artificial como parte esencial para el desarrollo de cualquier actividad. La luz es la sensación producida en el ojo humano por las ondas electromagnéticas, son campos electromagnéticos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones o vibraciones.

Al igual que todos los movimientos ondulatorios, las ondas electromagnéticas se caracterizan por una *longitud de onda* ( $\lambda$ ) y por una *frecuencia* ( $f$ ). Estas dos magnitudes se relacionan con la *velocidad de propagación* ( $v$ ) mediante la ecuación:  $v = \lambda \cdot f$ .

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

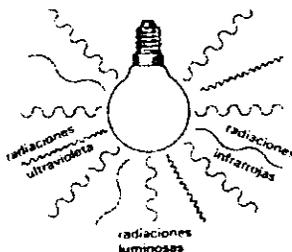
La longitud de onda de las ondas electromagnéticas visibles suele medirse en *nanómetros* (1 nm = una milmillonésima de metro).

El espectro de las ondas electromagnéticas visibles por el hombre se extiende desde 380 a 780 nm. Las ondas más largas corresponden al extremo visible *rojo* (colindante con el campo de las radiaciones infrarrojas, las cuales no son ya visibles y tienen propiedades caloríficas); las ondas más cortas corresponden al extremo visible *violeta* (colindante con el campo de las radiaciones ultravioleta, que no son visibles pero que favorecen las reacciones fotoquímicas). Ondas electromagnéticas visibles de distinta longitud de onda dan una percepción (visibilidad) distinta de los objetos y de su color. En realidad el color es una sensación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo refleja.

Una luz es monocromática si esta constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda la cual emite un solo color.

La luz blanca es de un espectro continuo por que comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles.

El espectro de una fuente de luz puede ser continuo, incluyendo todas las longitudes de onda visibles, o un espectro *lineal* o conteniendo solamente uno o varios grupos separados de longitudes de onda. Por ejemplo, un filamento de tungsteno tiene un espectro continuo, mientras que el de un arco de mercurio es lineal, un espectro de energía *uniforme* esto es, con todas las longitudes de onda visibles en igual cantidad, produce la sensación de luz blanca. La luz del sol a mediodía se aproxima a un espectro de esta clase.



## 1.2 Temperatura de color

La temperatura *de color* es un término que se usa para describir el color de una fuente luminosa comparándola con el de un cuerpo negro, que es el teóricamente "radiante perfecto". Como cualquier cuerpo incandescente, un cuerpo negro cambia de color al aumentar su temperatura, poniéndose primero rojo oscuro y después rojo claro, naranja, amarillo y, finalmente blanco, blanco azulado y azul.

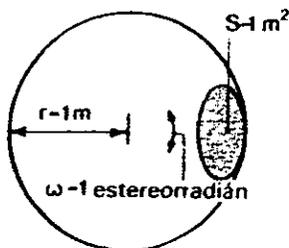
El color de la llama de una vela es igual al de un cuerpo negro a  $1800^\circ$  Kelvin aproximadamente, por lo que en este caso se dice que la llama tiene una temperatura de color de  $1800^\circ$  K. La luz de una lámpara de filamento de tungsteno de 100 vatios se acerca mucho más al blanco, y el cuerpo negro ha de ser elevado a  $2875^\circ$  K para igualarla. Así pues, la lámpara tiene una temperatura de color de  $2875^\circ$  K.

Se ha de tener en cuenta que la temperatura del color no es una medida de la temperatura real, ya que define solamente el color, y que se puede aplicar únicamente a fuentes que se parezcan mucho al cuerpo negro. Las lámparas de mercurio, sodio, y las más intensamente coloreadas no se igualan con el cuerpo negro a ninguna temperatura, y por ello no se les puede asignar ninguna temperatura. Los valores de temperatura de color que a veces se dan por conveniencia a varios tipos de lámparas fluorescentes "blancas", sólo pueden considerarse como aproximaciones.

## 1.3 Intensidad luminosa (I)

Se define como la densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada. Su unidad es la candela.

La intensidad luminosa de una fuente expresada en candelas es su potencia en **candela** (cd)



La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz; las demás unidades se derivan de ella. Su valor está determinado por un patrón de laboratorio llamado, cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica luminosa de aproximadamente una candela.

La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y da la información relativa al flujo luminoso en su origen.

#### 1.4 Flujo luminoso

Se define como la luz emitida por unidad de tiempo.

La luz es una *forma* de energía radiante en movimiento. Sin embargo, el tiempo puede despreciarse, y el flujo luminoso se considera comúnmente como una magnitud definida. Se expresa comúnmente como **lumen** (lm).

Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado, con la totalidad de cuyos puntos se encuentran a una distancia de 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones. El mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre un lumen y una candela reside en que aquel es una medida del flujo luminoso, independientemente de la dirección.

#### 1.5 Iluminación

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie (E)

La unidad de medida es el lux (lx)

Un lux es la iluminación en un punto (A) que esta a una distancia de un metro en dirección perpendicular de una fuente puntual uniforme de una candela.



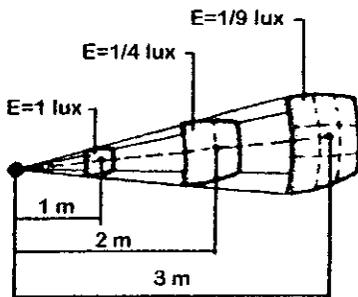
De la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en un metro cuadrado de superficie produce una iluminación de un lux.

Se tiene entonces:

$$\text{Numero de lux incidentes sobre una superficie} = \frac{\text{lumenes}}{m^2}$$

Ley de la inversa de los cuadrados.

La iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente de luz y la superficie iluminada.



La medición de lux se realiza mediante diferentes modelos de luxómetros portátiles, las lecturas en lux sirven para indicar la iluminación en un punto determinado o la iluminación media sobre una superficie.

## 1.6 Luminancia

Intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma.

El ojo ve comúnmente brillo no iluminación. Todos los objetos visibles tienen brillo, que normalmente es independiente de la distancia de observación.

Sus unidades son  $\frac{cd}{cm^2}$ . La luminancia se expresa en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie.

Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela por  $cm^2$  de área proyectada tiene un brillo en dicha dirección de candela por  $cm^2$ .

## 1.7 Medidas de iluminación

Las medidas de iluminación se hacen comúnmente con uno de los distintos tipos de luxómetros, que llevan incorporadas células fotosensibles del tipo de capa-barrera. Este tipo de células consiste en esencia en una película de material sensible a la luz, dispuesta sobre una capa metálica de base y cubierta con una capa translúcida muy fina de material pulverizado sobre su superficie exterior. Al incidir la luz contra la superficie de la célula, origina la emisión de electrones del material semiconductor sensible a la luz.

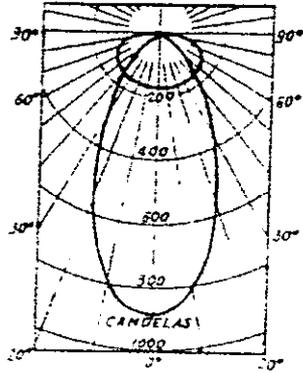
## 1.8 Curvas de distribución

Un equipo de alumbrado se diseña para distribuir la luz de diversas formas, según la finalidad. Esta representación de la luz puede representarse gráfica o numéricamente por diferentes métodos, de los cuales el más común es la curva de distribución luminosa.

Una curva de distribución luminosa es el resultado de tomar medidas de intensidad luminosa a diferentes ángulos alrededor de una fuente de luz y de representarlas en forma gráfica, normalmente en coordenadas polares. La distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de la fuente en esa dirección.

La iluminación recibida desde una sola fuente de luz sobre cualquier superficie dada puede calcularse a partir de los datos de la curva de distribución luminosa de dicha fuente. Cuando la relación entre el tamaño de la fuente y la distancia fuente-superficie es tal que puede aplicarse la ley de la inversa de los cuadrados, el cálculo se reduce a tomar en la curva de distribución la lectura de la intensidad luminosa para el ángulo requerido. En los casos en que la distribución de la intensidad luminosa tiene simetría cilíndrica, se puede obtener la cantidad de luz emitida por la fuente en lúmenes a partir de una curva de distribución media. La curva se divide en zonas de igual amplitud normalmente en  $10^\circ$  cada una, y la intensidad luminosa media de cada zona (que suele ser el valor en el centro de la zona) se multiplica por un factor que la convierte directamente en el número de lúmenes en la zona.

