



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLÁN"



V N A M

**"METODOLOGIA PARA EL CALCULO DE PROYECTO  
DE ILUMINACION DE ZONAS INTERIORES,  
EXTERIORES"**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N  
**BLANCO PACHECO GUSTAVO  
CAPILLA BERMUDEZ ENRIQUE  
SALGADO LOPEZ ANTONIO**

ASESOR :  
ING. FRANCISCO GUTIERREZ S.

CUAUTITLÁN IZCALLI EDO. DE MÉXICO

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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

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

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

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

## INDICE

INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO I TERMINOLOGIA . . . . .	3
CAPITULO II EL OJO HUMANO . . . . .	9
CAPITULO III FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISION . . . . .	18
CAPITULO IV LUZ E ILUMINACION . . . . .	31
CAPITULO V FUENTES LUMINOSAS . . . . .	40
CAPITULO VI LUMINARIOS . . . . .	85
CAPITULO VII NIVELES DE ILUMINACION . . . . .	96
CAPITULO VIII PROCEDIMIENTO GENERAL QUE SE DEBE SEGUIR EN EL PROYECTO DE ILUMINACION EN INTERIORES . . . . .	115
CAPITULO IX ALUMBRADO EXTERIOR . . . . .	191
CAPITULO X ILUMINACION DE TUNELES . . . . .	248
CONCLUSIONES . . . . .	266
BIBLIOGRAFIA . . . . .	269

## INTRODUCCION.

Hoy mas que nunca, nuestro país necesita ser mas eficiente en todos los aspectos, para poder crecer en una proporción tal, que asegure el futuro de toda la población.

Actualmente vivimos en un mundo donde la competencia internacional, es cada vez mas cerrada y donde definitivamente, solo aquellos países que aprovechen al máximo sus recursos, podrán asegurar a su población un nivel decoroso de vida.

Uno de los campos mas importantes, donde necesitamos y podemos ser mas eficientes es, sin duda, en nuestros sistemas de iluminación.

Para poder entender la gran importancia, que tienen dichos sistemas, en el desarrollo óptimo de los recursos humanos y máximo aprovechamiento de los recursos materiales, debemos mencionar este hecho fundamental: "SIN LUZ, NO HAY VISION."

Sin embargo, no basta tener suficiente CANTIDAD de luz en una determinada zona, ya sea Industrial, Comercial o Pública; es necesario darle también CALIDAD a dicha luz. Entendiendo por calidad de luz, la eliminación del brillo directo e indirecto que incide sobre nuestros ojos cuando desarrollamos una actividad; ya sea de trabajo o recreación en cualquiera de las zonas mencionadas.

El objetivo es no solo preservar la visión humana; sino todas y cada una de las habilidades naturales que poseemos y que nos sirven para bien nuestro y de los demás.

En iluminación Industrial, el sistema de alumbrado está estrechamente relacionado con el aumento de la productividad y con la reducción de accidentes de trabajo.

**Por lo que respecta a zonas comerciales es no menos importante en el incremento de esta actividad con seguridad y confort.**

**En cuanto a vialidades, el Alumbrado Público es vital para la circulación segura de peatones y vehículos, así como en la reducción de los índices de delincuencia.**

**El objetivo de este trabajo, es no solo hacer resaltar la importancia que tiene la iluminación en el aumento de la eficiencia de todas las actividades que desarrollamos al amparo de la luz artificial; sino proporcionar al estudiante de ingeniería una metodología e información necesaria para desarrollar un proyecto de iluminación, con cantidad y calidad de luz suficiente, con el equipo adecuado y con el menor consumo de energía.**

# **CAPITULO I**

## **TERMINOLOGIA.**

## TERMINOLOGIA.

**ABSORCION.-** Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial ó totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía.

**ACOMODACION.-** Proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.

**ADAPTACION.-** Proceso por 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 estas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.

**BALASTRO FACTOR DE .-** 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 esta es operada por un balastro patrón.

**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 (cd).-** Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 555 nanómetros) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian. Hasta 1948 se le llamó bujía.

**CAVIDAD DE TECHO .-** La cavidad formada por el techo, el plano de luminario y las superficies de las paredes entre estos dos planos.

**CAVIDAD DE CUARTO.-** Cavidad formada por el plano de luminarios, el plano de trabajo y las paredes entre estos dos planos.

**CAVIDAD DE PISO.-** Cavidad formada por el plano de trabajo, el piso y las paredes.

**COMPONENTE INDIRECTA.-** Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.

**COEFICIENTE DE UTILIZACION.-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) de un luminario recibido sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por la lámpara del luminario sola.

**COEFICIENTE DE UTILIZACION DEL HAZ.-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) que cae sobre una area específica directamente de un reflector o proyector y el flujo luminoso total (lúmenes).

**CURVA DE DISTRIBUCION.-** Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se representa en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.

**CURVAS 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 ISOPIECANDELA.-** 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.

**EFICACIA LUMINOSA (DE UNA LAMPARA).-** 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 del flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la lámpara desnuda usada en su interior.

**EMERGENCIA, ILUMINACION DE.-** Iluminación diseñada para proporcionar iluminación para seguridad y salvaguarda en caso de falla en el suministro normal de energía.

**EXPLOSION, LUMINARIO A PRUEBA DE.-** Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de un gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de este.

**FACTOR DE LAMPARAS QUEMADAS.-** Pérdida fraccional de iluminancia debido a lámparas fundidas después de que han funcionado por largos periodos.

**FACTOR DE DEPRECIACION DE LOS LUMENES DE LA LAMPARA (LLD).-** Relación de los lúmenes emitidos por la lámpara al 70% de su vida entre los lúmenes iniciales de esta misma.

**FACTOR DE PERDIDA DE LUZ (FACTOR DE MANTENIMIENTO).**- Factor utilizado en el cálculo de iluminancia después de un período dado de tiempo bajo condiciones dadas de tiempo. En el se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y del luminario, depreciación de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

**FLUJO LUMINOSO (lumen).**- Cantidad de luz comprendida en un ángulo sólido, emitido por una fuente luminosa de una candela (cd) colocada en el centro de una esfera unitaria.

**FOOTCANDLE (lm/m<sup>2</sup>) (fc).**- Unidad de nivel luminoso en el sistema ingles.

**FUENTE LUMINOSA.**- Es toda materia, objeto o dispositivo en que parte de la energía radiante que emite cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

**ILUMINACION GENERAL.**- Iluminación diseñada para proporcionar un nivel de iluminación sustancialmente uniforme sobre una superficie.

**INTENSIDAD DE ILUMINACION (E).**- Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie ( $E = F/S$ ), y es directamente proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Su unidad es el lux ( $E = I/d^2$ ), el cual tiene un valor correspondiente de distribuir el flujo de un lumen sobre una superficie de un metro cuadrado. En los países de habla inglesa se usa el pie candela como unidad de intensidad de iluminación siendo:

$$1 \text{ pie candela} = 10.76 \text{ luxes}$$

**LAMPARA.**- Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

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

**LOUVER.-** Serie de elementos opacos o translucidos para ocultar una fuente luminosa de la visión a ciertos ángulos o para absorber la luz indeseable. Estos elementos opacos o translucidos generalmente son arreglados en forma geométrica.

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

**LUMINARIO.-** Aparato eléctrico que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

**LUX (Lm/m<sup>2</sup>)** .- Unidad de nivel luminoso. (sistema métrico)

**NANOMETRO.-** Unidad de longitud de onda igual a 10<sup>-9</sup> metros.

**NIT.-** Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado, (sistema internacional)

**NIVEL LUMINOSO ó ILUMINANCIA.-** Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes ó 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 luminosos al pasar de un medio a otro con diferente densidad.

## **CAPITULO II**

### **EL OJO HUMANO.**

# EL OJO HUMANO

## ORGANO RECEPTOR DE LA LUZ.

El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz.

Es importante aclarar que el ojo humano ve brillantez y no iluminación. Todo objeto visible tiene brillantez. La brillantez es ordinariamente independiente de la distancia.

En la figura (1), se representa un corte longitudinal esquemático del ojo humano, en el que se puede apreciar su constitución anatómica.

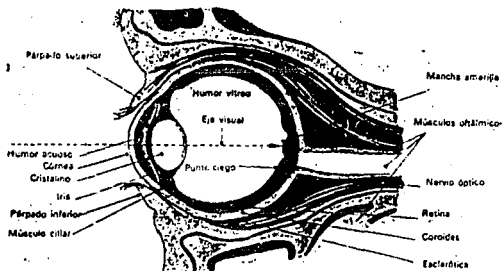


Figura (1).- Constitución anatómica del ojo humano.

El ojo humano es constantemente comparado con una cámara fotográfica ya que su funcionamiento es muy similar.

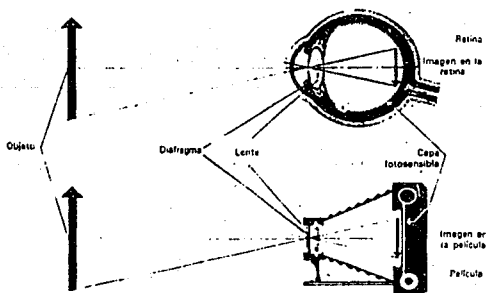


Figura (2).- Comparación del ojo humano con la cámara fotográfica.

### **PARTES DEL OJO.**

**PARPADO.-** Parte del ojo que lo protege y que bajo condiciones de extrema brillantez lo ayuda a regular la cantidad de luz que percibe.

**CORNEA.-** Es la porción transparente de la esclerótica (membrana envolvente del ojo) que se encuentra al frente formando parte del sistema refractor.

**IRIS.-** Es la parte del ojo que al funcionar como un diafragma, regula la cantidad de luz que penetra en el ojo.

**PUPILA.-** Es una abertura en el centro del iris por la cual pasa la luz, su tamaño está regulado por los movimientos involuntarios del iris.

**CRISTALINO.-** Es una cápsula transparente a modo de lente colocada atrás del iris y tiene la propiedad de variar su curvatura para enfocar objetos distantes ó cercanos. Este ajuste lo efectúan los músculos ciliares.

**MUSCULOS CILIARES.-** Músculos de forma circular que ajustan la tensión en el lente cambiando su curvatura para afocar objetos cercanos ó distantes.

**RETINA.-** Es la parte interna del ojo que es sensible a la luz y está formada por una serie de ramificaciones nerviosas que conectan con el nervio óptico. Estas ramificaciones terminan en los conos y los bastones.

**CONOS.-** Son los sensores que detallan los objetos finos y perciben el color; siendo insensibles en bajos niveles de iluminación. Su mayor concentración está en la fovea donde se encuentran solamente conos y es donde se forma la imagen que va a ser analizada en detalle.

**BASTONES.-** Son los sensores sensibles a bajos niveles de iluminación pero no resuelven los colores, se podría decir que se ve con ellos en blanco y negro. Su número aumenta a medida que aumenta la distancia desde la fovea y nos sirven para ver el conjunto, es decir visión periférica.

**PUNTO CIEGO.-** Es el punto en el cual se une la retina al nervio óptico y en el cual no hay terminales sensibles.

Habiendo analizado brevemente las partes del ojo, explicaremos ahora como es la sensibilidad del ojo humano.

El ojo no es sensible por igual a todas las longitudes de onda, e incluso esta sensibilidad varía según los individuos y/o su edad.

### **SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO.**

El ojo humano tiene su mayor sensibilidad para tonalidades comprendidas en las longitudes de onda de  $5500 \text{ \AA}$  en intensidades de iluminación alta, la que recibe el nombre de visión diurna.

Para intensidades de iluminación baja, la sensibilidad del ojo humano tiene su máxima eficiencia a  $5070 \text{ \AA}$  y se conoce como visión nocturna.

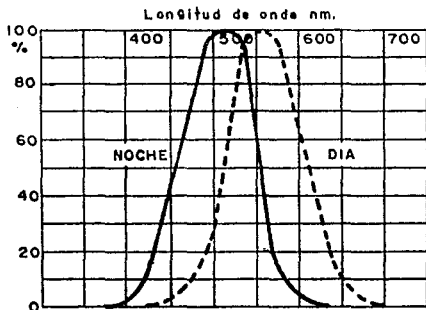


Figura (3).- Curva de sensibilidad del ojo humano a las radiaciones monocromáticas.



## DEFECTOS DEL OJO.

Las cuatro causas principales más comunes de tener una visión defectuosa son:

**ASTIGMATISMO.-** Consiste en la imposibilidad de traer las líneas horizontales y verticales al mismo tiempo y al mismo lugar. Esta condición resulta de irregularidades en la curvatura de la córnea y del cristalino.

**MIOPIA.-** La distancia focal del ojo miope es demasiado corta y los rayos de luz tienen su foco al frente de la retina en lugar de caer en ella.

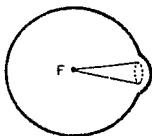


Figura (4a).- Defecto de miopía.

**HIPERMETROPIA.-** En este caso la distancia focal del ojo es muy grande y el punto focal ó imagen virtual se encuentra detrás de la retina.

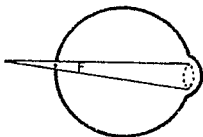


Figura (4b).- Defecto de hipermetropía.

**PRESBIOPIA.-** Consiste en la pérdida del poder de acomodo del cristalino. A mediana edad y principalmente en la vejez el cristalino se vuelve menos elástico y el proceso de acomodo se torna más difícil.

### CARACTERISTICAS DE VISION DEL OJO HUMANO.

**ADAPTACION.-** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos. Este ajuste lo realiza la pupila en su movimiento de cierre y apertura. En las máquinas fotográficas se hace por medio del diafragma.



ALUMBRADO  
INTENSO



DIAFRAGMA



ALUMBRADO  
DEBIL



Figura (5).- Adaptación del ojo a distintas iluminancias.

Si la iluminación es muy intensa, la pupila se contrae reduciendo la luz que llega al cristalino, y si es escasa, se dilata para captarla en mayor cantidad.

En iluminaciones de valores muy altos, la pupila se reduce a un diámetro de aproximadamente 2 milímetros, y en iluminaciones muy bajas, se abre hasta aproximadamente 8 milímetros. Cuando se pasa de un local muy iluminado a otro casi a oscuras, el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación para cuyo ajuste total necesita unos 30 minutos; mientras que por el contrario, cuando se pasa de un local a oscuras a otro bien iluminado, dicho período es de solo unos segundos.

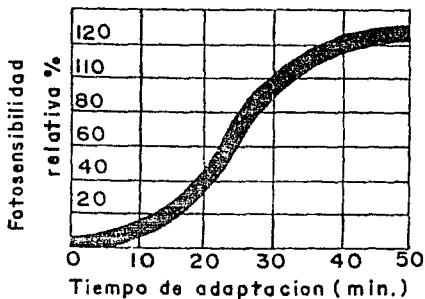


Figura (6).- Curva de la fotosensibilidad relativa del ojo respecto al tiempo de adaptación.

**ACOMODACION.-** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes distancias de los objetos, y obtener de esta forma imágenes nítidas en la retina.

Este ajuste se efectúa variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o distensión de los músculos ciliares. Si el objetivo se encuentra próximo al ojo, la curvatura del cristalino se hace mayor que cuando está lejos. En la máquina fotográfica el ajuste se hace variando la distancia entre el objetivo y la película.

La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia del endurecimiento del cristalino.

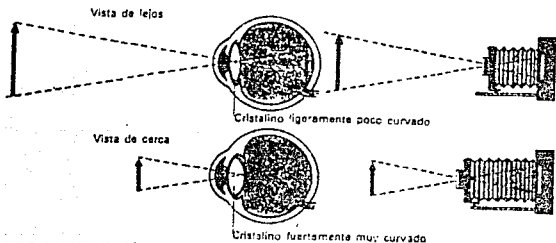


Figura (7).- Acomodación del ojo respecto a la distancia de los objetos.

**CAPITULO III**

**FACTORES QUE  
INFLUYEN EN  
LA VISION.**

# FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISION.

## GENERALIDADES.

Sin luz no hay visión, pues el ojo no puede transmitir a nuestro cerebro ninguna información de todo cuanto nos rodea. En la percepción visual de los objetos influyen los siguientes factores :

- Iluminación.
- Contraste.
- Sombras.
- Deslumbramiento.
- Ambiente Cromático.

Todos guardan una relación entre sí y cualquiera de ellos puede tener un valor decisivo.

## ILUMINACION.

En numerosas investigaciones se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que ésta afecta el estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, a su poder de relajación, etcetera.

Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla la misma. El valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de una serie de factores entre los que se puede citar:

- Tamaño de los detalles a captar.
- Distancia entre el ojo y el objeto observado.
- Factor de reflexión del objeto observado.

- \* Contraste entre los detalles del objeto y el fondo sobre el que destaca.
- \* Tiempo empleado en la observación.
- \* Rapidez de movimiento del objeto.

Cuanto mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor debe ser el nivel medio de iluminación.

Esta dificultad se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada, de ahí que éstas necesiten más luz que los jóvenes para realizar un trabajo con igual facilidad. Se ha comprobado que mientras un niño de diez años, para leer normalmente una página de un libro con buena impresión, necesita un nivel medio de iluminación de 175 lux, una persona de cuarenta años precisa 500 lux, y otra de sesenta años 2500 lux.

Considerando todos estos factores se han fijado unos valores mínimos de iluminación para cada cometido visual que se indican en las normas correspondientes.

### CONTRASTE.

El ojo sólo aprecia diferencias de luminancia. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, es lo que se conoce por contraste.

Los trabajos que requieren gran agudeza visual precisan de un mayor contraste.

Un ejemplo de ello es la figura (8a), que presenta un contraste fácil de distinguir mientras que el (b) y el (c) ofrecen mayor dificultad.

Combinando bien los grados de reflexión de las superficies de un recinto, se obtiene una disminución armónica de la luminancia, produciéndose con ello un contraste fácil de distinguir.

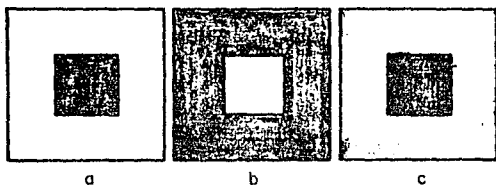


Figura (8a,b,c).- Tipos de contraste.

Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia entre el objeto visual y las superficies circundantes se mantiene dentro de unos límites determinados.

La relación de luminancias en el campo visual no debe ser menor de 1 : 3, ni mayor de 3 : 1.

En las figuras (9a,b,c), se indica tres clases de contraste.

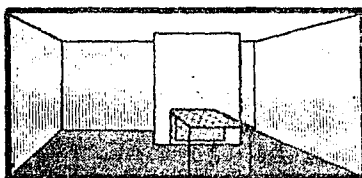


Figura (9a).- Contraste débil.



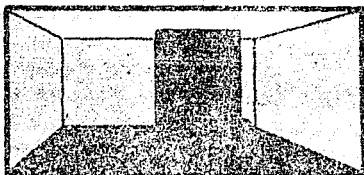


Figura (9b).- Contraste equilibrado (relación 1 : 3 hasta 3 : 1)

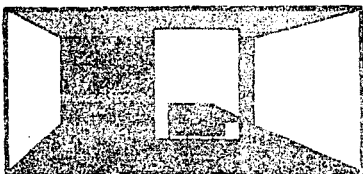


Figura (9c).- Contraste fuerte ( relación superior a 3 : 1 ).

También existe un contraste de colores, en la tabla 1, hemos reunido algunos de estos.

### T A B L A 1

Contraste de colores en orden decreciente.

Color de objeto.	Color de fondo.
Negro.	Amarillo.
Verde.	Blanco
Rojo.	Blanco.
Azul.	Blanco.
Blanco.	Azul.
Negro.	Blanco.
Amarillo.	Negro.
Blanco.	Rojo.
Blanco.	Verde.
Blanco.	Negro.

### SOMBRAS.

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve, es decir unos más cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al ajustarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve.

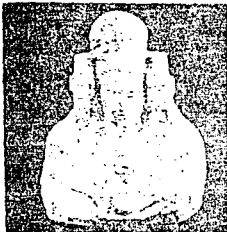


Fig.(10a).- Sombras suaves con luz difusa.  
Bajo efecto de relieve.

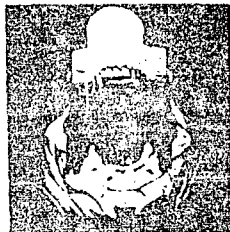


Fig.(10b).- Sombras fuertes con luz dirigida.  
Alto efecto de relieve.

Pero además, para poder captar el relieve de los objetos es preciso que éstos presenten una zona menos iluminada que otras.

Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos.

Las sombras en sí son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde un punto determinado más o menos alejado, y se caracterizan por su profunda oscuridad y dureza con alto efecto de relieve. En contraposición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con luz difusa y se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve.

## DESLUMBRAMIENTO.

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la cual produce una enérgica reacción fotoquímica, insensibilidad durante un cierto tiempo transcurrido, en el cual vuelve a recuperarse.



Fig. (11a) Deslumbramiento directo  
(luz directa)

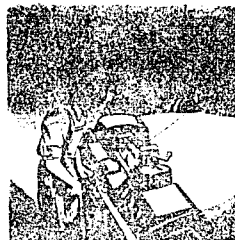


Fig. (11b) Deslumbramiento indirecto  
(luz reflejada)

Los efectos que origina el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molesto) o de tipo fisiológico (perturbador).

En cuanto a la forma de producirse puede ser directo como el proveniente de lámparas, luminarios o ventanas, que se encuentran situadas dentro del campo visual.

Reflejado por superficies de gran reflectancia, especialmente superficies especulares como las del metal pulido.

Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son las iluminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento, siendo el valor máximo tolerable para la visión directa de  $7500 \text{ cd/m}^2$  (nits).

Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45 grados con respecto a la vertical.

En la figura (12), el deslumbramiento tiene lugar dentro del ángulo visual a partir de los 45 grados (zona rayada de la figura), el cual depende de la profundidad (a) y de la altura (h) a que se encuentran las luminarios sobre los ojos.

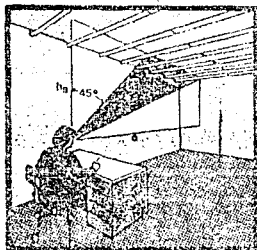


Fig. (12).- Ángulo visual de deslumbramiento.

Por otra parte, una área grande de baja luminancia, como un panel luminoso, o varias lámparas en conjunto (lámparas fluorescentes desnudas) como en la figura (13), cada una de ellas con baja luminancia, puede producir el mismo deslumbramiento que una sola fuente de pequeñas dimensiones con mayor luminancia.

#### LA UBICACION DE LA FUENTE DE LUZ.

Cuando más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión, menor deslumbramiento produce. También disminuye el deslumbramiento a medida que la fuente queda más por encima del ángulo visual.

La situación de las lámparas en la figura (13), están perpendicularmente a la dirección de la mirada del observador, favorece el deslumbramiento.

Debe evitarse el deslumbramiento reflejado situando las fuentes luminosas fuera de la zona ofensiva indicada en la figura (14), siendo lo correcto el que la luz no incida lateralmente como en la figura (15).

#### CONTRASTE ENTRE LA LUMINANCIA DE LA FUENTE DE LUZ Y LA DE SUS ALREDEDORES.

A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento.

Las máximas relaciones de luminancia admisibles en el campo visual del observador, al objeto de evitar el deslumbramiento, se dan en la tabla (2), indicándose en la figura (16), una relación muy favorable de las mismas en un ejemplo práctico.

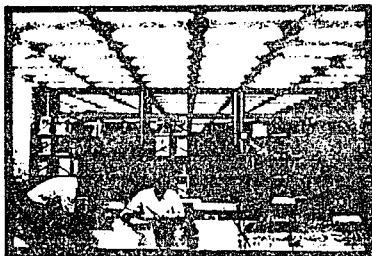


Figura (13).- Deslumbramiento producido por grandes superficies luminosas.

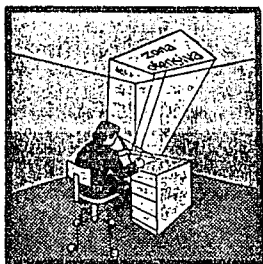


Figura (14).- Zona ofensiva en el deslumbramiento reflejado.

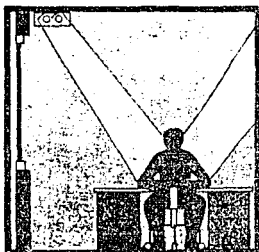


Figura (15).-Correcta dirección de la luz para evitar el deslumbramiento reflejado.

## T A B L A 2

### Máximas relaciones de luminancia admisibles.

Entre la tarea visual y la superficie de trabajo.....	3 : 1
Entre la tarea visual y el espacio circundante.....	10 : 1
Entre la fuente de luz y el fondo.....	4 : 1

### TIEMPO DE EXPOSICION.

Una luminancia de valor bajo puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo.

Dados los efectos tan perjudiciales que produce el deslumbramiento, deben tomarse todas las medidas posibles para evitarlo.



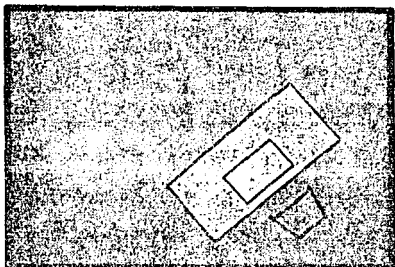


Figura (16).- Relación de iluminancias muy favorables en la iluminación de una oficina.

### AMBIENTE CROMÁTICO.

El color de la luz y los colores sólidos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuando nos rodea.

Los efectos psicofísicos que producen se definen como ambiente cromático.

El ambiente cromático tiene gran influencia en el estado de ánimo de las personas, por lo que, en la iluminación de un recinto, local o habitación, las intensidades de iluminación, el color de la luz, su producción cromática y los colores de las superficies interiores, deben estar perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

Como indicación general, si las intensidades de iluminación son bajas, los colores apropiados deben ser cálidos, y si, son mayores, blancos o luz día.

## **CAPITULO IV**

**LUZ E ILUMINACION.**

## LUZ E ILUMINACION.

Son dos conceptos muy distintos, que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. 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.

Se propaga en el espacio como un movimiento ondulatorio transversal producido en un campo eléctrico y magnético, a la velocidad de 300,000 Km/Seg.

El espectro electromagnético comprende desde las ondas más cortas de millonésimas de milímetros, tales como la radiación cósmica pasando por los rayos gama hasta los rayos visibles, limitados estos, por ambos lados por las regiones ultravioleta e infrarroja, siguiendo hasta las ondas hertzianas, cuyas longitudes se miden por metros y kilómetros.

La radiación visible, es decir, la que actúa sobre el ojo esta comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 380 a 780 Nanómetros.

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

$$1 \text{ metro} = 10^9 \text{ Nanómetros.}$$

$$1 \text{ metro} = 10^6 \text{ Micrones.}$$

La relación que asocia a la frecuencia y la longitud de onda en el espacio libre es:

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

donde:

$f$  = es la frecuencia

$v$  = la velocidad en el espacio libre

$\lambda$  = es la longitud de onda

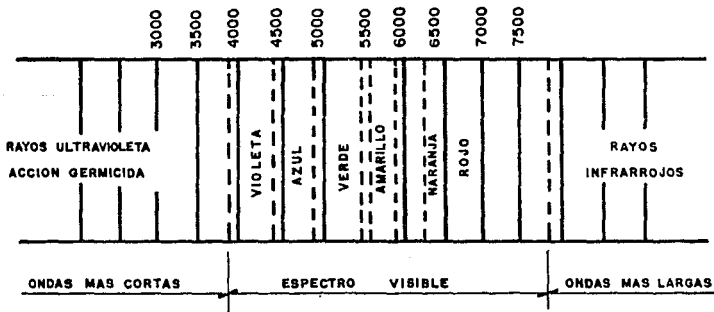


Figura (17).- Longitud de onda en angstroms.

## CANTIDAD DE ILUMINACION.

Es la cantidad de luz que producirá brillantez sobre la tarea visual y sus alrededores, en la cual intervienen los siguientes factores que son:

**TAMAÑO.-** Cuando mas grande sea un objeto en terminos de ángulo visual (ángulo sustentado del objeto al ojo) mas rapidamente podra verse. La persona que trae cerca de sus ojos un objeto pequeño para verlo mas claramente, esta inconcientemente usando el factor tamaño para incrementar el ángulo visual.



Figura (18)

**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.

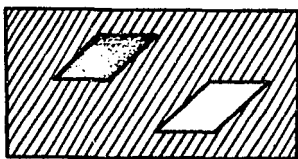


Figura (19).- Brillantez de un objeto

**CONTRASTE.-** Es tan importante como el nivel de brillantez general, es el contraste de brillantez ó color entre el 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 puede tener condiciones de alto contraste.

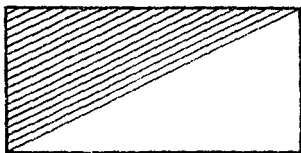
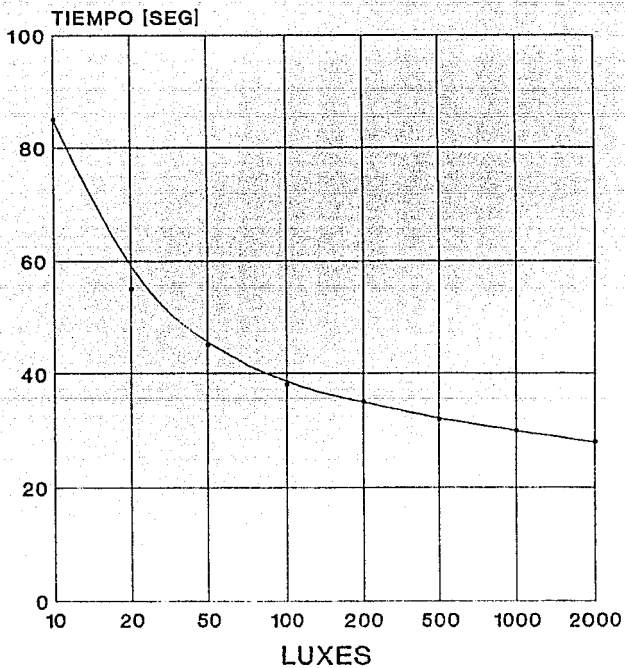


Figura (20).- Tipo de contraste.

**TIEMPO.-** La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños si se le da el tiempo suficiente para que se realice el proceso visual.

Al aumentarse el nivel de iluminación aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo la velocidad de percepción. En la gráfica siguiente se muestra lo explicado anteriormente, se observa que a mayor nivel de iluminación se requiere menor tiempo para la realización de un trabajo visual.



Gráfica de nivel de iluminación contra tiempo de percepción.

## CALIDAD DE ILUMINACION.

Se le atribuye a la distribución de la brillantez en el medio ambiente visual y que incluye el color de la luz, dirección, difusión, grado de deslumbramiento, acabados interiores del local, muebles, maquinarias, etc.

Cada uno de los dos factores anteriores son independientes uno del otro, es decir, que un sistema de iluminación puede tener cantidad de luz pero carecer de calidad de iluminación ó viceversa.

Un buen sistema de iluminación es aquel que cubre ampliamente las dos parte mencionadas anteriormente.

Para llevar a cabo lo anterior en forma eficiente y económica, es necesario controlar los rayos luminosos de las lámparas en la forma adecuada. El control de los rayos luminosos tiene dos objetivos:

- 1.- Dirigir los rayos luminosos hacia donde sea necesario.
- 2.- Evitar que los rayos luminosos incidan directamente sobre los ojos de las personas, con el propósito de no causar deslumbramientos.

Se entiende por control de los rayos luminosos a la acción de cambiar de dirección a los mismos. Ese control se puede lograr por: reflexión, refracción, polarización, interferencia, difracción, difusión y absorción.

Los medios más empleados en iluminación para el control de la luz son la reflexión y la refracción.



El control por medio de reflexión, aprovecha la propiedad de algunos materiales de poder reflejar los rayos de luz que inciden sobre ellos, como por ejemplo, aluminio pulido o lámina de acero cromada o niquelada. La dirección de los rayos luminosos reflejados depende de la forma que tenga la superficie reflectora y de la colocación de la fuente luminosa.

La reflexión también se puede llevar a cabo por medio de prismas de plástico o vidrio transparente.

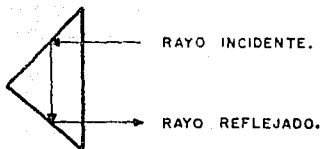


Figura (21a).- Prisma cristalino.

La refracción de la luz se hace exclusivamente por medio de prismas de plástico o vidrio transparente, que de acuerdo con su ángulo y disposición relativa a la fuente luminosa desvían o redirigen los rayos luminosos en diversas direcciones.



Figura (21b).- Prisma cristalino.

La refracción prismática aunada a la reflexión prismática, es el medio más eficiente de control de luz, ya que se puede dirigir los rayos luminosos hacia el lugar preciso en que son necesarios, cosa que no se puede hacer con las superficies metálicas, por tener que construir reflectores de configuración muy complicada.

Además, en estas superficies brillantes se tiene el inconveniente de muchas pérdidas por absorción y por dispersión, al mismo tiempo de que son susceptibles de sufrir deterioros por rayaduras, que afectan gravemente su eficiencia; cosa que no sucede con los elementos de cristal prismático por poder restaurar su eficiencia inicial con una limpieza periódica.

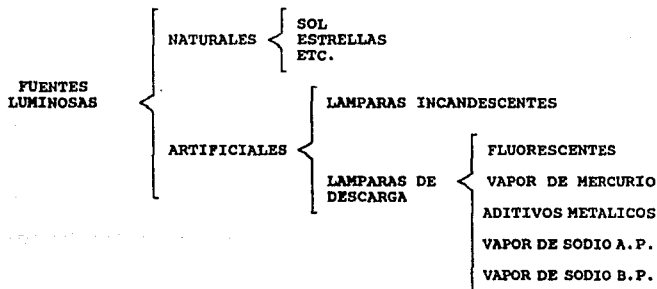
**CAPITULO V**

**FUENTES LUMINOSAS.**

# FUENTES LUMINOSAS.

Es toda materia o dispositivo en que parte de la energía radiante que produce, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético (3800 - 7600 Å).

## CLASIFICACION.



Nuestro objeto es el estudio de las fuentes artificiales.

## FUENTES ARTIFICIALES.

Desde las primeras edades, el hombre utilizó numerosos tipos de combustibles para producir luz artificial.

Entre ellos los aceites, las grasas, las ceras, la leña, el petróleo y el gas. Todos estos materiales contienen carbón y sus partículas candentes o incandescentes son las que producen la luz.

Edison escogió el carbón para el filamento de su primera lámpara incandescente práctica. Este principio ha permanecido constante, desde su invención en 1879. Pero los avances logrados han multiplicado muchas veces el rendimiento de la lámpara incandescente moderna.

En esta época de grandes adelantos técnicos, están logrando gran aceptación otros tipos de alumbrado.

El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular desde su descubrimiento en 1938. Su característica principal consiste en no producir la luz desde un solo centro luminoso, si no por la radiación suave y difusa en toda la extensión de sus tubos, eliminando resplandores y sombras acentuadas, con lo que se reduce el esfuerzo visual.

El alumbrado fluorescente ha llegado a ser la fuente normal de iluminación en las nuevas construcciones y un sistema óptimo para modernizar los edificios antiguos.

Hasta el momento el alumbrado fluorescente no ha desplazado al alumbrado incandescente, pudiéndose decir que existen aplicaciones ideales para cada uno de ellos.

Desde su invención en 1901 la iluminación con lámparas de vapor de mercurio ha tenido un desarrollo dramático. Su mejoramiento técnico y sus nuevas aplicaciones han acelerado su uso durante los últimos veinte años. Las lámparas de vapor de mercurio ofrecen tres veces mayor cantidad de luz que las lámparas incandescentes de la misma potencia y su duración llega a ser hasta ocho veces mayor que la de las lámparas incandescentes para iluminación de calles.

Son extraordinariamente resistentes y versátiles, lo que las hace ideales para una gran variedad de usos, tanto en iluminación exterior como en instalaciones industriales.

Además, son compactas y fáciles de manejar, instalar y reemplazar.

Las primeras que se instalaron en la República Mexicana quedaron colocadas en la Ciudad de Torreón.

Desde entonces a la fecha se han cambiado casi todos los sistemas de alumbrado público de las principales ciudades de la República por lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.) Lo mismo puede decirse en relación con el ramo industrial.

## LAMPARAS INCANDESCENTES.

### PARTES PRINCIPALES

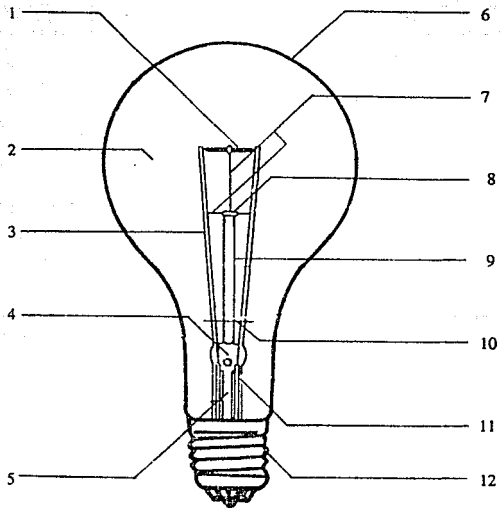


Figura ( 22 ).- Partes Principales de la Lámpara Incandescente.

## **1.- FILAMENTO**

Generalmente hecho de tungsteno. Puede ser un alambre en espiral sencillo o en doble espiral.

## **2.- GAS**

Normalmente una mezcla de nitrógeno y argón para retardar la evaporación del filamento. Se usa en lámparas de 40 watts y más.

## **3.-ELECTRODOS**

Entre el casquillo y la prensa son de cobre. Desde la prensa hasta el filamento son de níquel.

## **4.- PRENSA**

Los electrodos, obturados herméticamente en el vidrio, son una combinación de núcleos de aleación de hierro y níquel dentro de manguitos de cobre (hilo Dumet). Se asegura un factor de dilatación igual al del vidrio.

## **5.- TUBO DE VACIO**

Durante la fabricación, por este tubo se introducen gases inertes a la bombilla. Entonces se obtura y se corta al tamaño debido para cubrirlo con el casquillo.

## **6.- BOMBILLA**

Casi siempre de vidrio blando. Hay lámparas de vidrio duro para resistir intemperie y temperaturas elevadas.

## **7.- SOPORTES**

Sostienen y posicionan el filamento de molibdeno.

## **8.- BOTON**

Se forma con el vidrio caliente. En él se colocan los soportes.



### **9.- VASTAGO DE SOPORTE**

Es una varilla o tubo de vidrio que dá apoyo al botón.

### **10.- DEFLECTOR**

Se usa en las lámparas de mayor potencia cuando es necesario reducir la circulación de los gases calientes hacia el cuello de la bombilla.

### **11.- FUSIBLE**

Se saltan arcos en el filamento, al fundirse protege el circuito.

### **12.- CASQUILLO**

Generalmente roscado. Es de latón o aluminio. Un conductor se suelda al contacto central y el otro al borde superior de la base.

Es un dispositivo para transformar energía eléctrica en energía luminosa. Esto se logra calentando un filamento hasta la incandescencia, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de él.

No obstante su compleja naturaleza técnica se fabrica en cantidades inmensas lo que hace posible su muy bajo precio unitario.

Cada lámpara exige un proceso de fabricación que supera en precisión a los que se usan en relojería fina.

Esta bombilla cristalina, con casquillo roscado y su estructura interior de finos alambres da luz con solo mover un interruptor.

Los electrodos conducen la corriente desde la fuente a través del filamento y otra vez hacia afuera.

Con el paso de la corriente el filamento de tungsteno se calienta " al blanco ", alcanzando una temperatura de 2482 grados centígrados, que equivale al doble del punto de fusión del acero.

El resplandor radiado por ese gran calor es la incandescencia, que la vista percibe como luz.

A pesar de esa alta temperatura el filamento no se funde por que la temperatura de fusión del tungsteno es superior. No puede haber combustión por que la atmósfera carece de oxígeno, puesto que previamente se hizo el vacío y se llenó con gases inertes.

Así se crea una radiación dentro del espectro visible (luz) durante la " vida " del filamento.

## EFICACIA.

La eficacia de una lámpara es la cantidad de luz ( medida en lúmenes ) emitida por unidad de energía consumida ( watts ).

Ejemplo: Una lámpara normal de 60 watts con una producción lumínica nominal de 820 lúmenes tiene una eficacia de 13.66 lúmenes por watts, resultado de la división de la producción lumínica entre el número de watts de la lámpara.

Las lámparas incandescente modernas de 25 a 100 watts tiene una eficacia de 10 a 16 lúmenes por watt. En tamaños mayores, de 150 a 1500 watts, la eficiencia es de 18 a 22 lúmenes por watt.

Mientras mas alta la potencia, mayor la eficacia en lúmenes por watt.

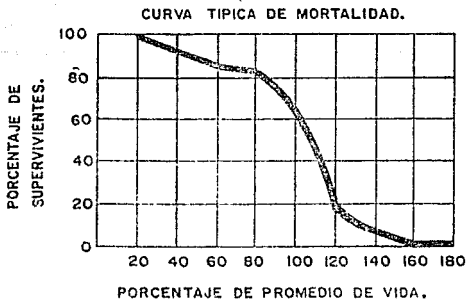


Figura ( 23 ).- Curva Típica de Mortalidad.

## VIDA DE LA LAMPARA.

Tanto el flujo luminoso como la vida de la lámpara están determinados por la temperatura de trabajo de su filamento.

A mayor temperatura en una lámpara dada, mayor será su eficacia (lúmenes por watt) y más corta su vida. Vida y eficacia son inversamente proporcionales. Una lámpara puede ser proyectada para una vida larga a expensas de la eficacia y viceversa.

Los factores de eficacia, duración y consumo de energía se equilibran al proyectar el tipo de lámpara que mejor se adapte a cada finalidad. Se busca así la máxima cantidad de luz y la mayor duración posible con el consumo más bajo de energía.

El promedio de vida que el fabricante señala no significa una garantía del funcionamiento de una lámpara concreta, sino la duración media de grandes muestras de lámparas de ese mismo tipo.

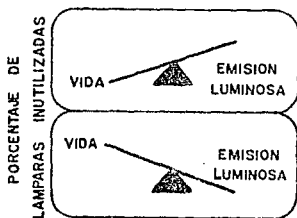


Figura ( 24 ).- Promedio de vida.

## **VENTAJAS DE LA LAMPARA INCANDESCENTE.**

- \* Fuente de luz concentrada, la cual es fácil de dirigir hacia el lugar u objeto que se quiere iluminar.
- \* Trabaja eficientemente cualquiera que sea la temperatura de operación.
- \* Encendido instantáneo.
- \* Adaptable a cualquier necesidad gracias a su gran variedad de modelos.
- \* Excelente definición de colores en la mayor parte de las aplicaciones ópticas.
- \* Muy fácil reemplazo.
- \* Se puede aumentar o reducir su intensidad luminosa por medio de reóstatos o variando la tensión.
- \* Trabaja indistintamente con corriente alterna o continúa.
- \* No requiere equipo extraordinario para su instalación.
- \* Bajo costo de lámpara y de instalación.

En la tabla ( 3 ), se mencionan algunos datos de lámparas incandescentes.

TABLA DE DATOS DE LAMPARAS

INCANDESCENTES

WATTS	VOLTS (TENSION DE OPERACION)	LUMENES INICIALES	VIDA APROX EN HORAS	EFICACIA EN LUMENES/ WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO •	ACABADO	LONGITUD TOTAL EN mm
40	125	465	1000	12	0.875	MEDIA	A-19	PERLA o CLARO	108
60	125	870	1000	15	0.93	"	"	"	112
60	220	430	1000	9	0.93	"	"	"	"
75	125	1098	1000	15	0.92	"	"	"	"
100	125	1565	1000	16	0.905	"	"	"	"
100	220	1250	1000	13	0.90	"	"	"	"
150	125	2300	1000	15	0.895	"	A-23	"	157
150	220	2100	1000	14	0.87	"	"	"	"
200	125	3500	1000	18	0.85	"	PS-25	"	176
200	220	3000	1000	15	0.90	"	"	"	"
300	125	5750	1000	19	0.825	"	PS 30	"	204
300	220	4830	1000	16	0.89	"	"	"	"
500	125	9225	1000	20	0.89	MOGUL	PS-40	"	247
500	220	6900	1000	18	0.97	"	"	"	"
1000	220	19500	1000	20	0.82	"	PS-52	"	331

\*NOTA: LA LETRA INDICA LA FORMA DEL BULBO U BOMBILLO Y EL NUMERO QUE LE SIGUE EL DIAMETRO MAXIMO DEL MISMO EN OCTAVOS DE PULGADA.

EJEMPLO: PS-40  
PS-PERA CON CUELLO RECTO  
40/8" DE DIAMETRO

DEPTO. DE PROYECTOS HOLOPHANE

## LAMPARAS FLUORESCENTES

El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular casi desde su descubrimiento en 1938. Este nuevo tipo de alumbrado no produce luz desde un solo centro o núcleo luminoso, sino que la radia suave y difusamente por toda la extensión de sus tubos sin producir resplandores ni sombras acentuadas.

Esta luz más fresca y más eficiente reduce el esfuerzo visual y facilita el ver y trabajar mas que cualquier otra antes disponible.

La lámpara fluorescente es una fuente que produce luz por medio de una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión. La radiación de mercurio en éstas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible (luz).

La cromaticidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes para cada lámpara en particular; así una lámpara de luz de día hará resaltar los colores azules, opacando los rojos; una de blanco frío resaltará los colores naranja, amarillo y verde y opaca los colores azules y los rojos; una de blanco cálido hará que se vean más vivos los colores rojos y que los azules se vean grisáceos.

Para lograr una respuesta de color uniforme a lo largo de todo el espectro, se ha desarrollado el color natural; con el cual se tiene la mejor respuesta de color; es decir, toda la gama de colores se observa con igual intensidad.

Cuando se aplica la tensión conveniente, se produce un flujo de electrones que se desplazan a gran velocidad entre los cátodos.

La colisión entre estos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación cuyo resultado es la emisión de radiaciones, principalmente en la región ultravioleta del espectro, a 253.7 Nanómetros. Los polvos fluorescentes transforman esta energía ultravioleta en energía visible (luz).

Los cátodos son de hilo de tungsteno doblemente espiralizado (cátodo caliente), y están recubiertos de una materia emisiva (óxido de bario, estroncio y calcio), que cuando se calienta emite electrones.

El proceso se llama emisión termiónica porque los electrones son emitidos mas como resultado del calor desarrollado que de la tensión aplicada. Se crea una zona caliente en el cátodo, en el punto en que el arco salta y se produce un flujo contínuo de electrónes.

### **COMO PRODUCE LUZ LA LAMPARA FLUORESCENTE.**

- 1.- Hay un cátodo, consistente en un filamento de tungsteno revestido de óxidos en cada extremo de la lámpara. Al calentarse por el paso de corriente eléctrica, se produce una nube de electrones al rededor de cada cátodo.
- 2.- Según va alternando la corriente, una onda de alta tensión establece una corriente de electrones entre los dos cátodos en ambas direcciones.
- 3.- Los electrones chocan con los átomos de argón y de mercurio produciéndose rayos ultravioleta invisibles.



4.- Al incidir los rayos ultravioleta sobre los polvos fluorescentes que cubren las paredes interiores del tubo se transforman en luz visible.

#### PARTES PRINCIPALES.

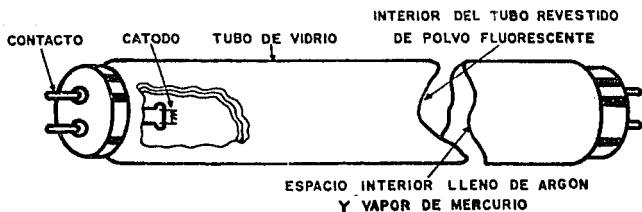
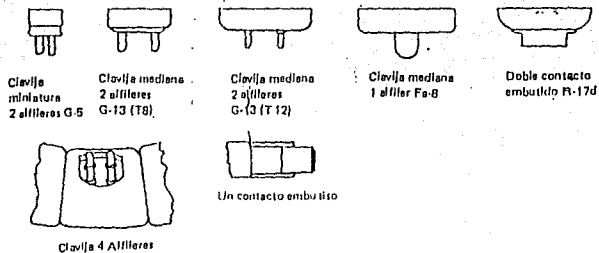


Figura ( 25 ).- Partes principales de una lámpara fluorescente.