A causa de esta relación angular, el área comprendida dentro de una curva de distribución no es en lo absoluto una medida de la cantidad total de luz emitida por una fuente, dos unidades que producen exactamente el mismo número de lúmenes pueden distribuir la luz de forma muy diferente y tener curvas de intensidad luminosa en perfiles y áreas totalmente distintas.



Dos curvas distintas de distribución de la misma emisión luminosa

## **CAPITULO 2 Fuentes de luz**

### **2.1 Lámparas**

Para producir la luz se requiere de fuentes las cuales son llamadas lámparas, la eficacia con que una lámpara realiza este trabajo se expresa en lúmenes emitidos por volts consumidos, dicha relación es llamada eficiencia luminosa.

Una fuente teórica de luz blanca de eficiencia máxima, emitiendo solo energía visible sin ningún rayo infrarrojo ni ultravioleta, produciría unos 200 lúmenes por volt. Puesto que en la práctica todas las fuentes de luz producen cantidades considerables de infrarrojos y que inevitablemente se pierde algo de energía por conducción y convección, ninguna lámpara se aproxima a la eficiencia máxima teórica .

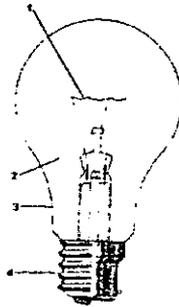
Analizando las materias primas empleadas en la manufactura de las lámparas se pueden ver los progresos obtenidos. Por ejemplo, la eficacia de una lámpara de filamento incandescente de 60 volts ha sido aumentada tres veces y media durante los últimos 45 años cambiando como material del filamento el carbón por tungsteno, el tipo de construcción en vacío por el de relleno de gas, y los filamentos rectos por los arrollados y luego por los filamentos en doble espiral.

No obstante, la lámpara de filamento incandescente tiene ciertas características inherentes que limitan su eficacia como fuente de luz y, si bien es probable que dicha eficiencia se aumentara todavía más por mejoras introducidas en la fabricación, los máximos valores posibles han sido ya casi alcanzados. La lámpara de descarga eléctrica produce luz por un proceso enteramente diferente, y es capaz de lograr una eficacia mucho mayor. Las lámparas claras de mercurio tienen una eficacia de hasta 57 lúmenes por volt, y las de mercurio fluorescente hasta 62. Ciertos tipos actuales de lámparas fluorescentes sobrepasan los 70 lúmenes por volt y algunas llegan por encima de los 80.

### **2.2 Lámparas de incandescencia**

Un delgado filamento de tungsteno enrollado en simple o doble espiral, se lleva al punto de incandescencia mediante el paso de una corriente eléctrica. Para que no se queme se encierra en una pequeña ampolla de vidrio en la que se practica el vacío o se introduce un gas inerte (azoe, argón, criptón, etc.). En el primer caso (vacío) se encuentran las lámparas de pequeña potencia; en el segundo (gas inerte) las lámparas de media y gran potencia.

La vida media de las lámparas de incandescencia es de 1000 horas, a la tensión nominal.



- 1.- filamento
- 2.- vacío
- 3.- bulbo de vidrio
- 4.- casquillo

Se utiliza para la iluminación general y localizada de interiores (viviendas, oficinas, comercios, etc.). Con lámparas normales, de empleo más generalizado (100 --- 300 W), es conveniente no sobrepasar los 3 a 4 metros de altura (tiendas, oficinas, escuelas, etc.). Para alturas superiores es preferible recurrir a otros tipos de fuentes luminosas.

El encendido es inmediato sin necesidad de equipo auxiliar; sus dimensiones son reducidas y es de bajo costo; no hay limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento.

Cuenta con baja eficiencia luminosa y por lo tanto el costo de funcionamiento es elevado; produce calor; elevada luminancia con el correspondiente deslumbramiento (100 --- 2000 cd/cm<sup>2</sup>); su duración media de vida es limitada.

Aumentando la tensión de estas lámparas aumenta también la eficiencia luminosa, pero se reduce su duración; cada hora de funcionamiento a una tensión 10% mayor que la nominal se acorta dos horas la vida de la lámpara. Al disminuir la tensión, disminuye el flujo luminoso.

## Lámparas incandescentes con halógenos

En algunos tipos particulares de lámparas de incandescencia, aparte del gas de relleno, se introducen pequeñas cantidades de un halógeno (generalmente yodo). Esto da lugar a un proceso que devuelve al filamento el tungsteno volatilizado impidiendo el ennegrecimiento del bulbo. Este tipo de lámparas se caracteriza por una menor decadencia luminosa, mayor eficiencia y menores dimensiones de la ampolla (generalmente hecha de cuarzo).

Entre las desventajas se deben enumerar el alto coste y la elevada luminancia.

## 2.3 Lámparas de descarga en atmósfera gaseosa

El grupo de las fuentes luminosas por descarga en un gas es muy amplio. Comprende las lámparas fluorescentes tubulares, las lámparas de vapor de mercurio o de sodio, los tubos utilizados para los rótulos luminosos y las lámparas de aditivos metálicos. Los principios de funcionamiento, las características constructivas, el tipo de luz emitida y los campos de aplicación varían notablemente de uno a otro tipo de lámpara, pese a ser común a todas ellas el fenómeno del paso de la corriente eléctrica a través de un gas.

También son problemas comunes a todos estos tipos de lámparas los dispositivos para arrancar y estabilizar la descarga, la corrección de la fase y la eliminación del efecto estroboscópico.

### Descarga en los gases

Se tiene un tubo de vidrio o de cuarzo en cuyos extremos se han colocado dos electrodos. Se practica vacío en el tubo y luego se introduce una pequeña cantidad de gas o de vapor metálico.

Aplicando a los electrodos una diferencia de potencial de nivel suficiente, una parte de los átomos que constituyen el gas o el vapor se convierten en *electrones* (cargas negativas) y en *iones* (cargas positivas); los electrones se desplazan rápidamente hacia el electrodo positivo y los iones hacia el electrodo negativo.

Sin embargo, no todos los átomos se disocian. Y cada vez que se produce una colisión entre los electrones libres y los átomos que todavía no se han disociado, el choque origina la liberación de otros electrones que, en parte se unen al flujo que se dirige hacia el ánodo y en parte se asocian de nuevo a los átomos de los que se habían visto alejados. La energía que estos últimos ceden al regresar a la órbita del propio átomo da lugar al

fenómeno de la "luminiscencia" (propiedad de los gases y vapores de emitir luz si son excitados por cargas eléctricas).

## 2.4 Lámparas fluorescentes tubulares

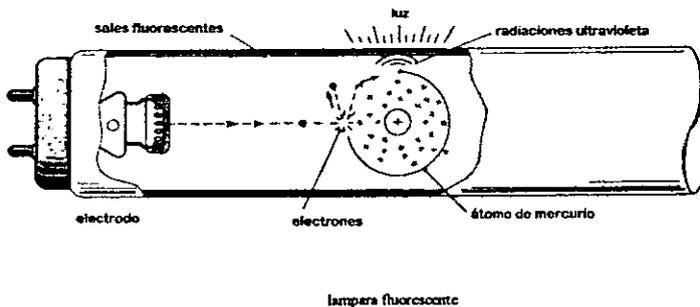
La cara interna del tubo de descarga está revestida de una capa de polvos fluorescentes. Dentro del tubo se introduce vapor de mercurio a baja presión: cuando se alimenta la lámpara el mercurio emite radiaciones ultravioleta, invisibles, que golpean la capa de polvo fluorescente originando radiaciones visibles.

El flujo luminoso depende del tipo de polvos fluorescentes, de su pureza, de la estructura y dimensiones de los cristales. Según las sustancias empleadas se obtiene una emisión de luz en los siguientes colores.

Sal fluorescente	Color de la luz emitida
Tungstato de calcio	Azul oscuro
Tungstato de magnesio	Azul claro
Silicato de cinc y berilio	Amarillo claro
Silicato de cinc	Anamarillo-verde
Silicato de cadmio	Amarillo-rosa
Borato de cadmio	Rosa claro

Con relación a la modalidad de encendido, se dispone de los siguientes tipos de lámparas fluorescentes:

- de cátodo caliente, precalentado;
- de cátodo caliente, sin precalentamiento;
- de cátodo frío



Se utilizan en iluminación en general, civil e industrial.

Es conveniente no montarlas a una altura mayor de 4 — 6 metros (6—8 metros para lámparas de elevada emisión).

Cuentan con buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mayor que las lámparas de incandescencia) y por lo tanto de bajo costo de funcionamiento; baja luminancia ( $0,3$  a  $1,3$   $\text{cd/m}^2$ ) de forma que se reducen sensiblemente los problemas de deslumbramiento; bueno y óptimo rendimiento cromático (según los tipos); elevada duración de vida media (6000 a 9000 horas).

Sin ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

Se tiene que emplear de equipo auxiliar para el arranque de la descarga (reactancia y cebador); grandes dimensiones; costo 10 a 15 veces mayor que el de una lámpara de incandescencia de potencia similar (según los tipos y con inclusión de la reactancia y el cebador).

El rendimiento cromático y la temperatura de color dependen de los polvos fluorescentes depositados en el interior del tubo. Los colores de luz normalizados son los siguientes:

color 1 — 6000 — 6500 K: "luz de día", tonalidad fría que se aproxima a la luz natural. Se emplea para el muestreo de los colores o para crear una atmósfera fría y dinámica;

color 2 — 4000 — 4500 K: "luz blanquísima", tonalidad fría fácilmente armonizable con la luz natural. Se emplea para integrar la luz natural con la artificial,

color 3 — 3000 — 3500 K: "tono cálido", aconsejado para la creación de atmósferas reposantes e íntimas.

Se tiene presente que cuanto más elevada sea la temperatura de color, tanto más alto debe ser el nivel de la iluminación. Así, por ejemplo, para lámparas de color 1 (6000 K), son aconsejables iluminaciones de más de 500 lux, en tanto que para lámparas de color 3 (3000 K) se obtienen buenos resultados con iluminaciones comprendidas entre 150 y 500 lux.

## 2.5 Lámparas de vapor de mercurio

Están constituidas por un pequeño tubo de cuarzo que contiene vapor de mercurio a alta presión y un gas inerte (argón), para facilitar la descarga. En ambos extremos se hallan dispuestos los electrodos, dos de los cuales son principales y uno o dos son auxiliares.

El tubo de cuarzo (*tubo de descarga*) se encierra en un globo de vidrio para aislarlo del ambiente externo. Este globo, no solamente absorbe las radiaciones ultravioleta (perjudiciales para los ojos), que dan lugar a la formación de ozono en el aire, sino que sirve también para mejorar la calidad de la luz siempre y cuando esté revestido internamente de polvo fluorescente. La forma del globo, que recibe el nombre de *isotérmica*, ha sido

estudiada a propósito para que proporcione una distribución uniforme de la temperatura en toda su superficie. Sin embargo, también existen lámparas de forma cilíndrica. El globo se fabrica con un vidrio de tipo *duro* a fin de que resista los saltos térmicos y las salpicaduras.

Este tipo de lámpara se utiliza para la iluminación general de grandes edificios industriales (talleres, almacenes, depósitos, etc.). Para potencias hasta 250 W es recomendable montar las lámparas a una altura de 5 a 8 metros y de 8 a 20 metros para potencias mayores.

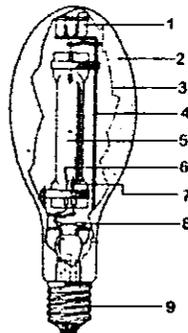
Cuenta con eficiencia luminosa óptima; luminancia de tipo medio ( $4 - 25 \text{ cd/cm}^2$ ), rendimiento cromático bueno (según los tipos); pequeño tamaño y buen promedio de vida (6000 - 9000 horas).

Para las lámparas con globo de vidrio no hay ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

La gama de potencias en que se suministran es, respecto de las lámparas fluorescentes, decididamente más elevada. En efecto, una lámpara de vapor de mercurio de 400 W emite un flujo luminoso de 23000 lúmenes, que es aproximadamente igual al de 7-8 lámparas fluorescentes tubulares de cátodo caliente, de 40 W, ocupando un espacio extremadamente más reducido. Pero, con una sola lámpara de vapor de mercurio la luminancia es más alta que con las 7-8 lámparas fluorescentes tubulares.

Requieren del empleo de equipo auxiliar para el arranque de la descarga. El encendido no es inmediato: requiere de 4 a 5 minutos para alcanzar la máxima emisión luminosa. Costo elevado que, sin embargo, se amortiza con el uso gracias a la buena eficiencia luminosa y a la duración.

Sí se ponen de nuevo en funcionamiento, cuando todavía están calientes, el tiempo necesario para que vuelvan a encenderse puede ser del orden de unos 6 minutos (incluso más para las lámparas con halógenos).



Lámpara de vapor de mercurio

- 1.- base para electrodos
- 2.- vidrio de protección
- 3.- revestimiento de mercurio
- 4.- soporte
- 5.- tubo de descarga
- 6.- electrodo auxiliar
- 7.- electrodo de arranque
- 8.- resistencia
- 9.- casquillo

## 2.6 Lámparas de vapor de sodio

### Baja presión

Están constituidas por un tubo doblado sobre si mismo en forma de U, relleno de una mezcla de gases inertes (por ejemplo, neón) a la que se agrega una cierta cantidad de sodio. Cuando la lámpara está fría, el sodio se deposita a lo largo del tubo en forma de gotas; bajo el efecto de la descarga el sodio pasa al estado gaseoso. Fijados a los extremos del tubo se hallan los electrodos, revestidos de substancias capaces de emitir electrones. El tubo está dotado de prominencias que hacen la función de pequeños pozos para la recogida del sodio, así como de "puntos fríos" que neutralizan la tendencia del sodio, durante la condensación, a dirigirse hacia la parte curva del tubo. Para reducir la cantidad de calor transmitido al exterior, el tubo doblado en U está encerrado en una ampolla de vidrio en la que se ha practicado el vacío.

Este tipo de iluminación se utiliza en vialidades (bifurcaciones carreteras, túneles, pasos subterráneos) y en general para indicar lugares peligrosos.

Se emplean también para la iluminación en fundiciones y acerías, donde interesa más la percepción de la forma que la de los colores.

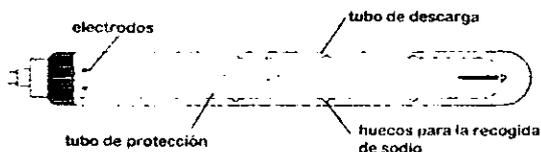
Es aconsejable montar las lámparas a una altura de 8 a 15 metros, según sea su potencia.

Cuentan con una eficiencia luminosa elevadísima y notable duración media de vida (6000 horas); luminancia mediana (7,5 — 14 cd/cm<sup>2</sup>).

La luz emitida es monocromática (amarilla) y los colores de los cuerpos iluminados resultan alterados: esta característica limita el área de su utilización.

Es necesario recurrir a dispositivos auxiliares para el arranque de la descarga. Hasta transcurridos 5-10 minutos desde la conexión inicial no se alcanza el 80 % de la emisión máxima.

Existen también lámparas de vapor de sodio a baja presión, de forma lineal. Los accesorios para el encendido y la alimentación son similares a los de las lámparas fluorescentes tubulares. Sin embargo no son muy utilizadas.



Lámpara de vapor de sodio baja presión

### Alta presión

Son lámparas en las que el contenido de sodio es muy elevado. La luz que emiten —calificada de "blanco oro"— permite un rendimiento cromático discreto. Para la construcción del tubo de descarga se recurre a un óxido de aluminio sinterizado que resiste las altas temperaturas y no es atacado por el sodio. En el tubo de descarga se introduce una amalgama de sodio (aleación de sodio y mercurio), junto con un gas raro a baja presión para favorecer el arranque de la descarga. El tubo de descarga se coloca en una ampolla de tubo o vidrio dura, en el que se practica vacío para reducir la dispersión térmica y conseguir la máxima eficiencia.