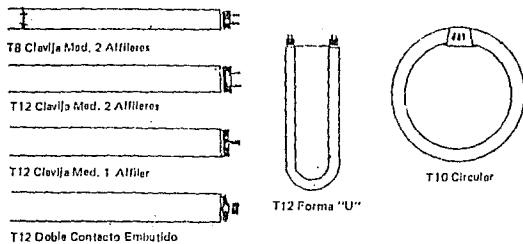
## **VENTAJAS DE LA LAMPARA FLUORESCENTE.**

- \* Tres veces más luz por watt de energía consumida conservando su brillo más tiempo.
- \* Dura más de siete veces que una lámpara incandescente de igual potencia.
- \* Mayor cantidad de luz visible y menor calor radiante que la lámpara incandescente.
- \* Luz cómoda y fresca.
- \* Menos resplandor y sombras más suaves.
- \* No necesita pantalla.
- \* Mayor variedad de matices cromáticos para fines decorativos.
- \* Mayor rendimiento, gran duración y perdurable potencia lumínica comparada con una lámpara incandescente.

## FIGURA 27. BASES PARA LAMPARAS FLUORESCENTES



## BULBOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.



**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES**

WATTS		ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
22	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1050	12000	48	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 φ	RAPIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	850	12000	39	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 φ	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1900	12000	59	0.82	4 ALFILERES	T-10	30.48 φ	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1500	12000	47	0.82	4 ALFILERES	T-10	30.48 φ	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2600	12000	65	0.77	4 ALFILERES	T-10	40.64 φ	RAPIDO
20		BLANCO FRIO	1300	9000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20		LUZ DE DIA	1075	9000	54	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
21		LUZ DE DIA	1030	7500	49	0.81	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	60.96	INSTANTANEO
39		BLANCO FRIO	3000	9000	77	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
39		LUZ DE DIA	2500	9000	64	0.82	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
40		BLANCO FRIO	3150	12000	79	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40		LUZ DE DIA	2800	12000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40	TIPO "U"	BLANCO FRIO	2900	12000	73	0.84	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	57.15	RAPIDO
75		BLANCO FRIO	6300	12300	84	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75		LUZ DE DIA	5450	12000	73	0.89	SLIMLINE UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
ALTA DESCARGA H.O. 800 mA										
60		BLANCO FRIO	4300	12000	72	0.92	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
85		BLANCO FRIO	6650	12000	78	0.72	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
110		BLANCO FRIO	9200	12000	84	0.82	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
110		LUZ DE DIA	7800	12000	71	0.82	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
MUY ALTA DESCARGA V. H. O. 1500 mA										
110		BLANCO FRIO	6250	10000	57	0.69	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
165		BLANCO FRIO	9500	10000	60	0.72	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
215		BLANCO FRIO	14500	10000	67	0.72	2 CONTACTOS EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
POWER GROOVE 1500 mA										
110		BLANCO FRIO	7450	12000	68	0.69	2 CONTACTOS EMBUTIDA	PG-17	121.92	RAPIDO
165		BLANCO FRIO	11500	12000	70	0.69	2 CONTACTOS EMBUTIDA	PG-17	182.88	RAPIDO
215		BLANCO FRIO	16000	12000	74	0.69	2 CONTACTOS EMBUTIDA	PG-17	243.84	RAPIDO

## LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Las lámparas de vapor de mercurio pertenece a la clasificación conocida con el nombre de lámparas de descarga de alta intensidad lumínica, identificadas en inglés con las letras H.I.D. ( High Intensity Discharge ). En las lámparas de este tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en la lámpara incandescente.

La primera lámpara de vapor de mercurio de uso práctico fué construída por Peter Cooper Hewitt en el año de 1901. Era de forma tubular y medía 1.22 mts. (como cuatro pies) de largo.

Producía una luz de un color característico verdeazulado de gran eficacia, en comparación con las lámparas incandescentes de aquellos días. La primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión, similar a las usadas en la actualidad, hizo su aparición en el año de 1934 en la potencia de 400 watts.

La potencia de las lámparas actuales fluctúa entre 40 y 1500 watts.

El circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio típica, se muestra en la figura ( 28 ).

Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular; para ajustar el voltaje de distribución del circuito de alumbrado al voltaje que requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento. Este control de la corriente es necesario debido a que la lámpara de vapor de mercurio, como todas las fuentes de luz de descarga, tiene la característica de " resistencia negativa " : Una vez encendida, el arco se desboca tomando excesiva corriente la cual destruiría la lámpara si no se controlara por medio de un balastro.

Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque. Lo anterior ioniza el gas argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque.

Cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio, distribuidos ambos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga entre los electrodos de operación. Esto vaporiza más mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable.

Después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que el potencial, a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose, en esta forma, el flujo de descarga entre los electrodos de operación.

Los iones y electrones que componen el flujo de corriente (o "descarga del arco" ), se ponen en movimiento a velocidades fantásticas a lo largo del trayecto existente entre los dos electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco. El impacto producido por los electrones y los iones que viajan a enorme velocidad por el gas o vapor circundante, cambian ligeramente su estructura atómica. La luz se produce de la energía emitida por los átomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.

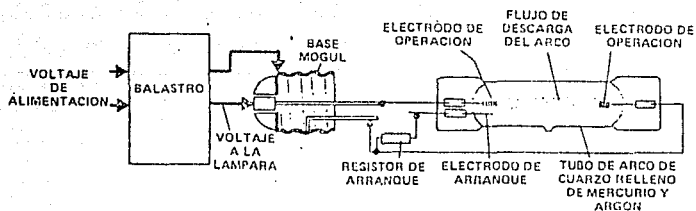


Figura ( 28 ).- Circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio.

## **CONSTRUCCION DE LA LAMPARA.**

En la figura ( 29 ), se muestra las partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio. A pesar que existen muchos tamaños y formas, los tipos más comúnmente usados están construídos a base de dos bulbos ( bombillos ), uno exterior, a manera de cubierta, y otro interior, que es el tubo de arco. El tubo de arco, fabricado de cuarzo, contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

El bulbo exterior llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger al tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.



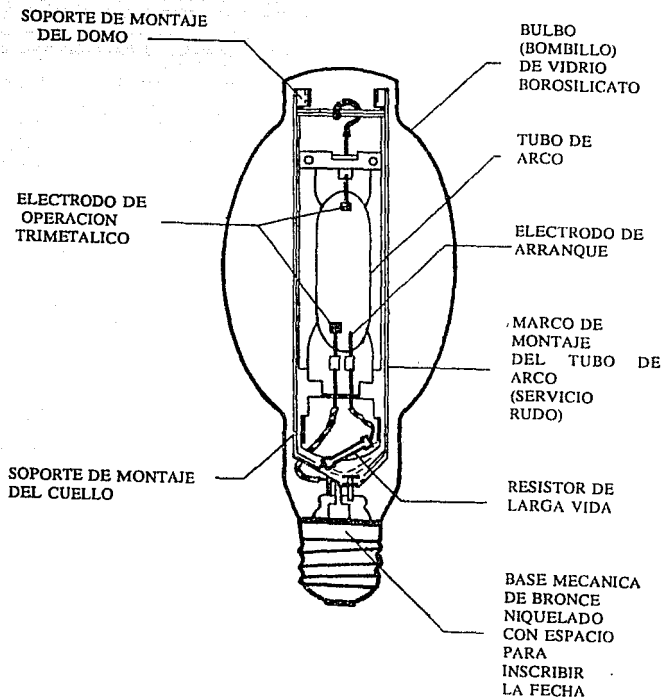
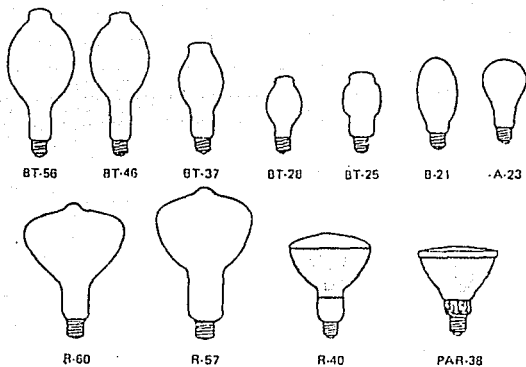


Figura ( 29 ). Partes básicas de la lámpara de Vapor de Mercurio.

**FIGURA 30. TAMAÑOS Y FORMAS DE BULBOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO**



## **RECOMENDACIONES.**

La lámpara de vapor de mercurio debe usarse solamente en luminarios con circuitos equipados apropiadamente.

La operación con equipo incompatible, puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.

A pesar de que la lámpara de vapor de mercurio de base media puede usarse en portalámparas ordinarios (base media), nunca deberán instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado, requerido para la operación de lámparas de vapor de mercurio.

Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.

Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y la piel.

No deberá de someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causar su rotura.

A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere de una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante su funcionamiento.

DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA APROX. EN HORAS	EFICACIA EN LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION L.L.D.	BASE	BULBO	LONG TOTAL APROX. EN CMS
100	BLANCO DE LUJO	4200	24,000	42	0.82	MOGUL	BT - 25	19.1
175	BLANCO DE LUJO	8600		49	0.89		E - 28	21
							E - 28	21
250	BLANCO DE LUJO	12100		48	0.84		E - 28	21
							E - 28	21
400	BLANCO DE LUJO	22500		58	0.86		BT - 37	29.2
							BT - 37	29.2
							BT - 46	36.8
1000	BLANCO DE LUJO	63000		63	0.77		BT - 56	39
							BT - 56	39

T A B L A 5

## LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO.

La lámpara de vapor de sodio es el tipo más eficaz de la familia de las lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.).

La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura.

Sus características físicas, eléctricas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámparas de descarga de alta intensidad ( H.I.D. ).

Las ventajas de una lámpara con arco de descarga, de vapor de sodio a alta presión, son conocidas desde hace varios años.

El desarrollo práctico de una lámpara que tuviera características de larga vida para uso de iluminación general, requirió de descubrimientos sensacionales en el campo de la tecnología de materiales. El desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminum oxide), fué la clave para poder fabricar lámparas de vapor de sodio a alta presión para usos prácticos, este material es extremadamente resistente al ataque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y adicionalmente, cuenta con características excelentes para la transmisión de luz visible.

El principal elemento de radiación en el tubo de arco de la lámpara es el sodio. Sin embargo, contiene mercurio como gas corrector del color y, adicionalmente, para controlar el voltaje.

También existe una pequeña cantidad de xenón, en el tubo de arco, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.

Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos, debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficacia y, además, al hecho de no usar electrodos de arranque sino unicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque, se logra por medio de un circuito electrónico ( ignitor ), que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro.

El "ignitor" provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo del voltaje de alimentación.

El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y, de esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara.

La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio. Después de un período de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde, en el flujo del arco, a través de varios mecanismos.

Debido al cambio de la relación de presiones de sodio y vapor de mercurio, el voltaje de arco se incrementa.

Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que el balastro pueda sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará, calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue.

Cuando la secuencia de operación se repite regularmente, se dice que esta ciclando. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentan la característica de ciclo cuando su vida ha llegado al final.

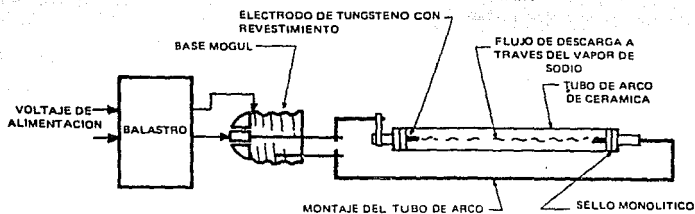


Figura ( 31 ).- Circuito eléctrico de la lámpara de vapor de sodio.

La lámpara de vapor de sodio requiere de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, un poco menor que el período requerido por una lámpara de aditivos metálicos o de vapor de mercurio. Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz. Inicialmente existe un débil resplandor azul-blanco producido por la ionización de xenón, el cual es rápidamente reemplazado por un brillante color azul, típico de la luz de mercurio. Con un incremento en la brillantez, se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Así, cuando la presión en el tubo de arco se incrementa, la lámpara logra su completa brillantez produciendo una luz blanca dorada. Si existe una interrupción momentánea de energía, el tiempo de re-encendido será de aproximadamente un minuto.

## CONSTRUCCION DE LA LAMPARA.

Los componentes básicos de una lámpara de vapor de sodio se muestran en la figura (32). Al igual que las lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos, este tipo de lámparas se fabrican con dos envoltentes: Un bulbo exterior "cubierta" y uno interior "tubo de arco". El tubo de arco cerámico contiene los electrodos, amalgama de mercurio-sodio y una pequeña cantidad de xenón. El envoltente o bulbo exterior de vidrio, resistente a la intemperie (borosilicato), protege al tubo de arco y, debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección originadas en el tubo de arco, asegurando en esta forma una alta eficacia.



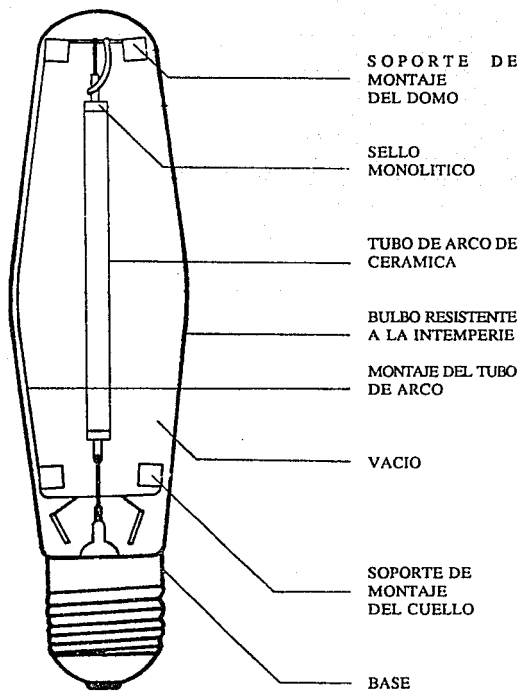


Figura (32).- Componentes básicos de la lámpara de vapor de sodio

El tubo de arco en la lámpara de vapor de sodio es largo y esbelto, se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino. La geometría del tubo esta determinada por los requerimientos de alta temperatura para vaporizar el sodio. Se requiere que la cerámica resista esas temperaturas. El material del tubo de descarga es translúcido y adecuado para la transmisión y generación de luz en lámparas de alta intensidad de descarga, con una transmitancia de aproximadamente 95 por ciento en las longitudes de onda de luz visible. Debido a que el material no contiene impurezas ni pequeños poros, el material de fabricación del tubo de arco es altamente resistente al efecto corrosivo del sodio a alta temperatura. El sodio a altas temperaturas deteriora al cuarzo o cualquier otro material similar rapidamente.

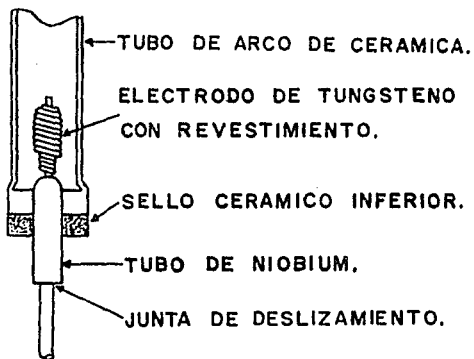


Figura ( 33 ).- Construcción monolítica.

## RECOMENDACIONES.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión debe usarse solamente en luminarios con circuito apropiadamente equipado. La operación con equipo que no se compatible, puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo causar heridas personales o daños al equipo. Se recomienda desconectar el circuito al quitar o colocar una lámpara.

Si el bulbo exterior se rompe, debiera desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de los rayos ultravioleta, que puede ser dañina a los ojos o a la piel.

Debido a que el bulbo exterior de la lámpara se encuentra al vacío, puede implotar si se rompe. Por lo tanto no debe someterse el bulbo a ninguna presión.

No debe existir ningún metal en contacto con el bulbo exterior de la lámpara, y debe de estar eléctricamente aislado para evitar la descomposición del vidrio.

A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con el objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante la operación.

## LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

La lámpara de aditivos metálicos corresponde a la familia de las lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.) y es la fuente de luz blanca mas eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes.

Fisicamente, la lámpara de aditivos metálicos es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones exteriores correspondientes a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. Internamente, difieren considerablemente de estas últimas. La construcción de una lámpara de aditivos metálicos se muestra en la figura (34). En la actualidad estas lámparas se encuentran disponibles en potencias de 175 a 1500 watts, en paquetes desde 14,000 a 155,000 lúmenes.

### CONSTRUCCION DE LA LAMPARA

La lámpara de aditivos metálicos tiene un tubo de descarga de cuarzo, ligeramente menor que el correspondiente a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. El tubo de arco contiene gas argón y mercurio, mas yoduros de torio, sodio y escandio.

Estos tres materiales son los responsables del excelente comportamiento de esta extraordinaria fuente luminosa. Los extremos del tubo de descarga tienen una pantalla térmica (revestimiento), cuya función es controlar la temperatura en estas áreas durante la operación. El control de la temperatura es esencial durante la operación de la lámpara de aditivos metálicos.

La lámpara de aditivos metálicos se fabrica con un montaje para tubo de arco en dos secciones. Esta división es necesaria debido a la alta actividad electroquímica del sistema de aditivos, debido a la cual se requiere el máximo aislamiento de las partes metálicas del tubo de arco.

El montaje de tubo de descarga incluye soportes en el cuello y domo, lo que proporciona un montaje muy durable y resistente, adecuado para el servicio rudo y la vibración. El bimetálico debe permanecer cerrado durante la operación de la lámpara, para evitar un corto circuito entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Con esto se evita una caída de tensión entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación, eliminando la falla por electrólisis en el sello del tubo de arco. Algunas lámparas de aditivos metálicos usan un diodo de estado sólido y un cortacircuito bimetálico. El diodo se encuentra en serie con el cortacircuito bimetálico durante la operación de calentamiento de la lámpara. El bulbo exterior de borosilicato (vidrio duro) protege las partes internas y también absorbe la radiación ultravioleta originada en el arco.

### BULBO DE VIDRIO BOROSILICATO

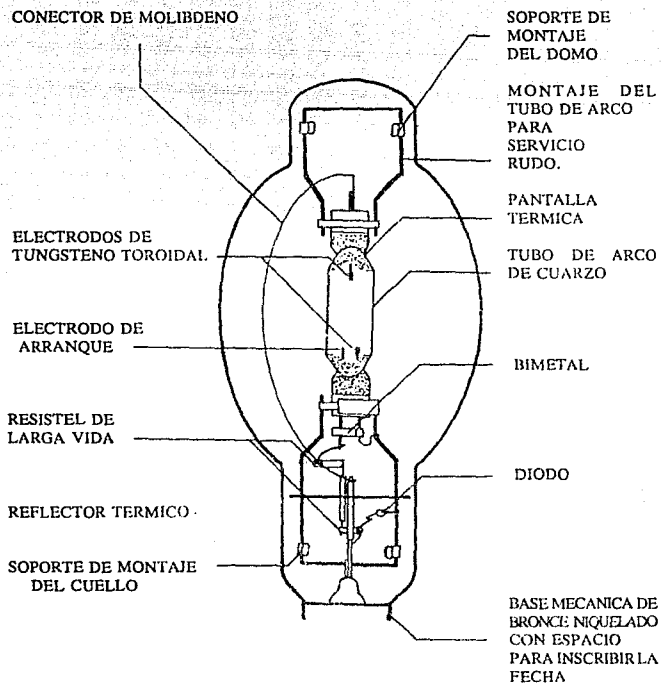


Figura (34).- Construcción de la lámpara de aditivos metálicos

## PRINCIPIOS Y CARACTERISTICAS DE OPERACION.

La descarga de la lámpara de aditivos metálicos, difiere en forma significativa del sistema de vapor de mercurio. En una lámpara de vapor de mercurio, todo el material de descarga se encuentra en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio.

Los yoduros aditivos, en el sistema de aditivos metálicos, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo de arco; por lo tanto, algunos de los materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo de arco. El fenómeno antes descrito, ejerce gran influencia sobre algunas características de las lámparas de aditivos metálicos.

La lámpara de aditivos metálicos, hace uso del mismo principio de arranque de las lámparas de vapor de mercurio, pero difieren significativamente en características y requerimientos de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos, en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara de aditivos metálicos. Cuando existe suficiente ionización se establece un flujo de electrones entre los electrodos principales.

Una vez establecido el arco, la lámpara empieza a calentarse.

Conforme la temperatura se va incrementando, los aditivos metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la naturaleza del sistema de yoduros de aditivos metálicos, las exigencias básicas del balastro son más severas que las requeridas en el balastro usado en lámparas de vapor de mercurio.

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara tiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y adicionalmente, mucha de la energía radiada se desplaza a áreas del espectro donde la lámpara de vapor de mercurio es deficiente. Debido a que todas las longitudes de onda o colores están presentes en el balance aceptable, la apariencia del color de la lámpara es blanco, dando como resultado un excelente rendimiento cromático.

La segunda ventaja de la lámpara de aditivos metálicos, en comparación con la lámpara de vapor de mercurio, es su eficacia substancialmente mayor. En general, sobre la base de lámparas de la misma potencia, la lámpara de aditivos metálicos tiene una eficacia superior entre el 65 y 70%.

A pesar de que la lámpara de aditivos metálicos tiene excelente calidad de color para la mayoría de los usos; las necesidades de interiores, tales como en tiendas, supermercados y otras instalaciones comerciales requieren mayor rendimiento de color.

Para estos casos se recomienda otros tipos de lámparas de aditivos metálicos, las cuales tienen un recubrimiento de fósforo, con el cual se incrementa el porcentaje de rojos, naranja, así como las longitudes de onda de los amarillos en el espectro.

## **POSICION DE OPERACION**

Las lámparas de aditivos metálicos, en su mayoría se fabrican en dos tipos: "Base Horizontal" (BU-HOR) y "Base abajo" (BD). Para potencias de 250, 400, 1000 y 1500 watts, las lámparas base arriba, están diseñadas para operar en posiciones que varían de base arriba a horizontal; la lámpara base abajo de la posición base abajo hacia arriba, pero sin llegar a la horizontal.



La lámpara de 175 watts base arriba y base abajo deberá operarse únicamente en posiciones que estén dentro de los 15 grados de vertical. Los tipos de lámparas base arriba (BU) y base abajo (BD) difieren en la localización del bimetal y del electrodo de arranque.

Las lámparas de 175 y 250 watts deberán de operarse en luminarios cerrados. Las lámparas de 400 y 1000 watts, cuando operan en posición horizontal o dentro de los 60 grados de la horizontal, deberán instalarse en luminarios cerrados. Así mismo, la lámpara de 1500 watts deberá operarse solamente en luminarios cerrados, independientemente de su posición de operación.

#### **EFEECTO DE LA POSICION DE OPERACION.**

Los datos característicos de las lámparas de aditivos metálicos se establecen con la lámpara operada en posición vertical y horizontal; cuando es operada en otra posición diferente a la vertical, los watts y la producción lumínica decrecen ligeramente, así como el mantenimiento de lúmenes y los lúmenes medios a través de las horas de vida. Las posiciones de operación que producen la menor emisión lumínica (y deberán por lo tanto evitarse) son aproximadamente entre 20 - 30 grados de la horizontal (60 - 70 de la vertical). En posiciones de operación diferentes a la vertical, el arco tiende a colocarse en la parte superior, de tal modo que producirá una distribución de temperatura no uniforme en las paredes del tubo de arco, dando como resultado una operación menos eficiente.

#### **PRODUCCION LUMINICA Y MANTENIMIENTO.**

El sistema de la lámpara de aditivos metálicos resulta químicamente complejo y requiere de un período de operación para que todos sus componentes se establezcan. Se requiere de un lapso de funcionamiento de 100 horas para que la lámpara alcance todas sus ventajas que, a la vez, son la base de sus características de comportamiento a través de sus horas de vida. Todas las especificaciones publicadas de las lámparas se basan en mediciones realizadas después de 100 horas.

La lámpara de aditivos metálicos cuenta con características excelentes en lo referente al mantenimiento de lúmenes. El decremento en producción lumínica se produce en forma muy gradual, a través de las horas de vida de la lámpara. Las tres mayores causas de este decremento en la emisión lumínica son: el deterioro de los electrodos a medida que pasa el tiempo; la pérdida de transmisión del tubo de arco, debido al ennegrecimiento y el cambio en el balance químico de los aditivos metálicos. El mantenimiento de los lúmenes es mejor cuando la lámpara se opera en largos períodos, por arranque; por lo tanto, el mejor mantenimiento de lúmenes se obtiene cuando su operación es de ciclo continuo.

El mantenimiento de lúmenes varía de acuerdo con la potencia de la lámpara.

#### **VIDA DE LA LAMPARA.**

La vida de la lámpara de aditivos metálicos se define como el lapso en horas, en el cual el 50 por ciento de una muestra representativa de la producción llega al final de la vida normal, cuando se opera con un voltaje controlado nominal de alimentación al balastro, en ciclos de 10 horas en posición vertical.