Para el arranque de la descarga se recurre a cebadores hechos mediante tiristores que determinan la formación de picos de tensión muy elevados (del orden de los 3 kv.) a través de los electrodos de la lámpara, y que se superponen a la tensión suministrada por la reactancia. Una vez que la descarga se ha iniciado, el cebador se desconecta automáticamente.

Existen, sin embargo, nuevos tipos de lámpara que no requieren el cebador electrónico para el arranque y, por lo tanto, se pueden alimentar con las mismas reactancias que se emplean para las lámparas de vapor de mercurio. Esto permite una rápida sustitución de estas últimas cuando se pretende elevar el nivel del alumbrado o ahorrar energía.

Se utiliza para alumbrado industrial (almacenes, naves industriales) / viario (zonas portuarias y aeropuertos), así como iluminación de fachadas de edificios y monumentos.

Para la iluminación de interiores es aconsejable montar las lámparas a una altura de 6 a 10 metros para potencias de 250-400 W y de 15 a 30 metros para potencias superiores.

Buena eficiencia luminosa, limitada depreciación del flujo luminoso; largo promedio de vida (9000 horas); rendimiento cromático discreto; reducidas dimensiones. No existe ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.



## 2.7 Lámparas de aditivos metálicos

Las lámparas de halógeno metálico también se conocen con el nombre de lámparas de vapor metálico o de haluro. Se encuentran disponibles en el mercado para capacidades de consumo entre 175 y 1 500 vatios. Las lámparas de halógeno metálico son más eficientes que las de mercurio y además proporcionan mejor color.

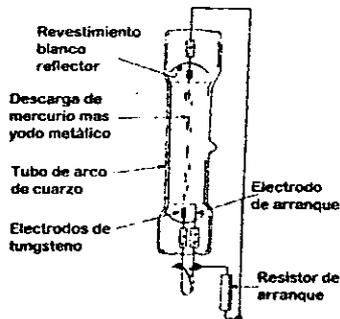
El diseño de una lámpara de metal halógeno es similar al de una lámpara de mercurio. La principal diferencia consiste en que al arco de mercurio se le agregan otros metales para mejorar sus características de color, así como la eficiencia. Además del mercurio, el tubo del arco contiene otros metales en forma de sales (generalmente yoduros). Esto crea una amalgama con el mercurio. Algunas lámparas contienen dos yoduros adicionales, e incluso las hay que contienen hasta tres yoduros.

Al igual que en las lámparas de mercurio, en las lámparas de halógeno metálico se utiliza argón para crear el primer arco y generar el calor inicial. Gradualmente, a medida que se eleva la temperatura del tubo del arco de argón, empieza a activarse el arco principal y los yoduros se vaporizan, separándose el yodo de los dos o tres metales adicionales. El calentamiento requiere de 5 a 7 minutos, dependiendo del tipo de lámpara y balasta.

El tubo del arco de las lámparas de halógeno metálico contiene yoduros en cantidades superiores a las necesarias para estabilizar el arco. Esto da lugar a que siempre quede una reserva de amalgama, la cual pasará al arco cuando éste requiera más. La temperatura de estos materiales de reserva determina la presión interior del tubo del arco, así como la cantidad de aditivo en forma de vapor. Esto a su vez determina las características cromáticas de la lámpara, así como la cantidad de luz o lúmenes que emite. Lo anterior significa que las variaciones de potencia debidas a variaciones en el sistema y en la lámpara, así como la posición de encendido, pueden originar cambios en el color aparente.

Por lo tanto, para la misma variación de potencia, las lámparas de halógeno metálico tienen una mayor variación de color que las lámparas de mercurio.

Las lámparas de halógeno metálico también se encuentran disponibles con bombillas exteriores revestidas en su interior de fósforo. Esto mejora ligeramente su producción de color y reduce la brillantez, lo cual es de particular importancia en las instalaciones interiores cuando se instalan lámparas a baja altura.



Lámpara de aditivos metálicos

## **CAPITULO 3 Componentes adicionales de lámparas**

### **3.1 Luminarias**

Se emplean para modificar la distribución del flujo luminoso emitido por las fuentes de luz al objeto de dirigirlo en determinadas direcciones (reflectores) o para atenuar el deslumbramiento, ocultando parcial o totalmente la visión de la lámpara (difusores).

Asimismo protegen a las lámparas de daños de origen mecánico o ambiental e impiden el acceso a las partes sometidas a tensión evitando los contactos directos. De acuerdo con lo que antecede, las luminarias se clasifican por la distribución del flujo luminoso, el tipo de protección contra los contactos directos y el tipo de protección contra la penetración de líquidos y polvo.

### **3.2 Difusores**

Están formados por envoltentes de vidrio o material plástico en cuyo interior se coloca la lámpara y son adecuados para la ejecución de sistemas de iluminación semiindirecta, difusa o semidifusa, ya que el flujo luminoso se distribuye de un modo casi uniforme en todas direcciones.

Disminuyen la luminancia de la lámpara y, por lo tanto, atenúan el deslumbramiento.

Parte del flujo luminoso emitido por la lámpara es absorbido por el material empleado en la fabricación de la luminaria (vidrio esmerilado: 10-20 %); en los difusores de tipo opaco la absorción es elevada (30-40 %). No son adecuados para grandes potencias: generalmente están previstos para albergar lámparas de incandescencia de 40-200 W o lámparas fluorescentes tubulares normales (lineales, circulares o en U).

### **3.3 Reflectores**

Están formados por superficies especulares (aluminio pulido, vidrio plateado, plancha de hierro esmaltada de blanco, etc.) que reflejan en determinadas direcciones la luz emitida por la lámpara (en un haz ancho o estrecho según los tipos). Si su construcción es racional se puede conseguir un elevado rendimiento.

Los proyectores entran en la categoría de los reflectores. Sirven para concentrar la luz en una dirección bien definida, generalmente sobre superficies delimitadas.

### 3.4 Refractores

Están constituidos por recipientes de material transparente dotados de una profunda cavidad y cuyo perfil y orientación han sido predeterminados a fin de modificar notablemente la distribución del flujo luminoso. Disminuyen sensiblemente el deslumbramiento.

Algunas luminarias pueden ser a la vez proyectores y refractores. Por ejemplo, el "faro" de un automóvil está constituido por un proyector (concentración de la luz) y un refractor (pantalla frontal de vidrio prensado/dotado de acanaladuras prismáticas).

## **CAPITULO 4 Iluminación de campos de deporte**

### **4.1 Condiciones en campos de juego**

Una instalación de alumbrado de campos de deportes debe proporcionar:

- Condiciones visuales adecuadas para los jugadores que no perturben la velocidad ni la precisión de su actuación
- Condiciones visuales buenas que permitan a los espectadores seguir el juego con un mínimo de esfuerzo.
- Un alumbrado que se integre con el estilo arquitectónico de la sala o del estadio y si es posible lo realce.
- El alumbrado debe, por otra parte, satisfacer las exigencias técnicas necesarias para los distintos medios de retransmisión

Desde el punto de vista de la iluminación, deben distinguirse las canchas deportivas según el tipo de juego y además de acuerdo con la categoría deportiva del juego. Se pueden definir cuatro de tales categorías: de distracción, de entrenamiento, de competición normal y de competición profesional (con facilidades para la retransmisión por televisión en color). Cuanto más baja es la categoría del juego menos estrictos son los requisitos de calidad que se exige al alumbrado.

Las lamparas de aditivos metálicos tienen una gran eficiencia luminosa y su alta temperatura de color las hace especialmente aptas para este tipo de iluminación

### **4.2 Criterios de diseño**

Las condiciones visuales quedan determinadas por los siguientes factores:

- Contraste de los jugadores o la pelota con el fondo de la cancha y contraste en los propios cuerpos de los jugadores
- Estado de adaptación del ojo.
- Grado de restricción del deslumbramiento.
- Tamaño aparente de los objetos (especialmente de el balón).
- Velocidad aparente de los objetos (balón).

Los tres primeros factores sólo guardan relación con el propio alumbrado, mientras que los otros dos dependen del tipo de juego. Se piden mayores exigencias sobre contraste, nivel de adaptación y evitación de deslumbramiento cuando el tipo de juego implica objetos de tamaño aparente pequeño o de velocidad aparente elevada, por lo que estos factores son importantes a la hora de definir el alumbrado necesario para las diferentes

clases de juego. El tamaño aparente de un objeto depende de su tamaño real y de la distancia de observación; la velocidad aparente es función del valor y dirección de la velocidad real con relación a la dirección de observación.

### 4.3 Niveles de iluminación

Fundamentalmente es la iluminancia horizontal la que determina el nivel de alumbrado sobre el campo de juego, y dado que éste sirve de fondo en la observación de jugadores y pelota, una iluminancia horizontal adecuada es imprescindible para crear el contraste de fondo correcto. Además, al ser el área iluminada la mayor porción del campo visual, es la iluminancia horizontal, junto con la reflectancia, la que establece el estado de adaptación visual o el valor de la señal global en las cámaras.

Un buen contraste en el propio cuerpo de los jugadores es esencial para que sean reconocibles e identificables, y esto sólo se logrará si los planos verticales son alcanzados por suficiente luz. En términos de alumbrado ello significa que la iluminancia vertical ha de ser adecuada.

### 4.4 Diseño de iluminación con proyectores en campos de deporte

Una vez que se determina el nivel de iluminación recomendado para el área, se procede a colocar los proyectores.

Se tiene la siguiente fórmula para determinar el número de proyectores:

$$\text{No. de proyectores} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Nivel de iluminación (lux)}}{\text{Lúmenes del haz} \times \text{CBU} \times \text{FC} \times \text{FL}}$$

Los lúmenes del haz es el valor del flujo luminoso que emite el proyector o el producto del valor del flujo emitido por la lámpara multiplicado por la eficiencia del proyector.

El CBU es el coeficiente de utilización del haz y es la relación de los lúmenes que inciden en un área determinada y el total de lúmenes del haz del proyector, expresado en decimales desde 0.6-1.

Para determinar el CBU se determina tomando datos de diversos puntos de referencia. El área por iluminar se superpone sobre las curvas fotométricas isocandelas de distribución del proyector, entonces la relación de los lúmenes comprendidos dentro de esta área y los totales del haz nos dan el CBU.

El FC es el factor de conservación que agrupa la pérdida de emisión luminosa, debido a la suciedad depositada sobre el proyector y la depreciación lumínica de la lámpara.

Los FC más considerados son:

Para proyectores cerrados	0.75
Para proyectores abiertos	0.65

Sin embargo se tiene los siguientes factores:

Tipo de lampara	Factor de conservación
Incandescente	0.75
Cuarzo-yodo	0.85
fluorescentes	0.75
Mercurio	0.7
Aditivos metálicos	0.65
Sodio	0.75

El factor de lampara FL se emplea únicamente cuando la emisión en lúmenes de la lámpara difiere de la indicada en datos fotométricos.

$$FL = \frac{\text{emisión luminica actual}}{\text{emisión luminica en datos fotométricos}}$$

Después del nivel de iluminación, el siguiente factor es la ubicación de las luminarias y postes, los cuales se ubican de acuerdo a especificaciones determinadas para la actividad a realizar y el tamaño del área considerada.

El equipo de iluminación puede instalarse dentro o fuera del área a iluminar. La iluminación perimétrica es el método más común en el que se utilizan los reflectores, es decir fuera del área a iluminar, esto contribuye a mejorar la uniformidad y disminuye el problema de sombras.

## CAPITULO 5 Métodos para calculo de iluminación

Existen dos métodos para estimar el numero de lúmenes en el área a iluminar:

Método de lumen y método punto por punto.

### 5.1 Método de lumen

El método de lumen es el que más frecuentemente se utiliza para estimar el número de lúmenes de lámpara que se necesita para iluminar un área en particular. A partir de esta información, se puede estimar el número de reflectores que se necesitarán. Por el momento, todo lo que se sabe es el nivel de iluminación que se proporcionará al área. Aunque esta información es necesaria, no indica cómo estará distribuida la luz sobre el área. Para averiguar el grado de uniformidad, se debe utilizar uno de los métodos que existen para verificar los valores punto por punto.

Para obtener los lúmenes de lámpara, se utiliza la siguiente fórmula:

$$LL = \frac{E \times \text{área}}{CU \times FLP}$$

En donde:

LL = lúmenes de lámpara

E = nivel de iluminación inicial, en lux

CU = coeficiente de utilización

FLP = factor pérdida de luz

En lugar de la fórmula, se pueden utilizar gráficas.

Si no se dispone de diagramas de isoiluminación, puede utilizarse un método de "punto por punto" para verificar los niveles de iluminación.

## 5.2 Método punto por punto

Es posible verificar los niveles de iluminación por medio de varios métodos de punto por punto. Se divide l el área en cuadros uniformes. Los niveles de iluminación se pueden medir en el centro de cualquiera de estos cuadros, para asegurar que sé está alcanzando el nivel de iluminación promedio y que la uniformidad es satisfactoria. Los puntos más convenientes para verificar son los puntos centrales y laterales, especialmente si se han especificado los niveles mínimos de iluminación.

La parte más difícil de los cálculos punto por punto, es determinar las distancias y ángulos que forman el haz con los puntos seleccionados debido a que éstos no pueden medirse directamente en una proyección horizontal del área iluminada.

Se utiliza una gráfica que nos permite determinar los niveles en cada uno de dichos puntos.

## CAPITULO 6 Proyecto de iluminación de una cancha de fútbol rápido

### 6.1 Disposición de proyectores para canchas de fútbol

Básicamente se encuentran dos posiciones:

Iluminación desde las cuatro esquinas, las fuentes de luz se colocan en las cuatro esquinas de la cancha.

(Fig a).

Iluminación lateral, las fuentes de luz se colocan en postes o en hileras paralelas a las bandas longitudinales de la cancha. (fig. b)

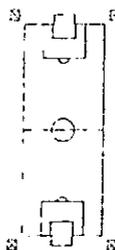


fig. a

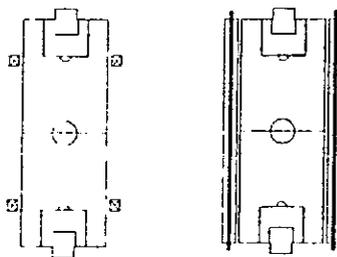
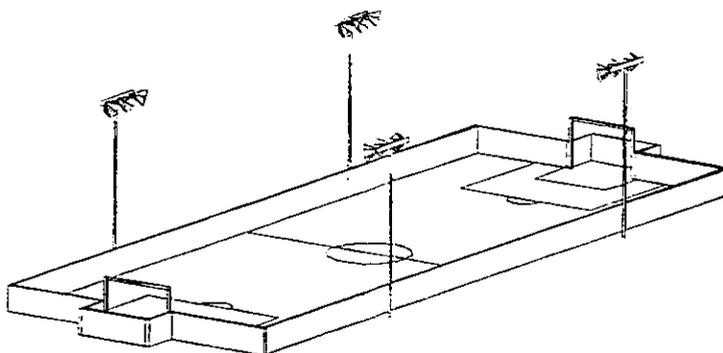


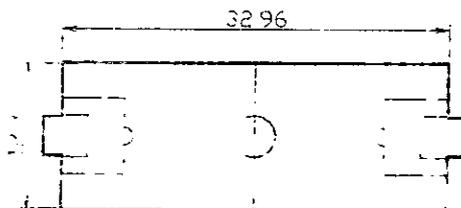
fig. b

### 6.2 Cálculos para proyecto

A continuación se muestra un esquema de la cancha a iluminar



Se tiene el plano con las dimensiones de la cancha vista desde arriba

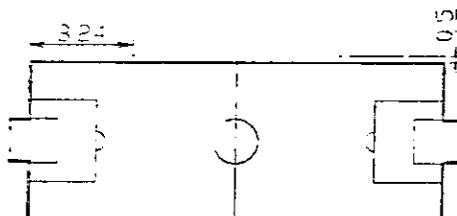


Acot: m.