El final de su vida nominal, se caracteriza cuando la lámpara falla en el arranque o bien cuando se acerca a su potencia de diseño. Lo anterior es causado por el deterioro de los electrodos de la lámpara a lo largo de las horas de vida. El deterioro de los electrodos es más severo durante el período de arranque.

Mientras más largo sea el ciclo de operación, mayor será la vida de la lámpara y mejor el mantenimiento en lúmenes.

## **RECOMENDACIONES.**

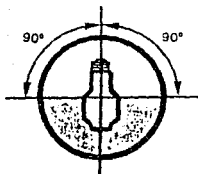
La lámpara de aditivos metálicos debe usarse solamente en luminarios que se encuentren equipados apropiadamente. La operación con equipo inadecuado podría destruir la lámpara, provocando, incluso, heridas al personal o daños en el equipo.

La lámpara opera sobre presión y a alta temperatura, pudiendo destruirse cuando se opera horizontalmente o dentro de 60 grados de la posición horizontal. En tal posición la lámpara debe instalarse en luminario cerrado. La lámpara de 250 y 1500 watts debe usarse en luminarios cerrados para cualquier posición.

Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara. Si el bulbo exterior se rompe, el circuito de la lámpara deberá desconectarse inmediatamente para prevenir la exposición a la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina para los ojos y la piel. No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causarse su rotura.

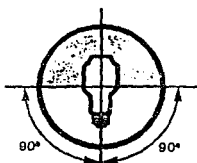
A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar su contacto con el agua durante la operación.

POSICION DE OPERACION DE LAS LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.



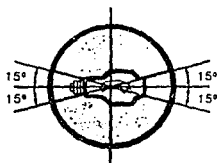
BASE ARRIBA A HORIZONTAL  
(BU-HOR)

M400 BU-HOR  
MM400 BU-HOR  
M250 BU-HOR  
M1000 BU-HOR  
M1500 BU-HOR



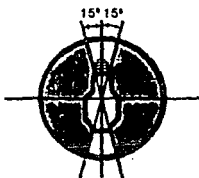
BASE ABAJO  
(BD)

M400 BD  
MM400 BD  
M250 BD  
M1000 BD  
M1500 BD



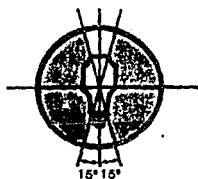
HORIZONTAL  
(HOR)

MS175  
MS400



VERTICAL BASE ARRIBA  
 $\pm 15^\circ$

MS1000 BU  
M175 BU



VERTICAL BASE ABAJO  
 $\pm 15^\circ$

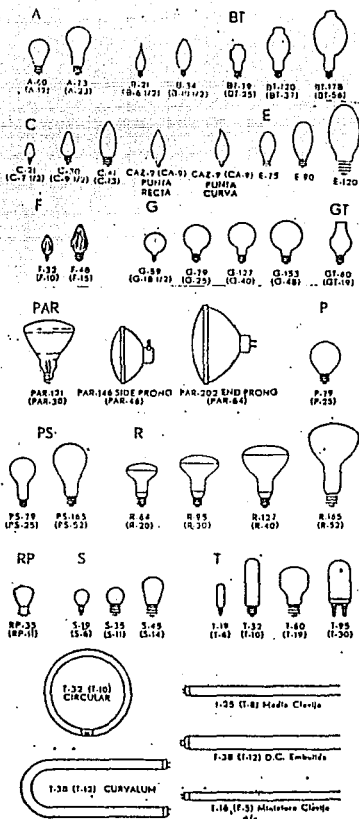
MS1000 BD  
M175 BD

DATOS DE LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS

175	CLARO	14000	10000	80	0.77	MOGUL	BT - 28	21.1
175	FOSFORADO	14000	10000	80	0.73		BT - 28	21.1
250	CLARO	20500	10000	82	0.83		BT - 28	21.1
250	FOSFORADO	20500	10000	82	0.78		BT - 28	21.1
400	CLARO	35000	20000	90	0.75		BT - 37	29.2
400	FOSFORADO	35000	20000	90	0.72		BT - 37	29.2
1000	CLARO	110000	12000	110	0.80		BT 56	39
1000	FOSFORADO	105000	12000	105	0.78		BT - 56	39
1500	CLARO	155000	3000	103	0.92		BT - 56	39*
1500	CLARO	155000	3000	103	0.92		BT 56	39**

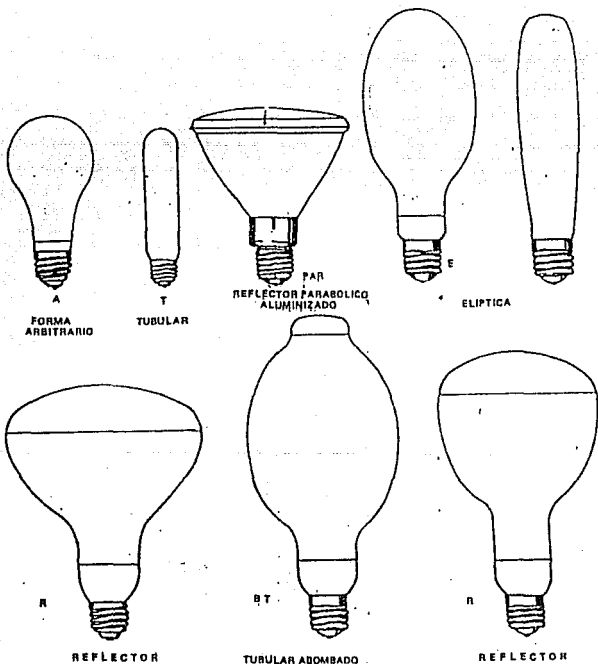
T  
A  
B  
L  
A  
7

## ALGUNAS FORMAS DE BOMBILLOS.



Las letras indican la forma de la bombilla.

**FORMAS DE BULBOS PARA LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA.**



**CAPITULO VI**

**LUMINARIOS.**



# **LUMINARIOS.**

Un luminario, es un aparato de iluminación que está compuesto de un gabinete o armadura, el cual está diseñado para que en su interior, aloje un reflector y accesorios necesarios para fijar, proteger y conectar la(s) lámpara(s) al circuito de alimentación, así como un refractor, para que este conjunto pueda proporcionar la mejor distribución de una fuente de luz artificial.

## **CUALIDADES DE LOS LUMINARIOS.**

Un luminario debe de poseer una serie de cualidades que lo haga idóneo para la misión que tiene que cumplir, podemos dividir estas cualidades en tres clases que son:

### **OPTICAS**

- Distribución luminosa adaptada a la función que debe realizar.
- Luminancias reducidas en determinadas direcciones.
- Buen rendimiento luminoso.

### **MECANICAS Y ELECTRICAS**

- Solidez.
- Ejecución en un material adecuado a las condiciones de trabajo previstas.
- Construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura.
- Protección de las lámparas y equipo eléctrico contra la humedad y demás agentes atmosféricos.
- Facilidad de montar, desmontar y limpiar.
- Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico.

## **ESTETICAS.**

\* Los luminarios apagados durante el día o encendidos durante la noche, no deben desentonar con el medio ambiente en el cual se incluyen.

Los luminarios en general se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1.- Por su uso.
- 2.- Por el tipo de lámpara que usan.
- 3.- Por distribución del flujo luminoso que emiten.

## **CLASIFICACION DE LUMINARIOS POR SU USO.**

Los luminarios de acuerdo a su uso se pueden clasificar de la siguiente forma:

- \* Comerciales
- \* Industriales
- \* Decorativos

Existen también los de:

- \* Alumbrado Público.
- \* Exteriores.

## **LUMINARIOS COMERCIALES.**

Debido a que normalmente los luminarios del tipo comercial, son instalados en interiores como: Aulas escolares, oficinas, tiendas, salas de exposición, etc. Estos luminarios deben proporcionar las siguientes características:

- \* Buena difusión de luz.
- \* Baja brillantez.
- \* Alta eficiencia.
- \* Ocultamiento de las lámparas.
- \* Apariencia distinguida y moderna.
- \* Facilidad de montaje y limpieza.

### **LUMINARIOS INDUSTRIALES.**

Este tipo de luminarios trabajan normalmente en naves industriales con alturas de montaje altas o medias, por lo que se requiere que estos sean capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales. Algunos luminarios del tipo industrial trabajan en lugares donde se tiene atmósferas explosivas, vapores o líquidos volátiles, por lo que su construcción debe ser hermética contra los elementos externos perjudiciales, para que ofrezcan seguridad.

En términos generales estos luminarios deben proporcionar las siguientes cualidades:

- \* Buena difusión de luz.
- \* Curva de distribución adecuada a la altura de montaje.
- \* Alta eficiencia.
- \* Resistencia mecánica.
- \* Construcción de un material adecuado a su función.
- \* Facilidad de mantenimiento.

### **LUMINARIOS PARA DECORACION.**

Este tipo de luminarios deben ayudar a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico decorativo del interior a iluminar, encendidos o apagados deben crear la misma apariencia.

Los luminarios para decoración, deben tener las siguientes características:

- \* Iluminación uniforme.
- \* Apariencia agradable y moderna.
- \* Construcción de acuerdo a las necesidades.
- \* Fáciles de limpiar.

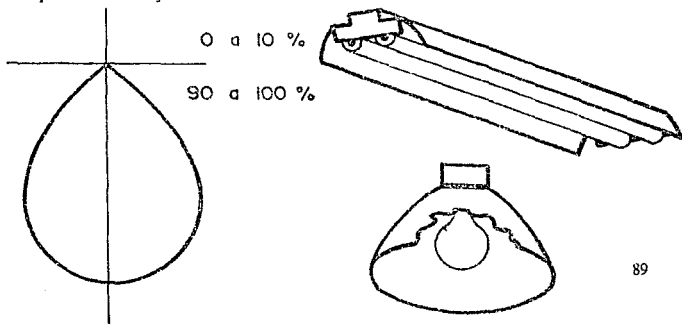
### CLASIFICACION DE LUMINARIOS DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO QUE EMITEN.

Los luminarios se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que sale del luminario tomando como base una línea horizontal imaginaria que pase por el centro focal del luminario.

Esta clasificación consiste en cinco grupos que son:

#### **DIRECTO.**

Son los que dirigen del 90 al 100 % de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal y de 0 al 10 % hacia arriba, estos luminarios son los que proveen iluminación más eficiente en las superficies de trabajo.



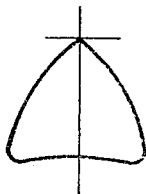
Dentro de estos luminarios también tenemos cinco tipos de clasificación en términos de la relación de espaciamiento permisible con la altura de montaje, que se muestra a continuación.



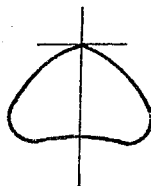
ALTAMENTE  
CONCENTRADA



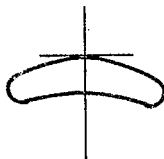
CONCENTRADA



INTENSIVA



EXTENSIVA

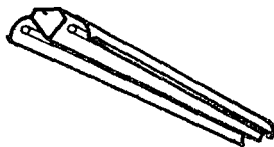
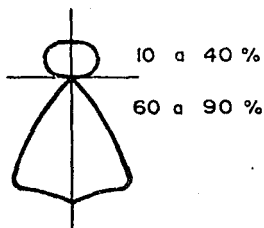


SUPEREXTENSIVA

Relación Espaciamiento a altura de montaje arriba del plano de trabajo		Clasificación de Luminarios
Hasta	0.5	Altamente concentrada
0.5 -	0.7	Concentrada
0.7 -	1.0	Intensiva
1.0 -	1.5	Extensiva
Arriba de	1.5	Super extensiva

### SEMI - DIRECTA.

Los luminarios dentro de estas clasificaciones se definen como aquellos que dirigen del 60 - 90 % de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal del luminario.

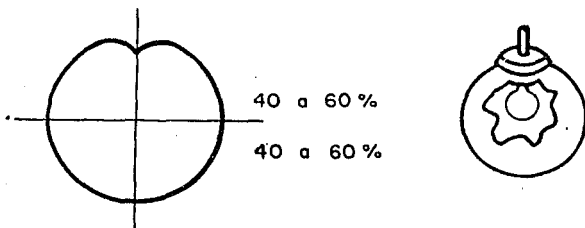


La utilización de la luz de estos luminarios depende en gran parte de la reflectancia del techo.

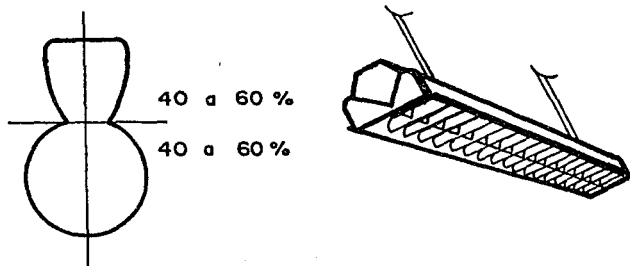
## GENERAL DIFUSA O DIRECTA - INDIRECTA.

Esta clasificación se refiere a luminarios en los cuales las componentes del flujo luminoso hacia arriba y hacia abajo del centro focal del luminario, son aproximadamente las mismas cada una de 40 a 60 % del flujo luminoso total del luminario.

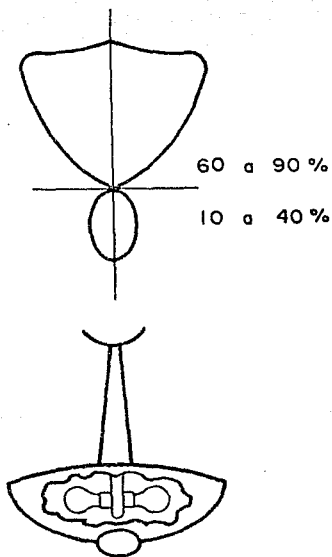
El luminario General Difuso emite luz casi igualmente en todas direcciones.



Los luminarios Directo - Indirecto emiten luz en menor cantidad en ángulos cercanos a la horizontal.



Los luminarios Semi - Indirectos dirigen de 60 a 90 % de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario.



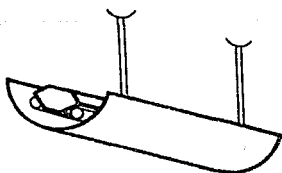
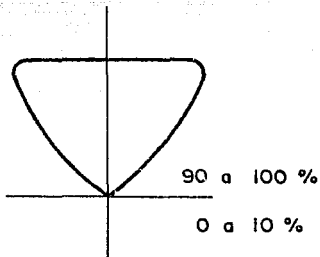
La mayor parte de la luz alcanza el plano de trabajo por reflexión en el techo y la parte alta de las paredes.

Es por tanto imperativo que las reflectancias sean mantenidas tan alto como sea posible.



## INDIRECTA.

Los luminarios de este tipo emiten de un 90 a un 100 % de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario.



La utilización de la luz de este tipo de luminarios depende en su totalidad de las reflectancias del techo y de la parte alta de las paredes.

**FABRICANTES DE LAMPARAS EN MEXICO.**

SYLVANIA  
FOCOS S.A.  
OSRAM  
PHILLIPS  
GENERAL ELECTRIC

**FABRICANTES DE LUMINARIOS EN MEXICO.**

HOLOPHANE  
LUMISISTEMAS  
CROUSE HINDS  
PEC ECLATEC  
WIDE LITE

**CAPITULO VII**

**NIVELES DE  
ILUMINACION.**

# **NIVELES DE ILUMINACION.**

## **SELECCION DEL NIVEL DE ILUMINACION.**

### **INTRODUCCION.**

El siguiente procedimiento es un metodo aceptado por la I.E.S. (Illuminating Engineering Society), para determinar el nivel de iluminaci3n que se requiere para desarrollar una actividad especifica.

Este metodo, considera los factores que usualmente contribuyen a la mejor capacidad de visi3n para el trabajo.

Proporciona datos del nivel de iluminaci3n para una actividad especifica, a su vez, define el nivel de iluminaci3n dentro de un rango, usando varios factores, los cuales, han sido determinados a trav3s de la busqueda de las necesidades para desarrollar una actividad.

### **CONSIDERENSE LAS SIGUIENTES CONDICIONES:**

- 1.- La actividad o trabajo que se desarrolla.
- 2.- Los detalles del objeto.
- 3.- La edad del observador.
- 4.- La velocidad y/o precisi3n del observador.
- 5.- La reflectancia del piso.

Estas condiciones permiten al dise1ador aplicar su propio criterio de las condiciones que le rodean para seleccionar el nivel de iluminaci3n apropiado.

**PASO No. 1**

Determinar el tipo de actividad para seleccionar el nivel de iluminación.

**PASO No. 2**

Seleccionar la categoría de iluminación apropiada, por uno de los siguientes métodos:

**A).-** Cuando el trabajo visual está definido por una área típica, escoger la categoría de iluminación apropiada de la tabla E.

## T A B L A E

Comercial, Institucional y congresos publicos en locales cerrados.

---

TIPO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA
-------------------	---

---

### AUDITORIOS

Congresos	C
Actividades Sociales	B

### BANCOS

Lobby General	C
Area de maquinas de oficina y Contabilidad	D
Area de cajas	E

### SALAS DE CONFERENCIAS

Area de conferencistas vision critica (Se refiere a trabajos individuales)	D
Corredores	C

### AREAS DE DIBUJOS.

Trazos hechos en papel brillante o piel pulida (alto contraste).	E
Bajo contraste	F
Impresion en color azul	E
Sala de exhibicion	C

### LIBRERIAS.

Anaqueles de libros - activos	D
Areas Audio - Visuales	D

B ILUMINACION EN LA ZONA DE ACTIVIDAD						
FACTORES IMPORTANTES			CATEGORIA DE LA ACTIVIDAD			
PROMEDIO DE EDAD DE LOS TRABAJADORES	VELOCIDAD NECESARIA Y/O PRECISION	REFLECTANCIA DEL PISO EN LA ZONA DE ACTIVIDAD	D	E	F	G
ABAJO DE 40	NO ES IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	200 200 300	500 500 750	1000 1000 1500	2000 2000 3000
	IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	200 300 300	500 750 750	1000 1500 1500	2000 3000 3000
	CRITICA	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 300 300	750 750 750	1500 1500 1500	3000 3000 3000
40 - 55	NO ES IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	200 300 300	500 750 750	1000 1500 1500	2000 3000 3000
	IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 300 300	750 750 750	1500 1500 1500	3000 3000 3000
	CRITICA	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 300 500	750 750 1000	1500 1500 2000	3000 3000 5000
ARRIBA DE 55	NO ES IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 300 300	750 750 750	1500 1500 1500	3000 3000 3000
	IMPORTANTE	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 300 500	750 750 1000	1500 1500 2000	3000 3000 5000
	CRITICA	ARRIBA DE 70 30 - 70 ABAJO DE 30	300 500 500	750 1000 1000	1500 2000 2000	3000 5000 5000

Estos niveles deberán de ser usados como una guía por el diseñador, recomendamos no apegarse estrictamente a estos, ya que en la instalación del equipo puede existir un mayor o menor nivel de iluminación dependiendo del criterio del diseñador.

**T A B L A C**

**Categorías y tipos de valores genéricos de iluminación para actividades en interiores.**

Tipo de Actividad	Categoría de Iluminación	Rangos de iluminación		Referencia del plano de trabajo
		Luxes	Footcandles	
Áreas públicas con alrededores oscuros.	A	20 - 30 - 50	2 - 3 - 5	
Áreas de orientación para visitantes de corta temporada.	B	50 - 75 - 100	5 - 7.5 - 10	Iluminación general a través de las áreas.
Áreas de trabajo en donde las tareas visuales se realizan ocasionalmente.	C	100 - 150 - 200	10 - 15 - 20	
Realización de tareas visuales de alto contraste o gran rango.	D	200 - 300 - 500	20 - 30 - 50	
Realización de tarea visuales de mediano contraste o rango pequeño.	E	500 - 750 - 1000	50 - 75 - 100	Iluminación en la zona de actividad.
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño rango.	F	1000 - 1500 - 2000	100 - 150 - 200	
Realización de tareas visuales de bajo contraste y muy pequeño rango por un período prolongado.	G	2000 - 3000 - 5000	200 - 300 - 500	Iluminación en la zona de actividad obtenida mediante una combinación general y localizada (iluminación suplementaria)



### PASO No. 3

Establecer el valor deseado de iluminación. Ya que se ha escogido la categoría de iluminación, el nivel exacto se puede determinar dentro de este rango.

Estos niveles están establecidos en la tabla D, por conveniencia del usuario, local y características de trabajo con la categoría de iluminación previamente determinada.

**T A B L A D**

Valores de iluminación mantenidos en luxes, para una combinación de categorías de iluminación, características de cuarto y actividades.

Factores Importantes.		Categorías de iluminación.		
Promedio de edades de los ocupantes.	Promedio de reflectancia en las superficies del cuarto.	A	B	C
Abajo de 40	Arriba de 70	200	500	1000
	30 - 70	200	500	1000
	Abajo de 30	200	500	1000
40 - 55	Arriba de 70	200	500	1000
	30 - 70	300	700	1500
	Arriba de 30	500	1000	2000
Arriba de 55	Arriba de 70	300	700	1500
	30 - 70	500	1000	2000
	Abajo de 30	500	1000	2000

---

**TIPO DE ACTIVIDAD****NIVEL DE ILUMINACION (LUXES)  
O CATEGORIA**

---

**AREAS DE MERCADOTECNIA****Circulación:**

Actividad Alta	300
Actividad Media	200
Actividad Baja	100

**AREA DE ACTIVIDADES COMERCIALES**

Actividad Alta	1150
Actividad Media	1000
Actividad Baja	300

B).-Si en específico, la actividad visual no puede ser establecida, por la categoría de iluminación, se puede determinar por el trabajo genérico de los listados en la tabla C.