Los postes serán colocados a la distancia mostrada

Se elige lámpara de aditivos metálicos ya que se requiere distinción de colores.

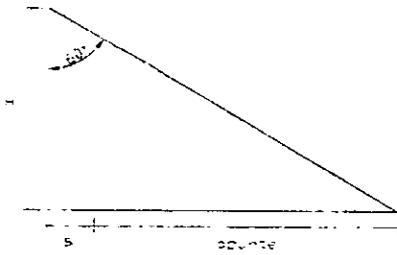
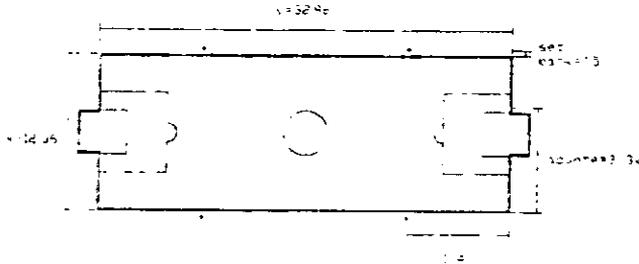
Las características de la lámpara son las siguientes.



Luminario	Potencia (watts)	Refractor	Curva nema	Apertura
Prismaflood HOLOPHANE	400	857	6 x 4	102H 50V

### Cálculo de la altura de los postes

La inclinación máxima de los proyectores no debe ser mayor a 60° respecto a la vertical.



$$x = 0.5$$

$$y = 8.37$$

$$z = ?$$

$$\tan \alpha = \frac{x}{y}$$

$$\tan 60^\circ = \frac{0.5 + 8.37}{H}$$

$$H = \frac{0.5 + 8.37}{\tan 60^\circ} = 5.12$$

Entonces la altura de los postes es de 5 metros

Se colocan 3 luminarios por poste.

Realizando el calculo mediante el programa Cala Pro se tiene:

Datos:

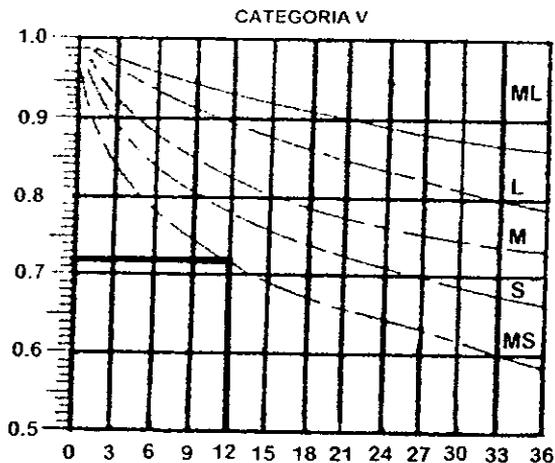
De tablas tenemos:

Watts	Acabado	Eficiencia (Lúmenes/Watt)	Factor de depreciación (LDD)
400	Claro	90	0.75

Se considera este tipo de reflector como categoría V para determinar el factor de depreciación por suciedad (LDD).

La determinación de las condiciones de suciedad en el luminario son muy sucio, ya que la cancha se encuentra en una barranca en la que hay mucho polvo

En las gráficas de degradación por suciedad en el luminario se determina el tiempo de mantenimiento y el LDD.



En la gráfica determinamos el tiempo de mantenimiento que en este caso es de 12 meses y en un ambiente muy sucio (MS) por lo tanto el LDD será de 0.72

Entonces tenemos:

$$LLD = 0.75$$

$$LDD = 0.72$$

Se considera que habrá espectadores a una distancia máxima de 5 metros. Por lo tanto de acuerdo a los niveles de iluminación en México tenemos:

Cancha de Fútbol	Luxes
Clase IV (menos de 9 metros)	200

La distancia esta considerada de la línea de banda a la fila más alejada de espectadores.

/Pro

phane, S.A. de C.V.

1 Carretera Mexico Cuatitlan  
6, 2001

Version: 1.2

Tultitlan, Edo. de Mexico, Mexico

Run: 20426

Page: 1

ect Name: iluminacion de cancha de futbol rapido

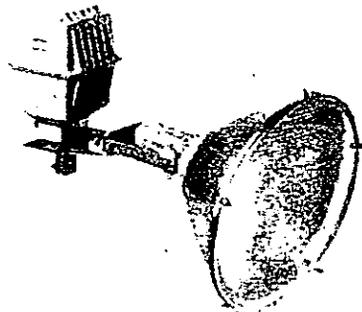
AL LAYOUT INFORMATION:

f Luminaire Locations: 4  
Number of Luminaires: 12

Qty.	Catalog No.	Luminaire Desc.	Input Watts
12	1884	HOLOPHANE PRISMAFLOOD	442

ETICS:

ts	Pt-Pt oc (m)	Average (lux)	Minimum (lux)	Maximum (lux)	Avg/Min	Max/Min	U.I.
1 :	1.00	215.80	79.32	347.14	0.37	0.23	72



Projector Prismafood aditivos metalicos de 400 watts

/Pro

Shane, S.A. de C.V.

Carretera Mexico Cuatitlan  
6, 2001

Version: 1.2

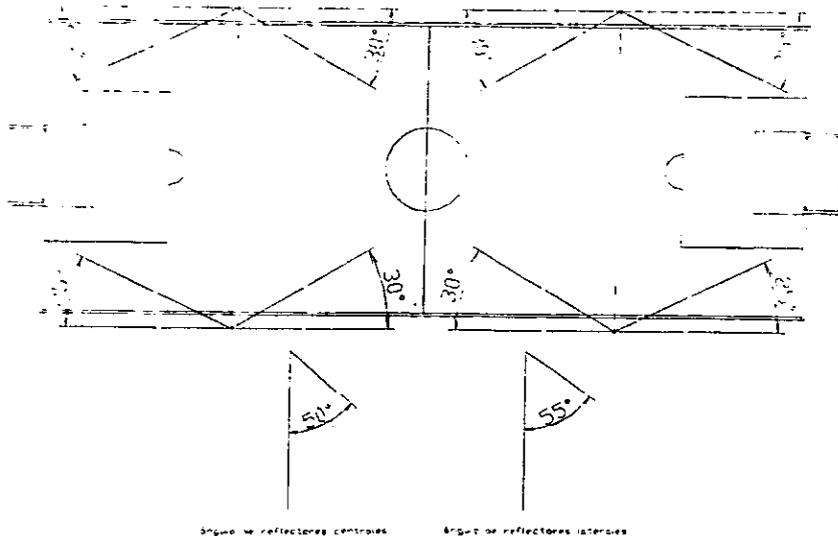
Tultitlan, Edo. de Mexico, Mexico

Run: 20426

Page: 3

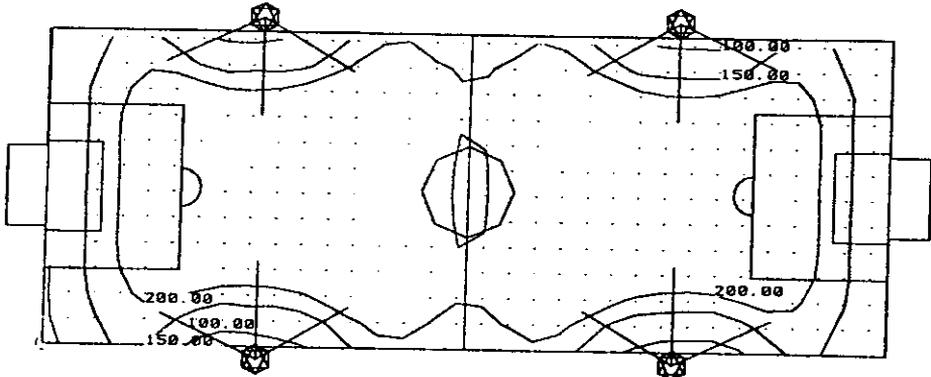
aire Layout Specification:

X-Loc (m)	Y-Loc (m)	Z-Loc (m)	Orient	Tilt	Dist (m)	Type	Mult
9.90	-0.50	5.00	-65	55	5.00	1	1.00
9.90	-0.50	5.00	0	50	5.00	1	1.00
9.90	-0.50	5.00	60	55	5.00	1	1.00
9.90	12.86	5.00	-115	55	5.00	1	1.00
9.90	12.86	5.00	120	55	5.00	1	1.00
9.90	12.86	5.00	180	50	5.00	1	1.00
26.00	-0.50	5.00	-60	55	5.00	1	1.00
26.00	-0.50	5.00	0	50	5.00	1	1.00
26.00	-0.50	5.00	65	55	5.00	1	1.00
26.00	12.86	5.00	-120	55	5.00	1	1.00
26.00	12.86	5.00	115	55	5.00	1	1.00
26.00	12.86	5.00	180	50	5.00	1	1.00



Signos de reflectores centrales

Signos de reflectores laterales



REA 1 COMMENT:

vg: 215.80 Min: 79.32 Max: 347.14 Avg/Min: 2.72 Max/Min: 4.38  
OTAL III. LIGHTMETER: Perpendicular AREA: 1 PTS O.C.: 1.00

Max-SI  
CJ1  
UI: 72

# CALA/Pro

Holophane, S.A. de C.V.

Project: Iluminacion de cancha de futbol rapido

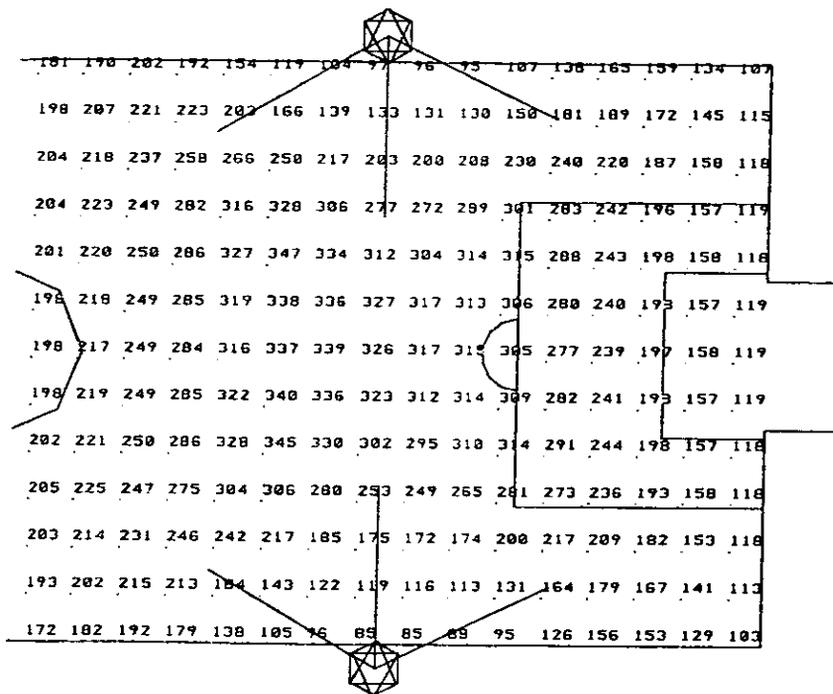
Location:

Section:

Page: 1

Date: July 9, 2001

Run: 140718



AREA 1 COMMENT:

Avg: 215.80 Min: 79.32 Max: 347.14 Avg/Min: 2.72 Max/Min: 4.38

TOTAL ILL. LIGHTMETER: Perpendicular AREA: 1 PTS O.C.: 1.00

Max-SI

CJ1

UI: 72

CALA/Pro

Holophane, S.A. de C.V.

Project: Iluminacion de cancha de futbol rapido

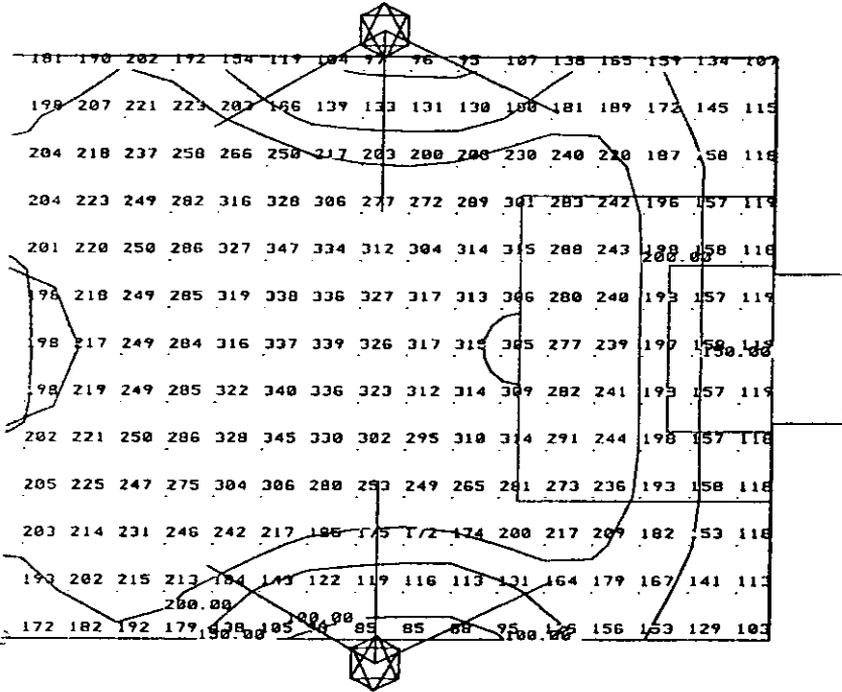
Location:

Section:

Date: July 9, 2001

Page: 1

Run: 140718



AREA 1 COMMENT:

avg: 215.80 Min: 79.32 Max: 347.14 Avg/Min: 2.72 Max/Min: 4.38

TOTAL ILL. LIGHTMETER: Perpendicular AREA: 1 PTS 0.C.: 1.00

Max-SI

CJ1

UI: 72

## Conclusiones

Una opción de cálculo para un nivel mayor de iluminación (300 y hasta 400 luxes) es haber optado por utilizar lámparas de 1000 watts colocando dos por poste, pero nos provocaría un mayor costo por consumo de potencia ya que el total sería de 8000 watts, en lugar de 4800 watts, esto nos da casi la mitad del consumo por lo que se optó por esto último, también se consideró colocar 1 lámpara más detrás de cada portería para hacer más uniforme la iluminación, pero dados los costos por poste y mayor consumo de potencia se cancelan, aunque se tiene en cuenta que pudo haber sido una lámpara de menor potencia, a una altura menor y a  $0^\circ$  respecto a la vertical inclusive colocada no en un poste si no en una barra o una cuerda, todo esto tomando en cuenta que el nivel detrás de las porterías es suficiente como para visualizar un gol (en promedio 120 luxes) y considerando el deslumbramiento a los jugadores por la altura a que serían colocados los proyectores ya que el objetivo del juego se encuentra precisamente en las porterías.

Se desprecian las reflectancias en paredes ya que miden un metro de altura, el color no es uniforme y por la altura a que se encuentran los luminarios.

## Glosario

- Absorción.-** Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía
- Acomodación.-** Proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.
- Adaptación -** Proceso mediante el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o a luz de color diferente. Ello resulta en un cambio de la sensibilidad del ojo a la luz.
- Angstrom.-** Unidad de longitud de onda =  $10^{-10}$  m
- Balastro.-** Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.
- Factor De Balastro.-** Relación del flujo luminoso emitido por una lámpara la cual es operada por un balastro convencional entre el flujo luminoso emitido por la misma lámpara cuando ésta es operada por un balastro patron.
- Brillantez o Luminancia -** Es la relación entre la intensidad luminosa (I) en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.
- Candela.-** Unidad de intensidad luminosa igual a un lumen por steradian (lm / sr). Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 555 nm) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian. Hasta 1948 se le llamó bujía
- Cavidad de cuarto.-** Es la cavidad formada por el plano de luminarios y el plano de trabajo.
- Cavidad de piso.-** Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.
- Cavidad de techo.-** Es la cavidad formada por el techo y el plano de luminario.
- Coefficiente de utilización.-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.
- Componente indirecta.-** Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.
- Curva de distribución.-** Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se presenta en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.
- Curva isocandelas.-** Es la mejor representación de las variaciones luminosas de un haz irregular. Las curvas representadas unen puntos de igual potencia luminosa y estos son el resultado de un gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos.