## TABLA DE NIVELES Y/O CATEGORIAS DE ILUMINACION

### I.- OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS.

---

TIPO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA
-------------------	---

---

#### OFICINAS

Oficinas Generales (Ver lectura)

Privados, Vestibulos y Areas de recepci3n C

#### CONTROL DE CALIDAD E IMPRESION

Xerografia, Mimeografia D

C R T Pantallas B

Lápices No.3 y lineas suaves E

Lápices No.4 y lineas fuertes F

Boligrafo D

8 y 10 Tipo de puntos D

Revista Brillante D

Nuevas Impresiones D

#### ESCUELAS:

Sal3n de Clases ( ver lectura )

Laboratorios Científicos E

Talleres ( ver parte III )

Escaleras C

## 2.- AREAS INDUSTRIALES INTERIORES.

---

TIPO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINACION (LUXES) O CATEGORIA
-------------------	---

---

### MANTENIMIENTO DE AVIONES:

General	750
Instrumentos, Radio y Sistema Eléctrico	1500
Tapizado	1000
Inspección de partes	1000
Taller de pintura	1000

### FABRICACION DE AVIONES:

Trabajo Pesado de Banco	500
Taladros, Remachadoras	
Roscadora Cerrojos	750
Trabajo Mediano de Banco	1000
Ensamble Final	1000

### ENSAMBLE:

Simple	D
Moderadamente Difícil	D
Difícil	F
Muy Difícil	G

### FABRICACION DE AUTOMOVILES:

Ensamblado de Carrocería	500
Ensamble y Componentes del	
Cuerpo del Chasis	1000
Ensamble Final	2000

**PANADERIAS - GENERAL**

**D**

**CERVECERIAS**

**D**

**ELABORACION Y PRESENTACION DE CONSERVAS:**

Banda continua en la

elaboración de conservas

**E**

Llenado de conservas

**E**

Empaque a mano

**D**

Inspección

**F**

**PLANTAS QUIMICAS (VER PETROLEO Y**

**PLANTAS QUIMICAS)**

**PRODUCTOS DE TELA (VER FABRICA DE**

**HILADOS Y TEJIDOS)**

Corte y costura

**G**

Planchado

**F**

Pasillos

**B**

**MANUFACTURA DE EQUIPO ELECTRICO:**

Impregnación

**D**

Aislados: Enrollado de bobinas

**E**

**ESTACIONES INTERIORES GENERADORAS**

**DE ELECTRICIDAD (VER PLANTAS DE**

**ENERGIA NUCLEAR)**

Plataformas de escaleras

**B**

Plataformas del quemador

**D**

Sistema para manejar el carbon

**B**

Pulverizador de carbon	C
Condensadores, Evaporadores de piso y Calentadores de piso	B

**SALAS DE CONTROL**

Tableros de control principal	D
Tableros de control auxiliar	D
Estación de operadores	E
Tuneles o Galerías y Tuberías eléctricas	B
Edificios de turbinas y Pisos de operación	D
Abajo del piso de operación	C
Area de tratamiento de agua	D

**MOLINOS DE HARINA:**

Tamboleo, Molido y Purificación	E
Empaquetado	D
Control de producción	F

**TALLERES DE FORJA**

E

**FUNDICION:**

Horno	D
Fabricación de corazones - finos	F
Fabricación de corazones - medianos	E
Inspección fina	G
Inspección mediana	F
Vaciado	E

**HANGARES (VER FABRICACION DE AVIONES  
Y CONTROL DE CALIDAD)**

Simple	D
Moderadamente difícil	E
Difícil	F
Muy difícil	G

**FABRICACION DE HIERRO Y ACERO**

**HORNO DE HOGAR Y ABIERTO**

Patio de materia prima	100
Horno de piso	200
Trompo caliente	300
Corte en tiras al descubierto	200

**TALLER DE LAMINACION:**

Desvastador, Placas, Soleras calientes, Lamina caliente	300
Faja de carbon, Plancha de tubos, Varilla, Tubos, Estirado de alambre	500

**TALLER DE PLACAS Y HOJALATA:**

Hojalata y Galvanizada	500
------------------------	-----

**INSPECCION:**

Placas negras, Lingotes y Cincelador de lingotes	1000
---	------

**TALLER DE MAQUINADO:**

Trabajo de banco aspero o  
trabajo de maquinado

**D**

Trabajo de banco mediano o  
trabajo de maquinado,  
maquinado ordinario automático  
de afilado aspero,  
pulido mediano

**E**

Trabajo de banco fino o  
trabajo de maquinado fino  
automático, pulido mediano  
y pulido mediano fino

**G****MANEJO DE MATERIALES:**

Engrapado, empaquetado y  
lavado

**D**

Clasificación

**D**

Cargamento dentro del camión  
y carga de camiones

**C****PLANTAS DE ENERGIA NUCLEAR  
(VER ESTACIONES GENERADORAS  
DE ELECTRICIDAD)**

Edificio auxiliar, areas de  
acceso no controlables

**C**

Areas y salas de acceso de  
control considerables

**E**

Laboratorios

**E**



**OFICINAS DE SALUD FISICA**

Sala de ayuda medica

F

Lavado caliente

F

Sala de almacenamiento

F

Ingenieria de seguridad y

C

equipo de fotografia

D

**EDIFICIO GENERADOR DE ACEITE****PESADO**

D

**EDIFICIO PARA MANEJO DE****COMBUSTIBLE:**

Sala de operación

D

Sala de operación baja

C

**ESTACION DE GASOLINA**

Estación de tratamiento de

C

desperdicios

D

**ESTACION NUCLEAR:**

Sala de operación

D

Sala de operación baja

C

**FABRICACION DE PAPEL:**

Batidores, molinos y

satinado

D

Terminacion, cortadora,

ajustadora y fabricación

de papel

E

Contabilidad a mano, humedad final del papel	E
Fabricación del papel molido	
inspección del papel y laboratorios	F

**AREAS DE ESTACIONAMIENTO  
(VER AREAS DE ESTACIONAMIENTO  
EN ZONAS DESCUBIERTAS)**

**PLANTAS QUIMICAS Y PETROLERAS  
CARGA, DESCARGA Y CASA DE  
BOMBAS DE AGUA REFRIGERANTE**

Areas de bombas	50
Area de control general	150
Tablero de control	200

**AIRE, CALDERA Y COMPRESORES**

Equipo interior	200
Equipo exterior	50

**AREA DE TANQUES (cuando  
se requiere iluminación):**

Area sencilla	10
Area múltiple	5

**REJILLA DE CARGAMENTO:**

Area general	50
Tanques de carros	100
Tanques de camión lugar de carga	100

**SUSTANCIAS ELECTRICAS Y  
PATIO DE MANIOBRAS**

Patío de maniobras exteriores	20
Sustancias generales exteriores	20

**PLANTAS DE VAPOR (VER ESTACIONES  
ELECTRICAS)**

**FOTOGRAVADO:**

Gravado, escenificación y bloqueo	D
Ultimo retoque, última prueba, colocación de tinta en la mascara	E

**TALLER DE FABRICACION DE HULE:**

General	500
Molinos, plastificación, horno de humo negro	300
Inspección	2000

**FABRICACION DE NEUMATICOS:**

Horno de humo negro	300
Satinadora general	300
Edificio de neumáticos general	500
En la maquinaria	1500
Vulcanizado general en los moldes	750
Inspección general	1000

### **ASERRADEROS:**

Corteza secundaria del tronco	B
Sierra de corte (áreas de corte a la vista para aserradero)	E
Sierra de corte exterior	B
Máquina alimentadora para cortar desperdicios, recortes	B
Molino mayor de piso (iluminación básica)	A
Maderas clasificadas	D
Maderas finas clasificadas	F
Madera seca para almacén	C

### **TRABAJOS EN LAMINA METALICA**

Miscelaneas, maquinaria y trabajos ordinarios de banco	E
--	---

### **ACERO (VER HIERRO Y ACERO)**

#### **AREAS DE ALMACENAMIENTO**

Inactivo	B
Activo	
Tamaño grande, aspero	C
Tamaño pequeño	F

#### **FABRICA DE TEJIDOS**

Cepoteñido, tintes	D
Clasificación y rango	E

Residuos abierto, cardas extracción y combinación	D
Producción y fabricación	F
Terminación, preparación y fabricación	D
Terminado	E
Inspección	G

#### **FABRICACION DE TABACO:**

Secado y desojado	D
Clasificación y rango	F
Baños y área de lavado	C
Almacenes (ver área de almacenes)	

## **CAPITULO VIII**

**PROCEDIMIENTO GENERAL QUE SE  
DEBE SEGUIR EN EL PROYECTO DE  
ILUMINACION EN INTERIORES.**

# **PROCEDIMIENTO GENERAL QUE SE DEBE SEGUIR EN EL PROYECTO DE ILUMINACION EN INTERIORES.**

Para el cálculo de iluminación en interiores se debe partir de los siguientes datos:

- I.- Objetivos y Especificaciones.
- II.- Factores de Depreciación NO Recuperables.
- III.- Factores de Depreciación Recuperables.
- IV.- Cálculos.

## **I.- OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES.**

- 1.- Tarea visual.
- 2.- Calidad Requerida.
- 3.- Cantidad Requerida.
- 4.- Atmósfera del Area.
- 5.- Descripción del Area.
- 6.- Selección del Luminario - Lámpara.

## **II.- FACTORES DE DEPRECIACION NO RECUPERABLES.**

- 7.- Temperatura Ambiente.

La variación de temperatura mayor o menor de lo normal que encontramos en los interiores, toma muy poco efecto en las lámparas incandescentes y en las lámparas de alta intensidad de descarga.

Pero si tiene un efecto mayor en lámparas fluorescentes.

#### 8.- Tensión de Alimentación.

La regulación de tensión es difícil de predecir, pero al subir o bajar esta, afecta la salida del flujo luminoso emitido por las lámparas.

Para lámparas incandescentes por cada 1% de variación de tensión, causa aproximadamente un 3% de variación en el flujo luminoso.

Para lámparas mercuriales por cada 1% de variación de tensión, causa aproximadamente un 3% de variación en el flujo luminoso.

Para las lámparas fluorescentes habrá un cambio de 1% del flujo luminoso por cada 2.5% de variación de tensión.

#### 9.- Factor de Balastro.

Este factor deberá de ser consultado con el fabricante de los mismos. Normalmente se toma 0.93.

#### 10.- Depreciación en las Superficies del Luminario.

Este resulta de cambios adversos en el metal, la pintura y los componentes plásticos, que nos da como resultado una reducción en la salida del flujo luminoso.

Superficies como el vidrio no tienen casi depreciación.

La pintura horneada y otros tipos de pinturas tienen una permanente depreciación, ya que normalmente se hacen porosas a algunas temperaturas.



### **III.- FACTORES RECUPERABLES.**

#### **11.- Depreciación por suciedad en las superficies del cuarto.**

La acumulación de polvo en las superficies del cuarto reduce la reflexión del flujo luminoso y la interreflexión al plano de trabajo.

#### **12.- Lámparas Quemadas.**

Las lámparas fundidas o quemadas disminuyen el nivel de iluminación promedio.

La estadística de mortalidad por cada lámpara deberá ser consultada con los fabricantes para planear el programa de mantenimiento.

Si las lámparas no son repuestas propiamente después de quemarse, el promedio de iluminación bajara proporcionalmente.

Para efecto de cálculo, se considera máximo de un 5% de lámparas quemadas.

#### **13.- Depreciación por Lúmenes de la Lámpara.**

La información acerca de la depreciación de los lúmenes de las lámparas, existe en tablas y gráficas de los fabricantes.

#### **14.- Factor de Depreciación por Suciedad en el Luminario LDD. (Luminaire Dirt Depreciation).**

La acumulación de 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.

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 las superficies del luminario debido a lo pegajoso de su naturaleza, mientras que la suciedad atraída se mantiene por efecto de fuerzas electrostáticas.

La suciedad inerte variará en acumulación desde 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.
















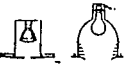


La suciedad inerte está representada por partículas no pegajosas, sin carga electrostática tales como: harina seca, aserrín, cenizas finas, etc.






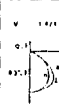


## DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS.

DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS.					
	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
<b>SISTEMA GENERAL</b>	NINGUNO	MUY POCO	MUY POCO PERO NO PISADO	SE ACUMULA CON ALTIJOS	ACUMULACION CONSTANTE
<b>SUCIEDAD AMBIENTAL</b>	NINGUNO O NO SE LE PROMIETE QUITAR AL AREA	ALGUNO (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A FROTAR EN EL AREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
<b>RENOCION O FILTRACION</b>	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BASTO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI EX QUI HAY	NINGUNO
<b>ADHESION</b>	NINGUNO	LIGERA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	BASTO PROBABILMENTE CAUSADO POR SUCIEDAD O ESTATICA	ALTA
<b>EJEMPLOS</b>	OFICINAS DE ALTA CATEGORIA ALGUNAS DE LAS TIPO DE PRODUCCION, LABORATORIOS, QUIMICOS, SALAS DE COMPUTO	OFICINAS EN EDIFICIOS VIEJOS O CERCANOS A LAS ZONAS DE PRODUCCION, POLVOS, SUCIEDAD, SUCIEDAD EN ESPERANZA EN HOSPITALES, COLECCIONES DE OFICINAS	OFICINAS DE RESERVA O DE PRODUCCION DE PISTAS, LABORATORIOS	INSTALACION TECNICA, INSTALACION A ALTA VELOCIDAD, PROCESAMIENTO DE SUCIEDAD, TUBERIAS DE ALIUMINIO	SIMILAR A SUCIO PERO LOS LUMINARIOS SE PROTEGEN MAS ALIUMINIO EN LA FUENTE DE CONTAMINACION

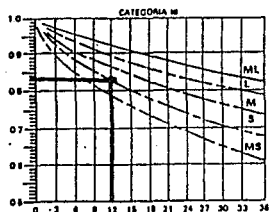
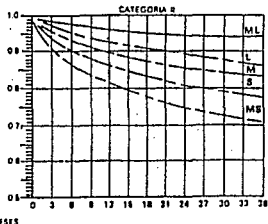
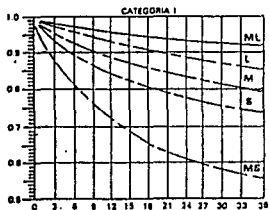
Para determinar este factor es necesario conocer el tipo de categoría de mantenimiento de acuerdo a su construcción.

CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
I	1) NINGUNA	1) NINGUNA
II	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE CON 15 X O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS. 3) TRANSLUCIDO CON 15 X O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 4) OPAO CON 15 X O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS.	1) NINGUNA 2) REJILLAS O REFLECTORES
III	1) TRANSPARENTE CON MENOS DE 15 X DE COMPONENTE DE LUZ A TRAVES DE LAS ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15 X DE COMPONENTE DE LUZ A TRAVES DE LAS ABERTURAS 3) OPAO CON MENOS DE 15 X DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS.	1) NINGUNA 2) REJILLAS O REFLECTORES
IV	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPAO SIN ABERTURAS	1) NINGUNA 2) REJILLAS
V	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPAO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4) OPAO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPAO SIN ABERTURAS

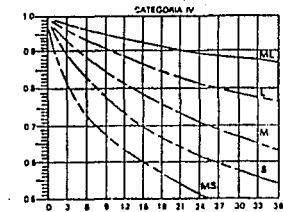
LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST Y % DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESP. MAX.		CAT.	ESP. MAX.		CAT.	ESP. MAX.
 <b>ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE</b>	V	1.0	 <b>GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA</b>	V	1.0	 <b>UNIDAD TOTALMENTE CERRADA</b>	V	1.4
 <b>REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLN</b>	IV	1.2	 <b>BOTE INTEGRAL DE 140 MM DE DIAMETRO PARA LAM. PARA PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE A HORRERA. DORA DE ENERGIA</b>	IV	0.5	 <b>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEAS)</b>	IV	1.5
 <b>CUBICO UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADA PRISMATICO</b>	V	1.2	 <b>BOTE INTEGRAL DE 140 MM DE DIAMETRO PARA LAM. PARA PAR-75</b>	IV	0.5	 <b>UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA, POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</b>	V	1.6
 <b>LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL</b>	IV	0.8	 <b>GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA</b>	V	1.4	 <b>UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO</b>	V	1.8
 <b>LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO; CUTOFF A 45°</b>	IV	0.7	 <b>GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE DIFUSO</b>	V	1.3	 <b>UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO</b>	IV	1.3
 <b>PIÑ HOLE DE 2" DE ABERTURA</b>	IV	0.7	 <b>(MERCURIO) UNIDAD CON LAMPARA DE DESCARGA ALTA INTENSIDAD CON REFRACTOR INTERIOR DE CRISTAL PRISMATICO Y CONTROLLENTE DE ACRILICO PRISMATICO EXTERIOR</b>	V	1.3	 <b>UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL</b>	IV	1.2

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST Y % DE LUMENES
	CAT. Esp MAX
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA</p>	<p>II 1.0</p> 
 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CON- TROLITE PRISMÁTICO EN- VOLVENTE</p>	<p>OK. 1.0</p> 
 <p>UNIDAD PARA 2 Ó 4 LAM- PARAS FLUORESCENTE TIPO EMPOTRAR O SOBREPONER CON CONTROLITE DE ACRI- LICO PRISMÁTICO</p>	<p>V 1.0/1.2</p> 
 <p>CANALETA PARA 1 Ó 3 LAM- PARAS FLUORESCENTES</p>	<p>I 1.0/1.2</p> 

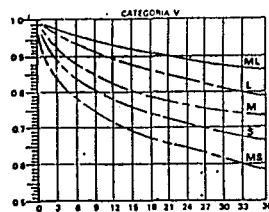
CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO



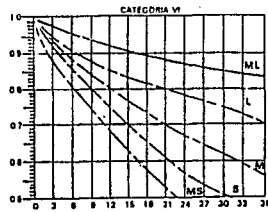
MESSES



MESSES



MESSES



ML-MUY LIMPIO  
 L- LIMPIO  
 M-MEDIO  
 S-SUCIO  
 MS-MUY SUCIO

## **CALCULOS.**

### **15.- Factor Total de Pérdida de Luz o Mantenimiento.**

El factor total de pérdida de luz es el producto de todos los factores mencionados en los puntos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

### **16.- Cálculos.**

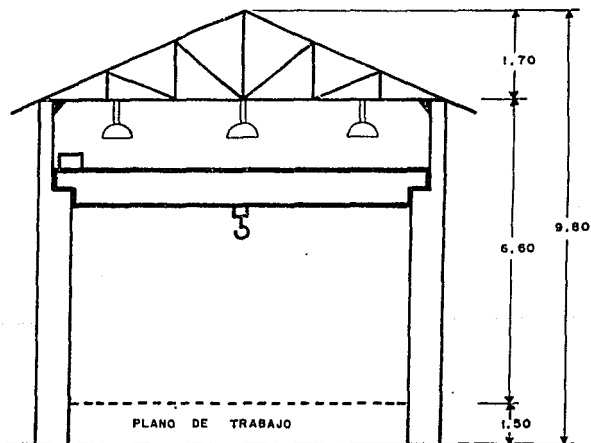
### **17.- Arreglo o Disposición.**

### **18.- Revisión del Proyecto de acuerdo con los Objetivos.**



**PROYECTO DE ILUMINACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL.**

**TALLER MECANICO AUTOMOTRIZ.**



## **DATOS DEL PROYECTO**

**Largo = 54.95 Mts.**

**Ancho = 16.10 Mts.**

**Altura = 9.80 Mts.**

**Altura de plano de trabajo = 1.50 Mts.**

**Nivel de iluminación Recomendado = 600 Luxes.**

**Reflectancia de techo = 30%**

**Reflectancia de la pared = 10%**

**Reflectancia del piso = 20%**

**Tipo de ambiente = Sucio**

**Horas de operación por año = 9 hrs / día x 300 días = 2700 hrs  
por año.**

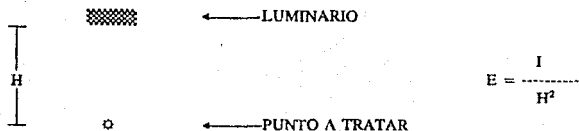
**Altura a la parte baja del luminario S.N.P.T. = 8.10 Mts.**

**Trabajo a desarrollar en este taller mecánico : trabajo mediano  
de maquinaria y banco, máquinas automáticas.**

**El nivel de iluminación recomendado de acuerdo a tablas fue de  
600 luxes, ver tabla ( C ) pagina 101.**

## SELECCION DEL LUMINARIO

Una vez establecidos los parámetros mencionados anteriormente procederemos a seleccionar el tipo de luminario(s) a utilizar, para lo cual de una manera práctica y basandonos en el METODO PUNTO POR PUNTO debemos de encontrar la curva de distribución más adecuada, que nos de aproximadamente abajo del luminario el nivel de iluminación deseado.



DONDE :

E = NIVEL DE ILUMINACION EN LUXES

I = POTENCIA EN CANDELAS

H = ALTURA DEL LUMINARIO AL PUNTO ATRATAR

El único valor que desconocemos es la potencia ( I ) en candelas para dar el nivel de iluminación, por lo tanto:

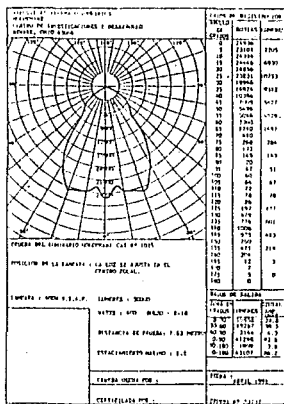
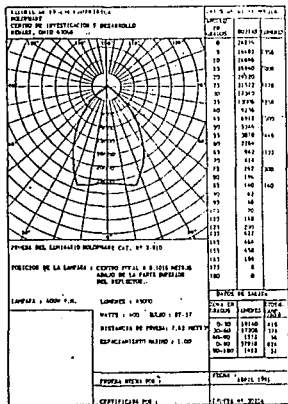
$$I = E \times H$$

$$I = 600 \times (6.60)$$

$$I = 26136 \text{ Candelas}$$

Con este valor en candelas podemos buscar en la información técnica (Curvas de Distribución Vertical) de cualquier fabricante y con cualquier tipo de lámpara (Incandescente, Fluorescente, Vapor de Mercurio, Aditivos Metálicos, Vapor de Sodio, etc.) que a cero grados vertical nos de un valor lo más aproximado en candelas al valor calculado.

En nuestro caso, utilizando información técnica del fabricante de luminarios (HOLOPHANE) Encontramos que los luminarios apropiados son del tipo PRISMPACK Cat. No. 2910 de 2 x 400 Watts para dos lámparas de Vapor de Mercurio y Cat. No. 1035 de 1 x 400 Watts para operar una lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión.



## CALCULOS

Utilizado el METODO DE LUMEN, (primera alternativa) tenemos:

$$\text{No.} = \frac{E \times \text{Arca}}{\text{Lumenes por Luminario} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

Donde:

No. = Número de luminarios

E = Nivel de Iluminación en Luxes

C.U. = Coeficiente de Utilización.

F.M. = Factor de Mantenimiento o Factor de Pérdidas de Luz.

Lumenes por Luminario = Lumenes Iniciales de la(s)

Lámpara(s) que se encuentre(n)

dentro del Luminario.

Lúmenes Iniciales de la Lámpara de Vapor de Mercurio de 400 Watts 22,500 (Dato obtenido del Fabricante de Lámparas Focos S.A.)

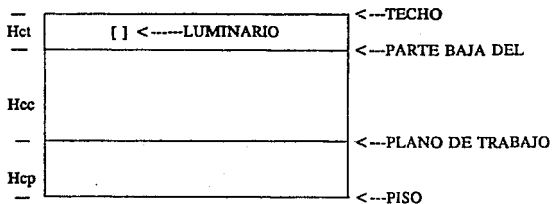
Observando la Fórmula anterior, vemos que todos los factores que intervienen en ella son conocidos, excepto el valor de C.U. y el de F.M.

Para obtener el valor del C.U. tenemos que recurrir a la información técnica del fabricante de Luminarios y en especial al catálogo seleccionado.

Para obtener el valor del C.U. existen dos métodos:

#### EL METODO DE INDICE DE CUARTO

#### EL METODO DE CAVIDAD ZONAL



DONDE:

Hct = ALTURA DE CAVIDAD DE TECHO

Hcc = ALTURA DE CAVIDAD DE CUARTO

Hcp = ALTURA DE CAVIDAD DE PISO

## METODO DE INDICE DE CUARTO

(Ic.)

$$Ic = \frac{\text{A R E A}}{\text{ALTURA DE CAVIDAD DE CUARTO x (LARGO + ANCHO DEL AREA)}}$$

## METODO DE CAVIDAD ZONAL

(R.C.R.)

(Room Cavity Ratio)

(Relación de cavidad de cuarto)

$$R.C.R. = \frac{5 \times \text{ALTURA DE CAVIDAD DE CUARTO x (LARGO + ANCHO)}}{\text{A R E A}}$$

Si analizamos las dos ecuaciones anteriores observamos que la relación que existe entre ellas es la siguiente:

$$R.C.R. = \frac{5}{Ic} \qquad Ic = \frac{5}{R.C.R.}$$

**NOTA:** El método de Índice de Cuarto es un Método Antiguo, pero sin embargo es necesario conocerlo ya que todavía existe información de tablas de coeficientes de utilización dadas por este método.

Para conocer cual de estos dos métodos debemos utilizar, es necesario contar con la información técnica del fabricante de luminarios y observar por que método estan dados los coeficientes de utilización.

**NOTA:** El valor encontrado por cualquiera de los dos métodos no es el valor del C.U., con este valor nos ubicamos en la tabla de coeficientes de utilización del luminario escogido, así como con los valores preestablecidos de reflectancias de piso, techo y pared.

Si observamos la tabla de coeficientes de utilización de este luminario, los valores que aparecen en ella estan dados por el método de cavidad zonal, por lo tanto:

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 ( Hcc ) ( \text{Largo} + \text{Ancho} )}{\text{Arca}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$\text{R.C.R.} = \frac{5 ( 6.60 ) ( 54.95 + 16.10 )}{884.7}$$

$$\text{R.C.R.} = 2.65$$

Con este valor y los de las reflectancias de piso 20%, techo 30% y pared 10%, entramos en la tabla de C.U. del luminario.



## TABLA DE COEFICIENTES DE UTILIZACION

CATALOGO No. 2910

	<u>Piso 20 %</u>			<u>30 %</u>			<u>0 %</u>	
	<u>Techo 70 %</u>							
	<u>Pared</u>	<u>50 %</u>	<u>30 %</u>	<u>10 %</u>	<u>50 %</u>	<u>30 %</u>	<u>10 %</u>	<u>0 %</u>
		0	.98	.98	.98	.88	.88	.82
		1	.91	.89	.87	.83	.82	.76
		<u>2</u>	.85	.81	.79	.79	.76	.74
<b>R</b>		<u>3</u>	.79	.75	.72	.74	.71	.66
<b>C</b>		4	.74	.69	.65	.69	.66	.61
<b>R</b>		5	.69	.64	.60	.65	.61	.56
		6	.64	.59	.56	.61	.57	.53
		7	.60	.55	.51	.57	.53	.49
		8	.56	.51	.47	.54	.50	.45
		9	.52	.47	.44	.50	.46	.42
		10	.47	.42	.38	.45	.41	.36

\* METODO DE CAVIDAD ZONAL.