**Curvas isofootcandle o isopie-candela.**- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie-candelas) sobre un plano de trabajo.

**Curvas isolux.**- Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo.

**Depreciación de lúmenes de la lámpara LLD (Lamp Lumen Depreciation).**- Es la pérdida de la emisión luminosa (lúmenes), emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

**Depreciación por suciedad en el luminario LDD (Luminaire Dirt Depreciation).**- La acumulación de la suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y, por lo mismo, pérdidas de iluminación en el plano de trabajo. Esta pérdida se conoce como el factor LDD (Luminaire Dirt Depreciation).

La suciedad en la atmósfera se considera que proviene de dos fuentes: Aquella que pasa de atmósferas adyacentes al local donde se encuentra el luminario y la que se genera por el trabajo realizado en la atmósfera circundante al luminario.

La suciedad puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes.

La suciedad adhesiva se colgará de la superficie del luminario debido a lo pegajoso de su naturaleza, mientras que la suciedad atraída se mantiene por efecto de la fuerza electrostática.

La suciedad inerte variará en acumulación desde prácticamente nada en superficies verticales hasta tanto como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación de aire.

Algunos ejemplos de suciedad adhesiva son: grasa producida al cocinar, partículas generadas por la operación de máquinas transportadas por vapores aceitosos, partículas transportadas por vapor de agua como en lavanderías.

Algunos ejemplos de suciedad atraída son: cabellos, pelo, pelusa, fibras o partículas secas cargadas electrostáticamente debido a operaciones de máquinas.

La suciedad inerte está representada por partículas no pegajosas, sin carga electrostática tales como harina seca, aserrín, cenizas finas, etc.

**Eficacia luminosa (de una lámpara).**- Relación de flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma. Su unidad está dada en: lúmenes/watt.

**Eficiencia de un luminario.**- Relación de flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la(s) lámpara(s) desnuda(s) usada(s) en su interior.

**Emergencia, iluminación de.**- Iluminación diseñada para proporcionar iluminación de seguridad y salvaguarda en caso de fallas en el suministro normal de energía.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Se aplica en los lugares donde se concentra gran cantidad de personas, ya sea para diversión, compras o trabajos. Dichos lugares pueden ser auditorios, cines, teatros, estadios de fútbol, de béisbol, centros comerciales, hospitales, escuelas, etc.

El objeto de esta iluminación es de romper la obscuridad para evitar el pánico y posibles accidentes principalmente entre menores.

Los luminarios destinados para este sistema, deberán estar localizados de tal forma que guíen a las personas hacia la (s) salida (s) del local y permitan la pronta evacuación en caso de ser necesario.

El nivel de iluminación de emergencia no deberá ser menor al 1% del nivel promedio de iluminación o a 5 luxes promedio a nivel de piso.

La uniformidad de iluminación ( $E_{max} / E_{min}$ ) a lo largo de la línea central de la ruta de escape, podrá estar comprendida entre 20:1 y 40:1.

El nivel de iluminación de emergencia será igual al nivel de iluminación normal en aquellos casos en que dependa la vida de un ser humano, como en quirófanos, salas de expulsión, etc. o en lugares como cuartos de control de una hidroeléctrica, torre de control en los aeropuertos, etc.

**Explosión, luminario a prueba de.-** Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de éste.

**Factor de depreciación de los lúmenes de las lámparas (LLD).-** Relación de los lúmenes emitidos por la lámpara al 70% de su vida entre los lúmenes iniciales de esta misma

**Factor de lámparas quemadas .-** Pérdidas fraccionales de iluminancia debido a lámparas fundidas después de que han funcionado por largos periodos.

**Factor de pérdida de luz (factor de mantenimiento).-** Factor utilizado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y en el luminario, depreciación de la emisión luminosa de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

**Footcandle [ $\text{lm}/\text{pie}^2$ ; (fc)].-** Unidad de nivel luminoso en el sistema inglés.

**Flujo luminoso ( $\Phi$ ).**- Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

**Fuente luminosa.-** Es toda materia, objeto o dispositivo, de la que parte la energía Radiante que emite, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético

**Iluminación complementaria.-** Es la iluminación utilizada para proporcionar una cantidad y calidad adicional de luz que no puede ser obtenida por el sistema general de iluminación y que complementa el nivel general de iluminación para requerimientos específicos del trabajo.

**Iluminación general.**- Iluminación diseñada para proporcionar un nivel substancialmente uniforme en toda el área analizada, excluyendo cualquier provisión para requerimientos especiales localizados

**Iluminación localizada.**- Es la proporcionada sobre una pequeña área, espacio confinado o definido, sin proporcionar ninguna iluminación general significativa alrededor del entorno.

**luminancia (E).**- Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie  $E = \Phi / m^2$  y es directamente proporcional a la densidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Su unidad es el lux

En los países de habla inglesa se usa el pie candela como unidad de intensidad de iluminación siendo : 1 pie candela = 10.76 luxes.

Es también definida por la intensidad (I) en candelas dirigida hacia un punto P dividido por el cuadrado de la distancia D de la fuente luminosa a la superficie.

$$I / D^2$$

**ampara.**- Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminica.

**lente.**- Elemento de vidrio o plástico usado en luminarios para cambiar la dirección y controlar la distribución de los rayos luminosos.

**lumen (lm).**- Unidad de flujo luminoso.

**luminancia.**- Luminancia, frecuentemente llamado Brillantez; es el nombre dado a lo que vemos. Brillantez es una sensación subjetiva, variable de la mínima iluminación u oscuridad hasta muy brillante.

Objetivamente esta referida como Luminancia, como la intensidad en una dirección dada, dividida por un área de proyección, como es vista por el observador . Luminancia es usualmente referida de alguna de estas dos maneras, cualesquiera de las dos a un luminario ó a una superficie.

La Luminancia directa ó brillantez de luminarios en varios ángulos de vista, es un factor importante en la evaluación del confort visual; de una instalación aplicando estos luminarios.

En general, es deseable minimizar la brillantez del techo y luminarios en ángulos verticales de 60° a 90°.

Cuando la intensidad esta en candelas y el área proyectada en metros, la unidad de Luminancia es la candela por metro cuadrado ( $Cd/m^2$ )

**luminario.**- Dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lamparas.

**lux [ $lm / m^2$ ; (lx)].**- Unidad de nivel luminoso en el sistema internacional.

**nanometro.**- Es la unidad de longitud de onda igual a  $10^{-9}$  m.

**nit. - ( $cd/m^2$  )** Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado, (sistema internacional).

**Nivel luminoso o iluminancia.**- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

**Reflexion.**- Es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

**Refraccion.**- Es el cambio de dirección que sufren los rayos luminoso al pasar de un medio a otro con diferente densidad.

**Steradian (Sr).**- Angulo sólido que sustenta un área en una esfera igual al cuadrado del radio de la esfera.

## **Bibliografía**

- **VITTORIO, RE** Iluminación externa; Marcombo editores; España 1993
- **VITTORIO, RE**, Iluminación interna; Marcombo editores; España 1989
- **CARRANZA, Castellanos Emilio**, Luminotecnia y sus aplicaciones; editorial Diana; México 1981
- **CARRANZA, Castellanos Emilio**, Alumbrado Urbano; Crose hinds; 1978
- **WESTINGHOUSE**, Manual del alumbrado; editorial Dossat; México 1987
- **PHILIPS**, Manual de alumbrado; Paraninfo; España 1986
- **FRIER, P. John**, Sistemas de iluminación industriales; editorial Limusa; Mexico 1986
- **LANCO, CAPILLA, SALGADO**, Metodología para el calculo de proyecto de iluminación de zonas interiores y exteriores; Tesis Unam