Conociendo el valor de cavidad zonal procedemos a interpolar los valores obtenidos de la tabla del luminario entre 2 y 3.

2	2.65	0.74
3		0.69
<hr/>		
- 1	- 0.65	0.05

$$\begin{array}{l} - 1 \text{ ----- } 0.05 \\ - 0.65 \text{ ----- } X \end{array}$$

$$X = \frac{- 0.65 \times 0.05}{- 1}$$

$$X = 0.0325$$

De donde:

$$\begin{array}{r} 0.7400 \\ - 0.0325 \\ \hline 0.7070 \end{array}$$

$$C. U. = 0.7070$$

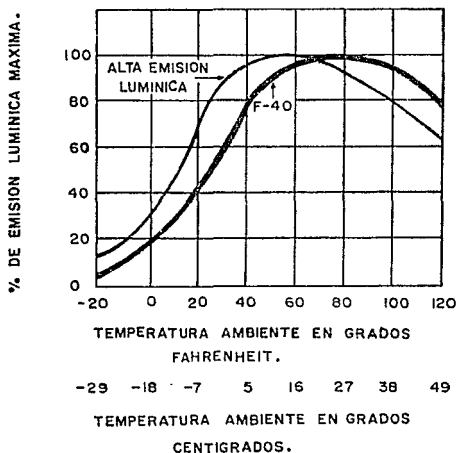
## OBTENCION DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO.

### FACTORES NO RECUPERABLES.

1.- TEMPERATURA AMBIENTE.- Como ya se mencionò anteriormente este factor no afecta a las lámparas del tipo H.I.D., por lo que para nuestro cálculo tomaremos un valor unitario.

Si se hubiese tratado de lámparas fluorescentes, deberíamos de haber utilizado la gráfica (1).

#### CAMBIO EN EL RENDIMIENTO LUMINICO CON LA TEMPERATURA AMBIENTE DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES DESNUDAS EN EL AIRE CALMADO.

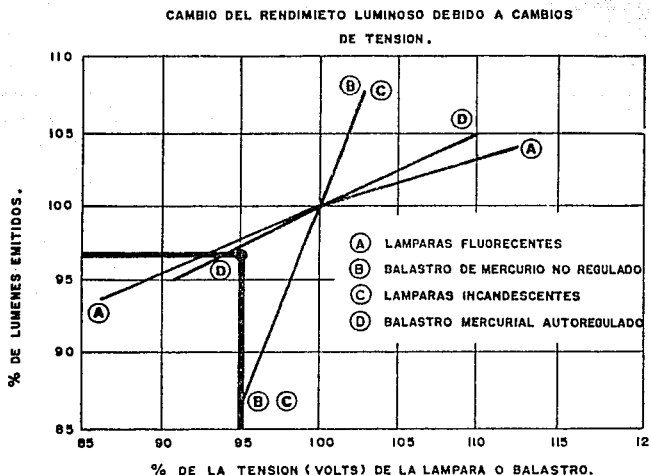


Grafica. (1)

## 2.- TENSION DE ALIMENTACION.

Para determinar este factor utilizaremos la gráfica ( 2 ).

El valor de este factor es : 0.975



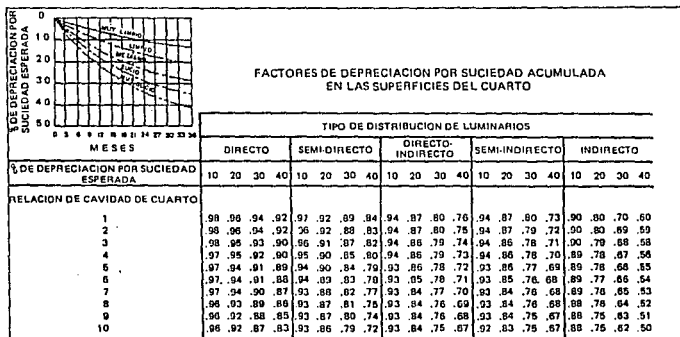
Gráfica.- ( 2 )

3.- FACTOR DE BALASTRO.- Como se mencionó anteriormente el valor de éste por norma es : 0.93.

4.- DEPRECIACION EN LAS SUPERFICIES DEL LUMINARIO.- Estefactor es muy difícil de definir, ya que se refiere a los daños ocasionados por el uso en las superficies del luminario y otros componentes tales como: pintura, refractor, reflector, por lo que se dio un valor unitario.

## FACTORES RECUPERABLES.

5.- DEPRECIACION POR SUCIEDAD ACUMULADA EN LAS SUPERFICIES DEL CUARTO.- Para poder determinar este factor es necesario utilizar la gráfica ( 3 ).



Gráfica.- ( 3 )

Primero utilizaremos la gráfica del ángulo superior izquierdo, que a continuación se muestra, para encontrar el porcentaje de depreciación por suciedad esperada, tomando como base un año (12 meses).

El valor encontrado es de : 0.9588

**DIRECTO**

% DE DEPRECIACION POR			
SUCIEDAD ESPERADA.	10	18	20
Relación de Cavidad			
de Cuarto.			
R . C . R.			
2	0.98		0.96
2.65	0.98	0.9747	0.9535
3	0.98		0.95

**INTERPOLANDO:**

2		0.96
3	2.65	0.95
- 1	- 0.65	0.01

$$\begin{array}{r}
 - 1 \text{ ————— } 0.01 \\
 - 0.65 \text{ ————— } X
 \end{array}$$

$$X = \frac{- 0.65 \times 0.01}{- 1} = \frac{- 0.0065}{- 1}$$

$$X = 0.0065$$

$$\begin{array}{r}
 0.96 \\
 - (0.0065) \\
 \hline
 0.9535
 \end{array}$$

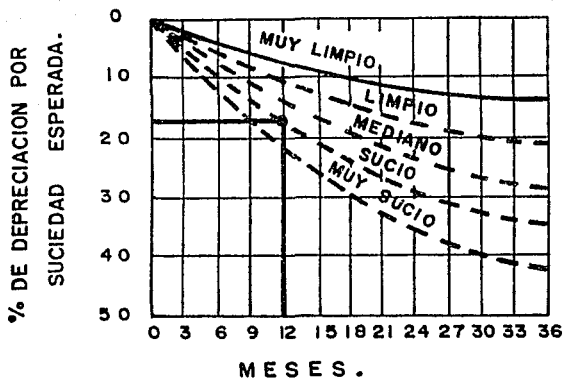
$$\begin{array}{r}
 10 \qquad \qquad 0.9800 \\
 20 \qquad 18 \qquad 0.9535 \\
 \hline
 -10 \quad -8 \quad 0.0265
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r}
 -10 \text{ ————— } 0.0265 \\
 -8 \text{ ————— } X
 \end{array}$$

$$X = \frac{-8 \times 0.0265}{-10} = \frac{-0.212}{-10}$$

$$X = 0.0212$$

$$\begin{array}{r}
 0.9800 \\
 - (0.0212) \\
 \hline
 0.9588
 \end{array}$$



Con éste valor (18%), el de la Relación de Cavidad de Cuarto y la clasificación del luminario de acuerdo al porcentaje de distribución de su flujo luminoso hacia arriba y abajo de la horizontal que pasa por el centro focal del luminario. (ver páginas 89-93).

Clasificación de luminario = Directo

R.C.R. = 2.65



6.- LAMPARAS QUEMADAS.- El valor de lámparas quemadas se recomienda que no sea menor a un 95%.

7.- DEPRECIACION DE LOS LUMENES DE LA LAMPARA (L.L.D.).- Este factor lo obtenemos de la información técnica de los fabricantes de lámparas o del I.E.S. Normalmente nos lo dan a un 70% de la vida de la lámpara.

Ver tabla de la página 65.

Valor obtenido = 0.86

Otra manera como se puede obtener si es que no conocemos el valor preciso, es dividiendo los lumenes medios (al 50% de la vida de la lámpara) entre los lumenes iniciales, obteniendo un valor ligeramente sobrevaluado.

8.- FACTOR DE DEPRECIACION POR SUCIEDAD ACUMULADA EN EL LUMINARIO (L.D.D.).- Este valor nos lo proporciona el fabricante del luminario (para que lo consideremos verídico deberá ser una fabrica de reconocido prestigio capaz de respaldar dicha información) o un valor aproximado tomado del I.E.S.

Valor obtenido de la tabla (III), págs. 121, 122, y 123.

= 0.83

Por lo que el valor del F.M. es:

$$F.M. = 1 \times 0.975 \times 0.93 \times 1 \times 0.9588 \times 0.95 \times 0.86 \times 0.83 = 0.59$$

$$F. M. = 0.59$$

Conocidos todos los valores, los sustituimos en la Ecuación del Método de Lumen:

$$\text{No.} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times C.U \times F.M}$$

$$\text{No.} = \frac{600 \times 884.7}{2 \times 22500 \times 0.7070 \times 0.59}$$

$$\text{No.} = \frac{530820}{18770.65} = 28.28 = 29$$

## LOCALIZACION DE LOS LUMINARIOS.

Para poder localizar nuestros luminarios es necesario conocer si se cumple con no rebasar el espaciamiento máximo recomendado por el fabricante del luminario.

$S_{max}$  = Factor proporcionado  $\times$  hcc  
por el fabricante

Donde:

$S_{max}$  = Espaciamiento máximo entre centro de luminarios.

hcc = Altura de cavidad de cuarto ( altura del centro focal del luminario al plano de trabajo )

Factor de espaciamiento máximo; ver página 129.

$$S_{\max} = 1.0 \times 6.60 = 6.60 \text{ Mts.}$$

Para determinar el espaciamiento real en una distribución uniforme de luminarios, utilizamos la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No. de Luminario}}}$$

Donde:

S = Espaciamiento real.

$$S = \sqrt{\frac{884.70}{30}}$$

$$S = 5.4304 \text{ metros}$$

Como podemos observar el espaciamiento real es menor al espaciamiento máximo, por lo cual cumple.

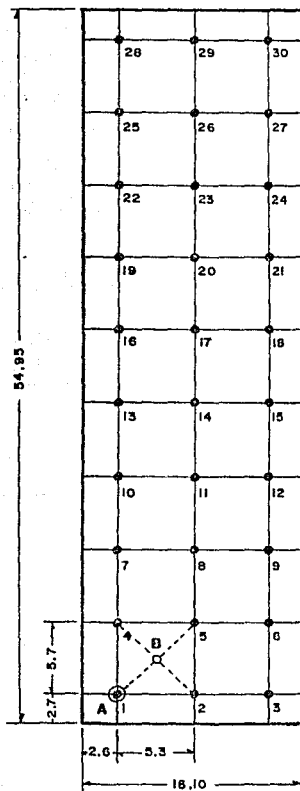
Nivel de iluminación definitivo por acomodo:

$$E = \frac{\text{No. DE LUMINARIOS} \times \text{LUMENES POR LUMINARIO} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{AREA}}$$

$$E = \frac{30 \times 2 \times 22500 \times 0.7070 \times 0.59 \quad 563125.50 \quad 563125.50}{884.70 \quad \quad \quad 884.70}$$

$$E = 636.5 \text{ Luxes Promedio Mantenidos}$$

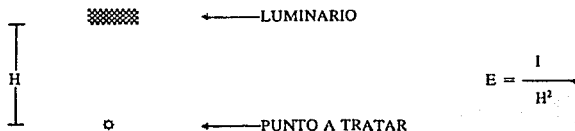
# ACOMODO DE LUMINARIOS



ESC. 1 : 300  
ACOT. EN : MTS

## METODO PUNTO POR PUNTO.

Este método es complementario del método del lumen y lo usamos para comprobar si se está cumpliendo con el nivel de iluminación recomendado. Este método llamado también ley de la inversa del cuadrado de la distancia se cumple cuando se trata de una fuente puntual ( Lámpara ) y la superficie es perpendicular a la dirección del flujo luminoso.



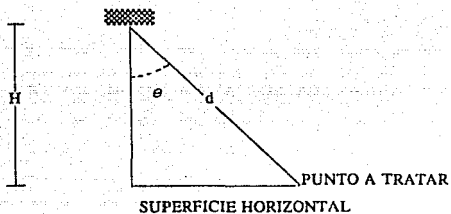
Donde:

H = Altura del luminario al punto a tratar en metros.

I = Potencia en candelas.

E = Nivel de iluminación en luxes.

**Ley del coseno .-** En el caso anterior, la superficie estaba situada perpendicularmente a la dirección de los rayos luminosos, pero cuando forma con esta un determinado ángulo  $\theta$ , la ley de la inversa del cuadrado de la distancia hay que multiplicarla por el coseno del ángulo, en el caso de superficies horizontales como se muestra en la figura.



Donde:

$H$  = Altura del luminario al punto a tratar en metros.

$\theta$  = Angulo que se forma entre la línea vertical que pasa de luminario y la línea del luminario al punto a tratar.

$d$  = Distancia del luminario al punto a tratar en metros.

$$E_H = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2}$$

Donde:

$E_H$  = Nivel de iluminario en luxes sobre el plano horizontal.

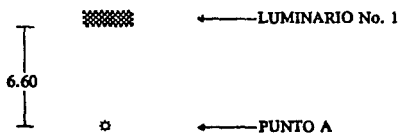
$I$  = Potencia en candelas.

$H$  = Altura del luminario al plano de trabajo en metros.

## CALCULOS POR EL METODO PUNTO POR PUNTO

PUNTO A

Con el luminario No. 1



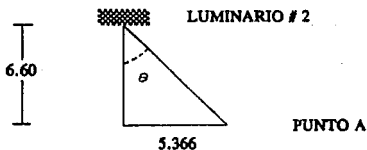
$$E = \frac{I}{H^2}$$

$$E = \frac{I}{H^2} = \frac{24836}{(6.60)^2} = \frac{24836}{43.56} = 570.16 \text{ Luxes Iniciales.}$$

**NOTA:** Los valores en candelas utilizados en estos cálculos están tomados de la curva de distribución del luminario, ver página 129.



Con el luminario No. 2

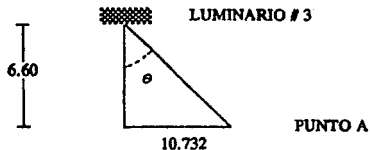


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{5.366}{6.60} = 0.813$$

$$\theta = 39.11^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{9990 \times 0.4671}{43.56} = 107.1 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 3

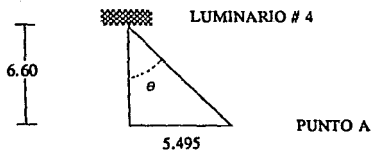


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{10.732}{6.60} = 1.626$$

$$\theta = 58.40^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{2910 \times 0.143}{43.56} = 9.55 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 4

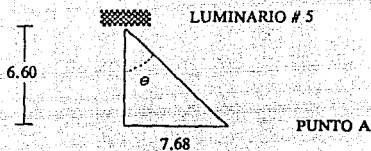


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{5.495}{6.60} = 0.832$$

$$\theta = 39.77^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{9236 \times 0.4539}{43.56} = 96.2 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 5

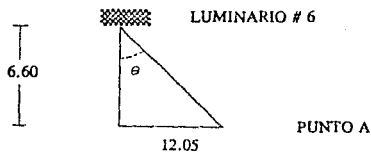


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{7.68}{6.60} = 1.163$$

$$\theta = 49.32^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{5659 \times 0.2768}{43.56} = 36 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 6

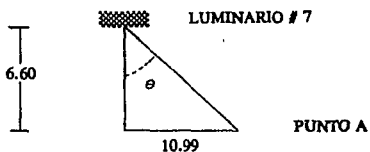


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{12.05}{6.60} = 1.83$$

$$\theta = 61.28^\circ$$

$$E = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2} = \frac{2000 \times 0.1108}{43.56} = 5.10 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 7

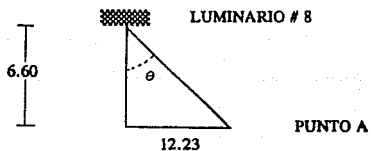


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{10.99}{6.60} = 1.665$$

$$\theta = 59.01^\circ$$

$$E = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2} = \frac{2587 \times 0.1365}{43.56} = 8.10 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 8

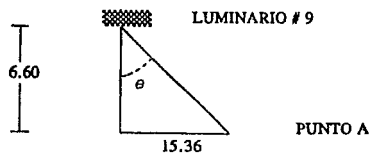


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{12.23}{6.60} = 1.853$$

$$\theta = 61.64^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{2000 \times 0.1071}{43.56} = 4.9 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 9



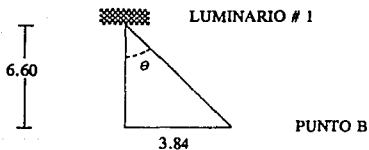
$$= \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{15.36}{6.60} = 2.327$$

$$= 61.64^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{836 \times 0.0615}{43.56} = 1.2 \text{ Luxes Iniciales.}$$

### PUNTO B

Con el luminario No. 1



$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{3.84}{6.60} = 0.58$$

$$\theta = 30.19^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{17340 \times 0.6457}{43.56} = 257 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Si vemos los luminarios No. 2, 4 y 5, se encuentran a la misma distancia que el luminario No. 1.

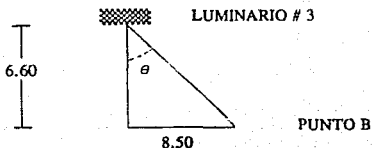
Por lo que:

Con el luminario No. 2 = 257 Luxes Iniciales.

Con el luminario No. 4 = 257 Luxes Iniciales.

Con el luminario No. 5 = 257 Luxes Iniciales.

Con el luminario No. 3



$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{8.50}{6.60} = 1.28$$

$$\theta = 52.17^\circ$$

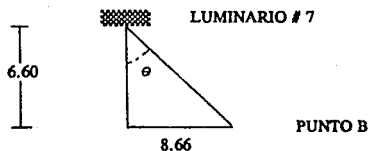
$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{4759 \times 0.2306}{43.56} = 25.2 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Si vemos el luminario No. 6, se encuentra a la misma distancia que el luminario No. 3.

Por lo que:

Con el luminario No. 6 = 25.2 Luxes Iniciales.

Con el luminario No. 7



$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{8.66}{6.60} = 1.31$$

$$\theta = 52.68^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^3 \theta}{H^2} = \frac{4759 \times 0.2227}{43.56} = 24.3 \text{ Luxes Iniciales.}$$

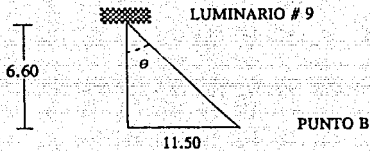
Si vemos el luminario No. 8, se encuentra a la misma distancia que el luminario No. 7.

Por lo que:

Con el luminario No. 8 = 24.3 Luxes Iniciales.



Con el luminario No. 9

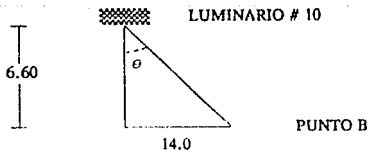


$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{11.50}{6.60} = 1.74$$

$$\theta = 60.14^\circ$$

$$E = \frac{I \text{Cos}^2 \theta}{H^2} = \frac{2264 \times 0.1233}{43.56} = 6.4 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Con el luminario No. 10



$$\theta = \text{Ang } \text{tg}^{-1} \frac{14.0}{6.60} = 2.12$$

$$\theta = 64.75^\circ$$

$$E = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2} = \frac{942 \times 0.0775}{43.56} = .17 \text{ Luxes Iniciales.}$$

**TABLA DE VALORES EN LUXES INICIALES DE LOS PUNTOS TRATADOS**

LUMINARIO PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	30	TOTAL
A	370	187	9.6	96	26	3.1	8.1	4.9	1.2	-	-	-	827.9
B	257	257	25.2	257	257	23.2	24.3	24.3	6.4	1.7	-	-	1135.1
<b>TOTAL</b>													<b>1973</b>

$$E \text{ promedio inicial} = \frac{1973}{2} = 986.5 \text{ Luxes Promedio Iniciales.}$$

Para este cálculo solo se trataron dos puntos (A, B) y para los casos más críticos como son las orillas, lo ideal es calcular la mayor cantidad de puntos para conocer un valor lo más real posible.

Como se mencionó anteriormente los valores obtenidos están dados en luxes promedio iniciales (como si se tratara de una instalación nueva), para obtenerlos mantenidos es necesario afectarlos por el factor de mantenimiento.

Donde:

$$E \text{ promedio mantenido} = E \text{ promedio inicial} \times F.M.$$

$$E = 986.5 \times 0.59 = 582.035 \text{ Luxes Promedio Mantenido.}$$

## **CALCULO POR COMPUTADORA**

**LUMINARIO HOLOPHANE PRISMPAK II**

**CAT. NUM. 2910**

**2 X 400 WATTS**

**VAPOR DE MERCURIO**

```

*****   ***   T           ***
T   *   *   *           *   *
T   *****   T           *****
T   *   *   *           *   *
*****   *   *   *****   *   *   Holophane 214 Oakwood Avenue Newark OH 43055

```

HOLOPHANE, S.A. DE C.V.  
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
 Km. 31 CARRETERA MEXICO CHAUQUITLAN  
 CHAUQUITLAN, ESTADO DE MEXICO 54900  
 MX. 072-8000; GUAD. 53-1079; MEX. 42-0685; TOLU. 17-5296

PROJECT ID/NAME: ..... TESIS ( TALLER MECANICO )  
 LOCATION: ..... CHAUQUITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO  
 CLIENT: ..... FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CHAUQUITLAN  
 DESIGNER: ..... ING. PRO. GUTIERREZ/ING. M.L. ORRUFFA/ING. C. RODRIGUEZ  
 DATE: ..... June 1, 1992 SN.1622

COMMENTS -----

SE ANALIZA AREA DE 16.10 x 54.95 Mts. CON EL  
 LEMNARIO HOLOPHANE PRISMPACK 11, CAT.No. 2810  
 2 x 400 W, VAPOR DE MERC. Hm= 0.1 M., Hcp= 1.5 M.  
 ANSOSR TECNICO: ING. FRANCISCO GUTIERREZ SANTOS

SUMMARY INFORMATION -----

NUMBER OF LOCATIONS: 30  
 NUMBER OF LAMINARES: 60

TYPE NUMBER	LAMINAIRE NAME
1	60

LIGHTSKEW ORIENTATION:  
 PERPENDICULAR TO THE PLANE OF ANALYSIS

STATISTICS -----

POINTS	NUMBER	MAX	MIN	MAX/MIN	AVK	AVK/MIN	C.I
MAIN AREA (.)	286	716.81	182.49	3.93	579.51	3.18	83

REMARK: 99.9 - Points contained in MAIN AREA.  
 99.99 - Points contained in SUB-AREA.  
 99.99 - Points contained in LINES & POINTS.  
 C.I. = (1 - (MEAN DEVIATION/AVERAGE)) x 100 100% IS PERFECT

## LUMINAIRE INFORMATION -----

TYPE-1

FILE ID:	30254
Luminaire name:	910
Description:	BOLLOPHANE PRISMFACE 11
	0336L-400/DX MEXICO
Lamp description:	400 W. DELUXE MERCURY
Test lumens:	23000
Lumens used:	22500
Test report:	30254
Photometry type:	A
Light loss factor:	0.59
Explanation (LLF):	
Tilt correction:	NO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PLANES, LINES AND POINTS OF ANALYSIS - UNITS-MICRONS-

MAIN AREA of Analysis		SUB-AREA of Analysis		LINES AND POINTS FROM			of Analysis TO		
X	Y	X	Y	X	Y	Z	X	Y	Z
0.00	0.00								
16.10	0.00								
16.10	54.95								
0.00	54.95								
0.00	0.00								
X	Y	X	Y	X	Y	Z	X	Y	Z



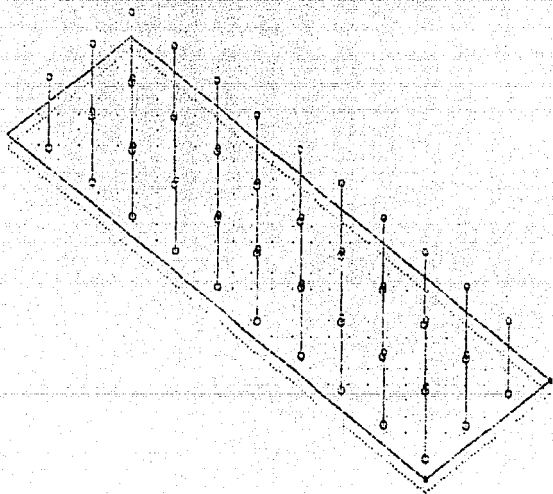
PLAN VIEW SKETCH

NOTE: The DIMB LINE is marked with two large dots.



PERSPECTIVE SKETCH

NOTE: The HINGE LINE is marked with two large dots.



## LUMINAIRE LAYOUT INFORMATION UNITS-METERS

ST NO.	X	Y	Z	ORIENT.	TILT	X-AIM	Y-AIM	Z-AIM	MULT	TYPE
N 1	2.68	2.75	8.10	0.0	0.0	2.68	2.75	0.00	2.00	1
N 2	8.05	2.75	8.10	0.0	0.0	8.05	2.75	0.00	2.00	1
N 3	13.41	2.75	8.10	0.0	0.0	13.41	2.75	0.00	2.00	1
N 4	2.68	8.25	8.10	0.0	0.0	2.68	8.25	0.00	2.00	1
N 5	8.05	8.25	8.10	0.0	0.0	8.05	8.25	0.00	2.00	1
N 6	13.41	8.25	8.10	0.0	0.0	13.41	8.25	0.00	2.00	1
N 7	2.68	13.74	8.10	0.0	0.0	2.68	13.74	0.00	2.00	1
N 8	8.05	13.74	8.10	0.0	0.0	8.05	13.74	0.00	2.00	1
N 9	13.41	13.74	8.10	0.0	0.0	13.41	13.74	0.00	2.00	1
N 10	2.68	19.24	8.10	0.0	0.0	2.68	19.24	0.00	2.00	1
N 11	8.05	19.24	8.10	0.0	0.0	8.05	19.24	0.00	2.00	1
N 12	13.41	19.24	8.10	0.0	0.0	13.41	19.24	0.00	2.00	1
N 13	2.68	24.73	8.10	0.0	0.0	2.68	24.73	0.00	2.00	1
N 14	8.05	24.73	8.10	0.0	0.0	8.05	24.73	0.00	2.00	1
N 15	13.41	24.73	8.10	0.0	0.0	13.41	24.73	0.00	2.00	1
N 16	2.68	30.23	8.10	0.0	0.0	2.68	30.23	0.00	2.00	1
N 17	8.05	30.23	8.10	0.0	0.0	8.05	30.23	0.00	2.00	1
N 18	13.41	30.23	8.10	0.0	0.0	13.41	30.23	0.00	2.00	1
N 19	2.68	35.72	8.10	0.0	0.0	2.68	35.72	0.00	2.00	1
N 20	8.05	35.72	8.10	0.0	0.0	8.05	35.72	0.00	2.00	1
N 21	13.41	35.72	8.10	0.0	0.0	13.41	35.72	0.00	2.00	1
N 22	2.68	41.22	8.10	0.0	0.0	2.68	41.22	0.00	2.00	1
N 23	8.05	41.22	8.10	0.0	0.0	8.05	41.22	0.00	2.00	1
N 24	13.41	41.22	8.10	0.0	0.0	13.41	41.22	0.00	2.00	1
N 25	2.68	46.71	8.10	0.0	0.0	2.68	46.71	0.00	2.00	1
N 26	8.05	46.71	8.10	0.0	0.0	8.05	46.71	0.00	2.00	1
N 27	13.41	46.71	8.10	0.0	0.0	13.41	46.71	0.00	2.00	1
N 28	2.68	52.21	8.10	0.0	0.0	2.68	52.21	0.00	2.00	1
N 29	8.05	52.21	8.10	0.0	0.0	8.05	52.21	0.00	2.00	1
N 30	13.41	52.21	8.10	0.0	0.0	13.41	52.21	0.00	2.00	1

ST NO.	X	Y	Z	ORIENT.	TILT	X-AIM	Y-AIM	Z-AIM	MULT	TYPE
--------	---	---	---	---------	------	-------	-------	-------	------	------

STATUS: N=Normal Luminaire T=Tracking Luminaire

ORIENTATION: The clockwise angular displacement from the positive Y axis.

TILT: The angle the luminaire is aimed up from nadir (straight down).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ILLUMINATING (R) ANALYSIS by CALA 7.3-----

JUNE 1, 1992 SN:1822 HOLOMAN, S.A. DE C.V.  
 HINGE LINE ELEVATION 1.5 METERS  
 ROTATION ABOUT HINGE LINE 0 DEGREES  
 NOTE: The HINGE LINE is at the bottom of your analysis.  
 RESULTS ARE IN LUX  
 RATIO OF PRINTOUT LEFT TO RIGHT 100  
 RATIO OF PRINTOUT TOP TO BOTTOM 100

---A---							---G---
289.	370.	393.	397.	382.	330.		
280.	426.	526.	501.	531.	461.	347.	
420.	281.4544.	508.	291.473.	589.	301.40.		
340.	542.	635.	632.	643.	580.	430.	
497.	634.	687.	678.	642.	566.		
360.	577.	659.	675.	670.	618.	457.	
482.	251.4	625.	665.	664.	670.	531.	
			281.4			271.4	
369.	571.	690.	674.	697.	615.	459.	
514.	658.	697.	708.	674.	500.		
366.	695.	684.	704.	695.	642.	460.	
494.	638.	697.	680.	680.	547.		
373.	221.4	698.	231.4	704.	613.	460.	169
	565.		672.				
513.	655.	701.	703.	678.	579.		
365.	620.	681.	717.	694.	653.	472.	

501.	644.	698.	698.	681.	558.	
376.	191A	702.	6 201A	705.	60 211A	459.
506.	650.	700.	695.	682.	507.	
365.	620.	680.	718.	693.	653.	473.
507.	651.	701.	698.	681.	571.	
376.	565. 101A	702.	669. 171A	705.	610. 181A	459.
500.	643.	699.	686.	681.	556.	
366.	617.	682.	715.	696.	652.	472.
516.	657.	702.	705.	678.	582.	
374.	568.	699.	675.	705.	616.	462.
494.	131A 638.	699.	141A 680.	682.	151A 548.	
369.	604.	687.	704.	697.	642.	470.
518.	663.	701.	712.	678.	594.	
373.	579.	696.	684.	704.	623.	464.
490.	101A 635.	696.	111A 675.	682.	121A 69.	
372.	591.	691.	693.	700.	633.	469.
522.	666.	701.	713.	675.	593.	
372.	592.	690.	694.	699.	631.	469.
489.	634. 71A	696.	674. 81A	681.	539. 91A	
372.	577.	694.	681.	702.	621.	463. <b>170</b>
515.	660.	699.	709.	675.	500.	
365.	602.	683.	701.	693.	639.	467.

489.	632.	691.	672.	671.	511.	
365.	41.4 556.	685.	51.3 659.	691.	61.6 603.	452.
408.	634.	677.	679.	655.	562.	
343.	586.	643.	674.	655.	617.	446.
454.	503.	631.	618.	610.	505.	
314.	11.4 592.	5 21.4	592.	50	31.4	385.
354.	456.	494.	482.	484.	394.	

182.	310.	340.	358.	346.	326.	236.
$\bar{x}$						$\bar{y}$
$s_x = 0.0$						$s_y = 10.1$
$\bar{y} = 0.0$						$\bar{x} = 0.0$
$s_z = 1.5$						$s_z = 1.5$
--H--						--H--

Para hacer la comparación con el luminario de Vapor de Sodio Alta Presión se realizaran los mismos procedimientos que con los de Vapor de Mercurio.

**CON EL LUMINARIO PRISMPACK CAT. No. 1035.**

**DATOS:**

Largo = 54.95 Mts.

Ancho = 16.10 Mts.

Altura = 9.80 Mts.

Altura de plano de trabajo = 1.50 Mts.

Nivel de iluminación Recomendado = 600 Luxes.

Reflectancia de techo = 30%

Reflectancia de la pared = 10%

Reflectancia del piso = 20%

Tipo de ambiente = Sucio

Horas de operación por año = 9 hrs / día x 300 días = 2700 hrs por año.

Altura a la parte baja del luminario S.N.P.T. = 8.10 Mts.

Trabajo a desarrollar en este taller mecánico : trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas.

El nivel de iluminación recomendado de acuerdo a tablas fue de 600 luxes.

Lumenes Iniciales de la lámpara = 50000

**TABLA DE COEFICIENTES DE UTILIZACION**

CATALOGO No. 1035

Pared	<u>Piso 20 %</u>							
	<u>Techo 70 %</u>			<u>30 %</u>			0 %	
	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	<u>10 %</u>	0 %	
	0	.99	.99	.99	.89	.89	.89	.82
	1	.91	.89	.87	.83	.82	.80	.75
	2	.84	.81	.78	.78	.76	<u>.74</u>	.70
R	3	.78	.74	.71	.73	.70	<u>.68</u>	.65
C	4	.72	.68	.64	.68	.64	.62	.59
R	5	.67	.62	.58	.63	.60	.57	.54
	6	.63	.57	.54	.59	.55	.52	.50
	7	.58	.53	.49	.55	.51	.48	.46
	8	.54	.49	.45	.52	.47	.44	.43
	9	.50	.45	.42	.48	.44	.41	.39
	10	.45	.39	.36	.43	.38	.35	.34

\* METODO DE CAVIDAD ZONAL.



Por lo que C.U. = 0.701

El Factor de Mantenimiento sera:

$$F.M. = 1 \times 0.975 \times 0.93 \times 1 \times 0.9588 \times 0.95 \times 0.90 \times 0.83 = 0.62$$

$$F. M. = 0.62$$

Conocidos todos los valores, los sustituimos en la Ecuación del Método de Lumen:

$$\text{No.} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lumenes por Luminario} \times C.U \times F.M}$$

$$\text{No.} = \frac{600 \times 884.7}{50000 \times 0.7010 \times 0.62}$$

$$\text{No.} = \frac{530820}{21731} = 24.43 = 25$$

## LOCALIZACION DE LOS LUMINARIOS.

Para poder localizar nuestros luminarios es necesario conocer si se cumple con no rebasar el espaciamiento máximo recomendado por el fabricante del luminario.

$S_{max}$  = Factor proporcionado x hcc  
por el fabricante

Donde:

$S_{max}$  = Espaciamiento máximo entre centro de luminarios.

hcc = Altura de cavidad de cuarto ( altura del centro focal del luminario al plano de trabajo )

Factor de espaciamiento máximo; ver página 129.

$$S_{max} = 1.1 \times 6.60 = 7.26 \text{ Mts.}$$

Para determinar el espaciamiento real en una distribución uniforme de luminarios, utilizamos la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No. de Luminario}}}$$

Donde:

S = Espaciamiento real.

$$S = \sqrt{\frac{884.70}{25}}$$

$$S = 5.95 \text{ metros}$$

Como podemos observar el espaciamiento real es menor al espaciamiento máximo, por lo cual cumple.

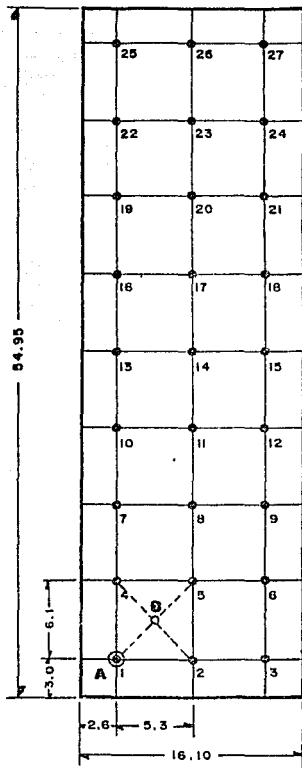
Nivel de iluminación definitivo por acomodo:

$$E = \frac{\text{No. DE LUMINARIOS} \times \text{LUMENES POR LUMINARIO} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{AREA}}$$

$$E = \frac{27 \times 50000 \times 0.7010 \times 0.62}{884.70} = \frac{586737.00}{884.70}$$

$$E = 663.2 \text{ Luxes Promedio Mantenidos}$$

### ACOMODO DE LUMINARIOS.



ESC. 1 : 300

ACOT. EN: MTS.

# **CALCULO POR COMPUTADORA**

**LUMINARIO HOLOPHANE PRISMPAK II**  
**CAT. NUM. 1035**  
**400 WATTS**  
**VAPOR DE SODIO**

\*\*\*\*\*      \*\*\*      \*                      \*\*\*  
 \*                      \*      \*      \*                      \*      \*  
 \*                      \*      \*      \*                      \*      \*  
 \*\*\*\*\*      \*      \*      \*\*\*\*\*      \*      \*      Holophane 214 Oakwood Avenue Newark OH 43061

HOLOPHANE, S.A. DE C.V.  
 DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
 Km. 31 CARRETERA MEXICO CHAUTITLAN  
 CHAUTITLAN, ESTADO DE MEXICO 54900  
 TEL. 872-8000; GUAD. 53-1828; MTY. 42-0885; TOLU. 17-5296

PROJECT ID/NAME..... TESIS ( TALLER MECANICO )  
 LOCATION ..... CHAUTITLAN (ZCALI), ESTADO DE MEXICO  
 CLIENT ..... FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CHAUTITLAN  
 DESIGNER ..... ING. FRANCISCO GUTIERREZ/ING. M. L. GARRITA/ING. C. RODRIGUEZ  
 DATE ..... June 1, 1992    BY 1635

COMMENTS -----

SE ANALIZA AREA DE 16.10 x 54.95 Mts. CON EL  
 LUMINARIO HOLOPHANE PRISM-PACK 11, CAT.No. 1035  
 400 W, VAPOR DE SODIO A.P. Hm= 8.1 M., Hcp= 1.6 M.  
 ASesor TECNICO: ING. FRANCISCO GUTIERREZ SANTOS

SUMMARY INFORMATION -----

NUMBER OF LOCATIONS: 27  
 NUMBER OF LUMINAIRES: 27

TYPE	NUMBER	LUMINAIRE NAME
1	27	1035

LIGHTMETER ORIENTATION:  
 PERPENDICULAR TO THE PLANE OF ANALYSIS

STATISTICS -----

POINTS	NUMBER	MAX	MIN	MAX/MIN	AVE	AVE/MIN	U.I
MAIN AREA (.)	286	745.25	200.23	3.72	604.40	3.02	82

LEGEND: 99.9 - Points contained in MAIN AREA.  
 99+9 - Points contained in SUB-AREA.  
 99\*9 - Points contained in LINES & POINTS.  
 U.I. =  $(1 - (\text{MEAN DEVIATION/AVERAGE})) \times 100$  100% IS PERFECT

## LUMINAIRE INFORMATION

TYPE-1

FILE ID:	33737
Luminaire name:	1035
Description:	HOLOPHANE PRISMPACK II
	S51WA-400 MEXICO
Lamp description:	400 W. CLEAR OPS
Test lumens:	50000
Lumens used:	50000
Test report:	33737
Photometry type:	A
Light loss factor:	0.62
Explanation (LLF):	
Tilt correction:	NO



PLANNED LINES AND POINTS OF ANALYSIS - UNITS-RETURN

MAIN AREA of Analysis		SUB-AREA of Analysis		LINES AND P R O M			POINTS of Analysis TO		
X	Y	X	Y	X	Y	Z	X	Y	Z
0.00	0.00								
16.10	0.00								
16.10	54.95								
0.00	54.95								
0.00	0.00								
X	Y	X	Y	X	Y	Z	X	Y	Z

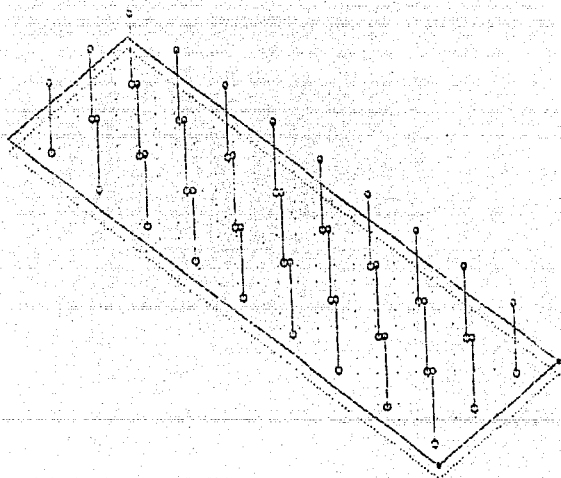
PLAN VIEW SKETCH

NOTE: The HINGE LINK is marked with two large dots.



**PERSPECTIVE SKETCH**

**NOTE: The HINGE LINE is marked with two large dots.**



## LUMINAIRE LAYOUT INFORMATION UNITS-METRIC

SP. NO.	X	Y	Z	ORIENT.	TILT	X-AIM	Y-AIM	Z-AIM	MULT	TYPE
N 1	2.68	3.05	8.10	0.0	0.0	2.68	3.05	0.00	1.00	1
N 2	8.05	3.05	8.10	0.0	0.0	8.05	3.05	0.00	1.00	1
N 3	13.42	3.05	8.10	0.0	0.0	13.42	3.05	0.00	1.00	1
N 4	2.68	9.16	8.10	0.0	0.0	2.68	9.16	0.00	1.00	1
N 5	8.05	9.16	8.10	0.0	0.0	8.05	9.16	0.00	1.00	1
N 6	13.42	9.16	8.10	0.0	0.0	13.42	9.16	0.00	1.00	1
N 7	2.68	15.27	8.10	0.0	0.0	2.68	15.27	0.00	1.00	1
N 8	8.05	15.27	8.10	0.0	0.0	8.05	15.27	0.00	1.00	1
N 9	13.42	15.27	8.10	0.0	0.0	13.42	15.27	0.00	1.00	1
N 10	2.68	21.38	8.10	0.0	0.0	2.68	21.38	0.00	1.00	1
N 11	8.05	21.38	8.10	0.0	0.0	8.05	21.38	0.00	1.00	1
N 12	13.42	21.38	8.10	0.0	0.0	13.42	21.38	0.00	1.00	1
N 13	2.68	27.49	8.10	0.0	0.0	2.68	27.49	0.00	1.00	1
N 14	8.05	27.49	8.10	0.0	0.0	8.05	27.49	0.00	1.00	1
N 15	13.42	27.49	8.10	0.0	0.0	13.42	27.49	0.00	1.00	1
N 16	2.68	33.60	8.10	0.0	0.0	2.68	33.60	0.00	1.00	1
N 17	8.05	33.60	8.10	0.0	0.0	8.05	33.60	0.00	1.00	1
N 18	13.42	33.60	8.10	0.0	0.0	13.42	33.60	0.00	1.00	1
N 19	2.68	39.71	8.10	0.0	0.0	2.68	39.71	0.00	1.00	1
N 20	8.05	39.71	8.10	0.0	0.0	8.05	39.71	0.00	1.00	1
N 21	13.42	39.71	8.10	0.0	0.0	13.42	39.71	0.00	1.00	1
N 22	2.68	45.82	8.10	0.0	0.0	2.68	45.82	0.00	1.00	1
N 23	8.05	45.82	8.10	0.0	0.0	8.05	45.82	0.00	1.00	1
N 24	13.42	45.82	8.10	0.0	0.0	13.42	45.82	0.00	1.00	1
N 25	2.68	51.93	8.10	0.0	0.0	2.68	51.93	0.00	1.00	1
N 26	8.05	51.93	8.10	0.0	0.0	8.05	51.93	0.00	1.00	1
N 27	13.42	51.93	8.10	0.0	0.0	13.42	51.93	0.00	1.00	1

SP. NO.	X	Y	Z	ORIENT.	TILT	X-AIM	Y-AIM	Z-AIM	MULT	TYPE
---------	---	---	---	---------	------	-------	-------	-------	------	------

N=Normal luminaire

T=Tracking luminaire

ORIENT: The clockwise angular displacement from the positive Y axis.

TILT: The angle the luminaire is aimed up from nadir (straight down).

ILLUMINATING (B) ANALYSIS by GALA 7.3

JUNE 1, 1992 SN.1635 BHOOPHANE, S.A. DE C.V.  
 HINGE LINE ELEVATION 1.5 METRES  
 ROTATION ABOUT HINGE LINE 0 DEGREE  
 NOTE: THE HINGE LINE IS AT THE BOTTOM OF YOUR ANALYSIS.  
 RESULTS ARE IN LUX  
 RATIO OF PRINTOUT LEFT TO RIGHT 100  
 RATIO OF PRINTOUT TOP TO BOTTOM 100

308.	395.	421.	416.	413.	342.	
303.	439.	564.	519.	566.	480.	363.
425.	251.569.	828.	281.087.	624.	271.60.	
387.	539.	632.	636.	687.	597.	440.
512.	661.	701.	699.	689.	580.	
383.	616.	711.	712.	717.	659.	483.
497.	652.	718.	688.	710.	553.	
395.	221.6	732.	6 231.6	731.	61 241.6	463.
509.	664.	730.	701.	722.	566.	
398.	636.	732.	737.	739.	680.	500.
534.	693.	738.	734.	725.	602.	
401.	579.	741.	692.	744.	637.	476.
497.	191.6	660.	727.	201.6	690.	211.6
				717.		538.
401.	601.	737.	707.	743.	619.	499.

186

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

	546.	703.	734.	744.	738.	615.	
399.	616.	738.	729.	744.	654.	432.	
	500.	681.	728.	697.	720.	545.	
402.	161A 563.	743.	171A 679.	743.	181A 626.	473.	
	528.	683.	739.	720.	726.	586.	
399.	645.	730.	743.	745.	688.	503.	
	523.	670.	740.	715.	726.	589.	
402.	566. 131A	743.	675. 141A	742.	623. 151A	471.	
	502.	662.	730.	701.	721.	554.	
399.	622.	737.	726.	744.	671.	494.	
	547.	702.	745.	743.	728.	614.	
402.	598.	737.	705.	744.	646.	487.	
	498.	101A660.	727.	111A89.	717.	121A7.	
401.	586.	740.	698.	745.	639.	479.	
	538.	697.	741.	739.	728.	610.	
398.	637.	735.	739.	742.	682.	501.	
	509.	667.	734.	704.	725.	567.	
100.	71A	740.	6 81A	740.	61 91A	469.	
	510.	667.	734.	704.	725.	568.	
398.	636.	733.	737.	740.	681.	500.	187
	534.	692.	737.	734.	724.	604.	
398.	577.	735.	689.	738.	633.	473.	

	400.	41.4	650.	716.	51.4	879.	707.	61.4	529.
391.	584.	720.	687.	725.	631.	476.			
	525.	676.	714.	712.	699.	591.			
372.	583.	694.	676.	699.	628.	463.			
	152.	600.	660.	628.	656.	497.			
336.	484.	631.	558.	627.	519.	392.			
	366.	477.	525.	498.	520.	401.			
200.	324.	370.	374.	373.	345.	252.			
$\bar{x}$						$\bar{x}$			
$x = 0.0$						$x = 16.1$			
$y = 0.0$						$y = 0.0$			
$z = 1.5$						$z = 1.5$			
--H--						--H--			

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO

FALLA DE ORIGIN		HOJA:		N.º DE 02	
"FALLA DE ORIGIN"		PUNTO DE N.º		UNIDAD	
		PUNTO:		ANÁLISIS DE 1982	
COSTO TOTAL: 16,177.54.95					
COMPONENTES PRINCIPALES					
TIPO DE UNIDAD	UNIDAD	TOTAL	UNIDAD	TOTAL	
LABOR	54.35		54.35		
ANCHO	16.1		16.1		
ANCHA		884.70			884.70
N.º DE LAMPARAS	30		27		
N.º DE LAMPARAS Y LUMINARIO	2		1		
COSTO DE LUMINARIO	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	
CANTIDAD DE SALIDAS	20		20		
COSTO DE SALIDA ELECTRICA	\$50.000	\$1,000.000	\$50.000	\$1,000.000	
COSTO INSTALACION ELECTRICA	\$40.000	\$1,600.000	\$40.000	\$1,600.000	
CANTIDAD DE LAMPARAS	60		57		
COSTO DE LAMPARAS	\$100.000	\$6,170.000	\$155.318	\$4,200.780	
COSTO INICIAL DEL SISTEMA		148,202.900		150,402.780	
NIVEL DE ILUMINACION [LUXES]	510.00		500.00		
COSTO INICIAL [\$/M2]	\$54,485.12		\$60,204.95		
COSTO INICIAL [\$/LUX]	\$23,252.12		\$85,417.86		
COSTO DE OPERACION (ANUAL)		UNIDAD	TOTAL	UNIDAD	TOTAL
CANTIDAD DE RENOVACIONES	30		27		
ELECTRICIDAD DE CADA OPERACION	0.680		0.447		
CARGA TOTAL [KW]		26.4			
TARIFA POR KW-H OPERACION		29.24			
HORAS DE USO DIARIO	9		9		
DIAS DE USO ANUAL	310		365		310
HORAS DE USO BASIC ANUAL	2700		2700		2700
KWH TOTALS BASIC ANUAL	73620		73620		21445.8
COSTO ANUAL [\$/KW-H]	\$100	\$22,217.560	\$100	\$10,040.000	
VIDA DE LAMPARAS [HRS.]	24000		24000		
OPR. USO/HRA. VIDA LAMPARAS	0.11625		0.11625		
RENOVACIONES DE LAMPARAS	2		3		
COSTO LAMPARAS RENOVACIONES		\$717.600		\$480.300	
COSTO DE SALIDAS LAMPARAS	\$20.000	\$100.500	\$20.000	\$62.700	
COSTO DE LAMPARAS RENOVACIONES	\$50.000	\$500.500	\$50.000	\$540.000	89
COSTO ANUAL DE OPERACION		\$23,734.877		\$10,135.150	
COSTO DE OPERACION [\$/LUX]	\$41,067.95		\$18,135.23		

TESIS CON  
FALLA DE ORIGIN



ENTIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

ANÁLISIS ECONÓMICO SUPLEMENTARIO

TALLER MECÁNICO  
MEXICO D.F.

BOJA: 02 DE 02  
PROYECTO A.: TESIS  
FECHA: ABRIL DE 1962

CONDICIONES PARA LA IGUALDAD DE PLAZOS DE PLAZOS

PARA ESTAR EN IGUALDAD DE CONDICIONES, SE DEBEA MULTIPLICAR POR:

512  
----- x 1.96  
512

COSTOS INICIALES:

PROYECTO "A"	\$48,202,000
PROYECTO "B"	\$51,193,364
	-----
SUBTOTAL 1	(\$99,395,364)

ECONOMIA A FAVOR DEL PROYECTO "A"

COSTOS DE OPERACION ANUAL:

PROYECTO "A"	\$13,774,587
PROYECTO "B"	\$10,674,266
	-----
SUBTOTAL 1	\$13,100,513

ECONOMIA A FAVOR DEL PROYECTO

\*\*\*

ECONOMIA TOTAL AL FINAL DEL PERIODO DE AMORTIZACION (10 AÑOS):

$K = (\text{SUBTOTAL 1} \times 10 \text{ AÑOS}) + (\text{SUBTOTAL 1}) = \$128,015,706$

ECONOMIA TOTAL A FAVOR DEL PROYECTO: \*\*\*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO IX**

**ALUMBRADO EXTERIOR**

# ALUMBRADO EXTERIOR.

## CLASIFICACION DE ACUERDO

( I. E. S. )

**COMERCIAL:** Aquella porción de una municipalidad en un desarrollo comercial, en donde ordinariamente hay un gran número de transeúntes durante las horas activas del comercio. Esta definición se aplica a áreas con un desarrollo comercial muy denso en las afueras, así como en la propia parte central de la municipalidad. Estas zonas tienen instalaciones tales que atraen un relativo alto volúmen, tanto de tráfico vehicular como peatonal, en condiciones muy frecuentes.

**INTERMEDIA:** Aquella porción de una municipalidad caracterizada por una actividad de transeúntes nocturnos, moderadamente pesada, tales como aquellos en una cuadra en que haya bibliotecas, centros recreativos de la comunidad, grandes edificios departamentales o tiendas de menudeo en el vecindario.

**RESIDENCIAL:** Un desarrollo o fraccionamiento residencial, o una combinación de establecimientos comerciales y residenciales, caracterizados por un bajo tráfico de transeúntes nocturnos.

Esta definición abarca áreas con casas particulares de una sola familia, casas rústicas y/o, edificios de departamentos pequeños.

**RURAL:** Campo abierto sin o casi ningún desarrollo comercial o residencial.

## **CLASIFICACION DE CARRETERAS**

**AUTOPISTA (FREEWAY):** Es una carretera principal de varios carriles en ambos sentidos, con camellón central, con un completo control de acceso a la misma y ningún cruce a su mismo nivel. Esta definición es aplicable a la carretera de cuota.

**VIA RAPIDA (EXPRESSWAY):** Es una carretera principal de alta velocidad, con camellón central, con un control parcial de su acceso y generalmente con intercambios a otras carreteras principales que la cruzan. Las vías rápidas que tienen un tráfico de tipo no comercial y que están dentro de los parques ó en áreas semejantes son conocidas como "Boulevares" (Caminos flanqueados por árboles).

**CAMINOS PRINCIPALES (MAYOR):** Es la parte de un sistema carretero que sirve como red principal de flujo de tráfico para unir vías rápidas.

Estas rutas conectan áreas que generan gran volumen de tráfico, y a caminos vecinales o rurales de importancia que entren a las ciudades.

**CAMINOS SECUNDARIOS (COLLECTOR):** Son los distribuidores o caminos secundarios que sirven para conectar el tráfico entre caminos principales y locales. Estas son carreteras usadas principalmente por movimiento de tráfico dentro de áreas residenciales, industriales y comerciales.

**CAMINO LOCAL (LOCAL):** Carreteras usadas primariamente para un acceso directo a propiedades residenciales, comerciales, industriales y ribereñas. Esta no incluye tráfico directo (sin señales). Los caminos locales son muy largos, deberán generalmente dividirse en secciones más cortas por medio de un sistema de caminos secundarios.

**CAMINO LATERAL (ALLEYS):** Son caminos angostos públicos limitados a un largo de una cuadra y generalmente usados para el acceso vehicular a la parte posterior de propiedades ribereñas o suburbanas.

**TABLA NUM. 8 RECOMENDACIONES DE ILUMINACION EN LUXES PROMEDIO MANTENIDOS EN EL PLANO HORIZONTAL PARA CAMINOS PEATONALES. (I.E.S.)**

CALIFICACION DE ANCHOS Y CAMINO PARA BICICLETAS	NIVELES PROMEDIO	NIVELES PROMEDIO DE SEGURIDAD PEATONAL	
		ALTURA DE MONTAJE DEL LUMINARIO 3 A 5 METROS	ALTURA DE MONTAJE DEL LUMINARIO 5 A 10 METROS.
BANQUETAS Y CANINOS		TIPO "A" PARA BICICLETAS	
AREAS COMERCIALES	19	22	43
AREAS INDUSTRIALES	6	11	22
AREAS RESIDENCIALES	2	4	9
ANCHOS DE CARRETERAS (CALLES) Y CANINOS TIPO "T" PARA BICICLETAS			
ANCHOS EN PARQUES RECREATIVOS Y CAMINOS PARA BICICLETAS.	5	6	11
TUNELAS PEATONALES	43	54	---
PASOS PEATONALES ELEVADOS	3	4	---
ESCALERAS PEATONALES	6	9	--

A los cruces de peatones a la mitad de una cuadra o en la intersección de calle se les deba proporcionar una iluminación adicional de 1.5 a 2 veces el nivel de iluminación utilizado en dicha calle.

## **CLASIFICACIONES DE CAMINOS PEATONALES PARA BICICLETAS**

### **(I. E. S.)**

**BANQUETAS:** Areas pavimentadas o de alguna otra forma preparadas para el tráfico de peatones, localizados en las calles para el público y que también pueden tener arroyos para tráfico vehicular.

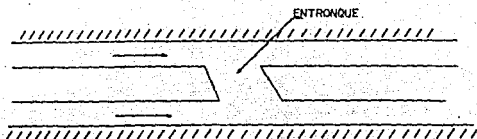
**CAMINO PEATONAL:** Un camino público para el tráfico de peatones y que no necesariamente vaya colindando con una carretera de tráfico vehicular. Se incluyen aquí los pasos elevados peatonales (Skywalks) y los pasos a desnivel peatonales (Subwalks), andadores que dan acceso a parques o calles interiores y a cruces entre calles a mitad de cuadra.

**ENTRONQUE AISLADO:** Un cruce de carreteras separado y a nivel, el cual no es parte de un sistema de alumbrado continuo.

**CRUCE DE CAMINOS O INTERSECCION:** Es el área general en donde dos o más carreteras, no iluminadas en forma continua se unen o cruzan a un mismo nivel. Esta área incluye a la carretera y a las instalaciones previstas a los lados para el movimiento del tráfico en la misma. Hay un tipo especial de intersección canalizada en las cuales el tráfico es dirigido hacia carriles perfectamente definidos, por medio de isletas con curvas peraltadas.

**CAMINO PARA BICICLETAS:** Una calle pública, una vía o un sendero separado, identificado como una instalación dedicada al tráfico de bicicletas. Estos caminos para bicicletas pueden consistir de lo siguiente:

- 1) Camino para bicicleta tipo "A".- Una vía adecuada dentro o anexa a una carretera pública o en el propio acotamiento y marcado como para tráfico de bicicletas.
- 2) Camino para bicicleta tipo "B".- Una vía mejorada e identificada para el tráfico público de bicicletas y localizada lejos de una carretera o a su sistema de banquetas adyacentes.



Los valores recomendados en las tablas 8 y 9, representan la iluminación promedio más baja, que actualmente se considera apropiada para los diferentes tipos de carreteras y andadores. Están considerados cuando los luminarios están en su más bajo rendimiento. Condición que ocurre justamente antes del recambio de las lámparas y de la limpieza del luminario.

Es imposible intentar el diseño de un sistema de alumbrado sin conocer con anticipación las pérdidas de luz que pueden esperarse, ya que los valores de la iluminación se deprecian hasta en un 50% o más entre los ciclos de recambio de lámparas y limpieza del luminario. Es imperativo el uso del factor de depreciación de los lúmenes de la lámpara (L.L.D.), los cuales son válidos y están basados en experiencias reales.

**CALIDAD:** La calidad en el alumbrado se refiere a la relativa habilidad de la luz disponible para proporcionar las diferencias de contraste en la zona de visión, de tal manera que la gente pueda hacer una identificación rápida, precisa y comfortable.

Muchos factores se interrelacionan para producir una alta calidad en la iluminación, a continuación aparecen los más importantes.

- 1.) Deslumbramiento incapacitador.- Actúa reduciendo la capacidad de ver y situar un objeto; también se le conoce como "Deslumbramiento Cegador" ó "Deslumbramiento Encubridor". Este deberá minimizarse.
- 2.) El deslumbramiento reflejado, puede ocultar algunas diferencia de contraste.
- 3.) La luminancia o brillantez del pavimento, si se incrementa mejorará las condiciones de contraste.
- 4.) La luz en las superficies verticales es deseable.
- 5.) La uniformidad tanto de la iluminación horizontal y vertical, así como la luminancia del pavimento y otras áreas circundantes, afectan la calidad.

**UNIFORMIDAD:** Es la distribución del flujo luminoso equilibrado sobre el pavimento y banquetas. Se obtiene de dividir el nivel de iluminación promedio sobre la carretera, entre valor mínimo en la misma.

Esta relación de promedio a mínimo no deberá exceder 3:1 en cualquier carretera, con excepción de las calles locales residenciales en las cuales puede tener una tan alta como 6:1



**AREAS CON TRAFICO CONFLICTIVO.** Los niveles de iluminación tabla no. 9 son para carreteras practicamente rectas y a un mismo nivel. Las intersecciones, convergencias y divergencias, son areas que requieren mayor iluminación. Los niveles de iluminación dentro de estas areas, deberán ser por lo menos, igual a la suma de los valores recomendados para cada una de las carreteras que forman la intersección.

**AREAS ADYACENTES A LAS CARRETERAS.** Es deseable el ampliar el angosto campo visual dentro de la zona periférica, con el proposito de que se revelen los objetos y facilitar la adaptacion del ojo. Este tambien aumenta la profundidad de percepción y perspectiva, por lo que facilita el juicio de velocidad, distancia, tamaño, etc. La iluminación deberá disminuir en forma gradual, según sea mayor la distancia a la carretera.

Las areas adyacentes a las carreteras y algunos camellones son comunmente arreglados como jardines, o sea areas atractivas. Por lo que tanto su apariencia estética tanto de día como de noche, podrá realizarse con el propio alumbrado de la carretera.

Esto deberá ser considerado en el momento de hacer el diseño del sistema y es un factor a considerar en la planeación de la iluminación y en la selección del luminario.

**LUMINARIOS PARA EXTERIORES.** Los luminarios tienen por objeto dirigir sobre la calzada, con el mínimo de pérdidas, el flujo luminoso emitido por las lámparas y proteger estas contra la intemperie.

Para su selección se deberá tomar en cuenta:

- a).- Lámpara a utilizar.
- b).- Sus características fotométricas.
- c).- Su hermeticidad.
- d).- Su resistencia a los agentes atmosféricos.
- e).- Su facilidad de instalación y conservación.
- f).- Su costo.
- g).- Su estética.

El proyectista debe escoger el luminario más adecuado para la instalación, teniendo en cuenta aquellos factores de mayor importancia en cada caso.

Los luminarios deberán cumplir las siguientes condiciones:

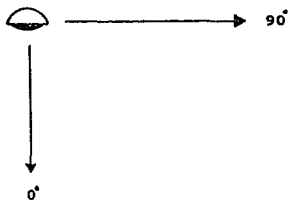
- a).- Ser fáciles de montar, desmontar y limpiar.
- b).- Asegurar una cómoda y fácil reposición de la lámpara, y en caso de que se instalen los accesorios del mismo en su interior, permitir un adecuado acceso a los mismos.
- c).- Proteger a la lámpara y a sus accesorios de la humedad y demás agentes atmosféricos.
- d).- Proteger a la lámpara dentro de lo posible del polvo y de efectos mecánicos.

**CARACTERISTICAS FOTOMETRICAS.** Clasificación de los luminarios de acuerdo al control de la distribución de flujo luminoso. Esta clasificación se divide en tres categorías:

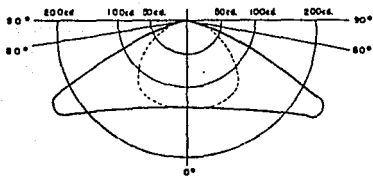
**CUTOFF** .- Se define como cutoff cuando las candelas a 90 grados no exceden del 10% de la potencia máxima.

**SEMI-CUTOFF**.- A 90 grados no deberán exceder del 10% de la potencia máxima y a 80 grados del 20% de la potencia máxima.

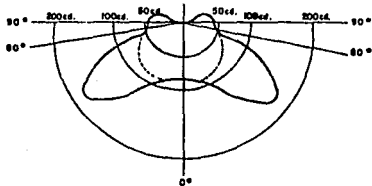
**NON-CUTOFF**.- La intensidad luminosa arriba de los 80 grados con respecto a la vertical no tiene limitación.



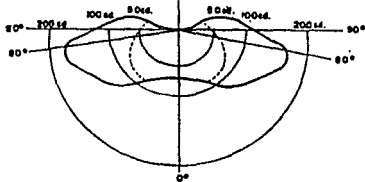
(HAZ RECORTADO)



(HAZ SEMI-RECORTADO)



(HAZ NO-RECORTADO)



Clasificación de los luminarios de acuerdo a su curva de distribución vertical. Esta clasificación esta dividida en tres grupos.

**CORTA.-** Cuando la máxima potencia en candelas cae entre 1.0 y 2.25 veces la altura de montaje del luminario en el sentido longitudinal de la calle.

**MEDIA.-** Cuando la potencia máxima en candelas cae entre 2.25 y 3.75 veces la altura de montaje del luminario en el sentido longitudinal de la calle.

**LARGA.-** Cuando la potencia máxima en candelas cae entre 3.75 y 6.0 veces la altura de montaje del luminario en el sentido longitudinal de la calle.

Clasificación de los luminarios de acuerdo a su curva de distribución luminosa horizontal o lateral. Esta clasificación se divide en dos grupos y cinco tipos:

Un grupo esta basado en la localización del luminario en o cerca del centro de la calle (camellón) y el otro grupo la localización del luminario se encuentra cerca o a un lado de la calle (acera).

Para poder entender lo antes mencionado se anexan dibujos.

**TIPO I.-** Cuando la proyección de la mitad de la potencia máxima se encuentra o cae hasta 1.0 veces la altura de montaje del luminario en el sentido transversal de la calle, tanto del lado calle como del lado casa.

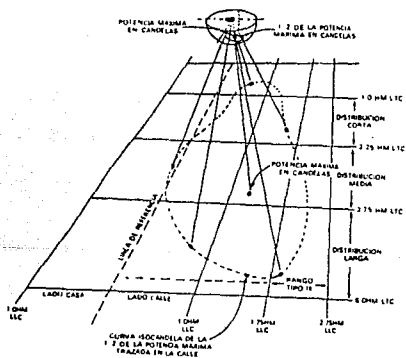
**TIPO II.-** Cuando la proyección de la mitad de la potencia máxima se encuentra o cae hasta 1.75 veces la altura de montaje del luminario en el sentido transversal de la calle.

**TIPO III.-** Cuando la proyección antes mencionada se encuentra entre 1.75 y 2.75 veces la altura de montaje.

**TIPO IV** .- Cuando se localiza de 2.75 veces la altura de montaje ó más.

**TIPO V** .- Cuando su curva de distribución lateral es simétrica (circular).

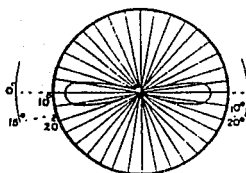
DIAGRAMA MOSTRANDO LA PROYECCION DE LA POTENCIA MAXIMA Y LA CURVA ISOCANDELA DE LA MITAD DE LA POTENCIA MAXIMA PARA LA DETERMINACION DEL TIPO NEMA.



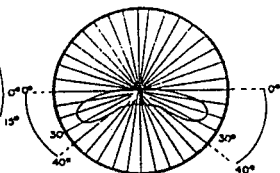
HM.  
LTC.  
LLC.

ALTURA DE MONTAJE.  
LINEA TRANSVERSAL DE LA CALLE.  
LINEA LONGITUDINAL DE LA CALLE.

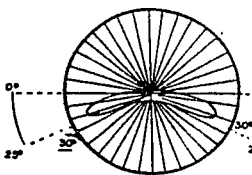
CLASIFICACION TIPO NEMA DE LUMINARIOS DE ALUMBRADO PUBLICO.



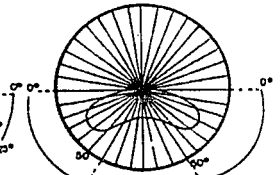
TIPO I  
ANCHO RECOMENDADO 14  
RANGO ACEPTABLE DE 11  
A MENOS DE 20



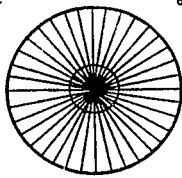
TIPO II  
ANCHO RECOMENDADO 40  
RANGO ACEPTABLE DE 30°  
A MENOS DE 50°



TIPO III  
ANCHO RECOMENDADO 25  
RANGO ACEPTABLE DE 20  
A MENOS DE 30°



TIPO IV  
ANCHO RECOMENDADO 60  
RANGO ACEPTABLE DE 50  
O MAS ANCHO



TIPO V

## **SUSTENTACION DE LOS LUMINARIOS.**

Los sistemas de sustentación de los luminarios más utilizados en el alumbrado público son los siguientes:

- a).- Suspensión por cables.
- b).- Fijación en postes por medio de brazos.
- c).- Fijación por medio de brazos adosados a muros.
- d).- Alto montaje.

a).- **SUSPENSION POR CABLES.** - Este sistema es poco recomendable bajo el punto de vista estético, de la calidad de iluminación y de conservación de la instalación, pero se adapta en algunos casos por razones de tipo económico (en Europa principalmente) por la ventaja que representa el que la instalación de alumbrado no obstruya la vía pública.

De los inconvenientes indicados, se señala que tanto los luminarios como los cables que los sostienen hacen desmerecer el aspecto estético de la vía y las oscilaciones de los luminarios debidas a la acción del viento, pueden producir serias molestias a los usuarios de la vía pública y a los vecinos de los edificios. A causa de estas oscilaciones, existe una gran posibilidad de que las lámparas de descarga no alcancen su vida media.

b).- **FIJACION EN PUNTA DE POSTE O POSTES CON BRAZOS.**- Este es el sistema más utilizado en el alumbrado público, y podemos decir que su única limitación existe en aquellos casos en los cuales la acera de la vía pública es tan estrecha que su localización puede causar molestias para la circulación de peatones.

c).- **FIJACION SOBRE BRAZOS ADOSADOS A MUROS O SOBREPUESTOS A MUROS.**- La utilización de brazos murales, exige, en primer lugar que los edificios que bordean la vía pública tengan altura superiores de los siete y ocho metros, para poder fijarlos en sus muros, esta solución es, bajo el punto de vista estético muy poco aconsejable además, ésta instalación exige que la vía pública no esté bordeada de árboles.

d).- **ALTO MONTAJE.**- Las alturas de montaje de los luminarios han sufrido en general, incrementos sustanciales durante las últimas décadas. El advenimiento de lámparas más modernas, más eficientes y de mayor rendimiento lumínico han sido las causas básicas.

Normalmente este tipo de montaje, es utilizado en las intersecciones de carreteras compuestas de múltiples carriles de circulación. Este diseño de alumbrado ofrece ventajas, además de las de seguridad del tráfico, debido a la reducción del número de soportes de los luminarios y su flexibilidad en la localización.



## **ALTURA DE MONTAJE DE LOS LUMINARIOS.**

La altura de montaje del luminario, en una instalación de alumbrado público, tiene una enorme influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos.

El situar los luminarios a gran altura presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

### **I.- VENTAJAS:**

- A).- Distribución más favorable de luminancias sobre la calzada.
- B).- Disminución del deslumbramiento producido, permitiendo instalar una mayor potencia luminosa por luminario.
- C).- Reducción del número de luminarios.
- D).- Aumento de la iluminancia de los alrededores de la calzada.

### **II.- INCONVENIENTES:**

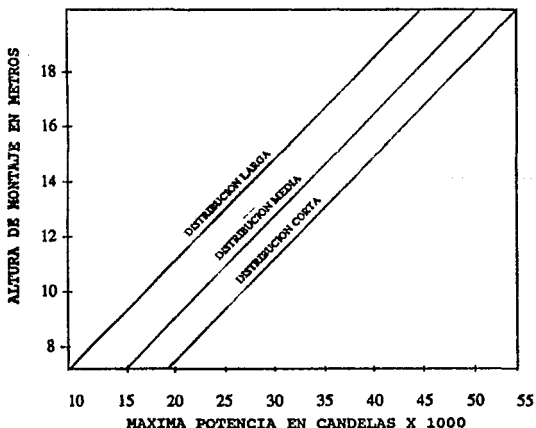
- A).- Dificulta el mantenimiento e incrementa sus costos.
- B).- Disminución del factor de utilización, lo que aumenta el consumo de energía.
- C).- La siguiente tabla nos da una orientación de cuales son las alturas recomendables de los luminarios de acuerdo a la emisión en lúmenes de lámparas. (Recomendaciones Europeas).

LUMENES DE LA LAMPARA	ALTURA DE LUMINARIO EN METROS
3000 A 9000	6.5 A 7.5
9000 A 19000	7.5 A 9
19000	9

**UBICACION DE LOS LUMINARIOS:** La ubicación de los luminarios en el alumbrado público es uno de los factores de mayor influencia sobre la calidad de la iluminación y sus costos, tanto los de instalación como los de explotación.

Así, si los luminarios se ubican de forma poco correcta, no se logrará una conveniente distribución de luminancias sobre la calzada, se podrá causar molestias visuales a los usuarios de la vía, mientras que si la ubicación y la altura de los luminarios es correcta se conseguirán resultados aceptables, aun con bajas iluminancias.

**ALTURA MINIMA DEL LUMINARIO BASADA EN LA  
PRACTICA  
( I. E. S. )**



## ESPACIAMIENTO ENTRE LUMINARIOS O DISTANCIA INTERPOSTAL.

La relación entre el espaciamiento de luminarios y la altura de montaje de los mismos está íntimamente ligada a la uniformidad de la iluminación que se consigue sobre la calzada.

A medida que ésta relación es menor, la uniformidad de la iluminación será más elevada y como consecuencia una mayor comodidad visual para los usuarios de la vía. Claro está, que a medida que disminuye la relación de espaciamiento de los luminarios entre su altura de montaje, aumenta el costo de la instalación del alumbrado.

A título orientativo se dan los siguientes valores de la citada relación según la iluminación media que se pretenda conseguir.

### (RECOMENDACIONES EUROPEAS)

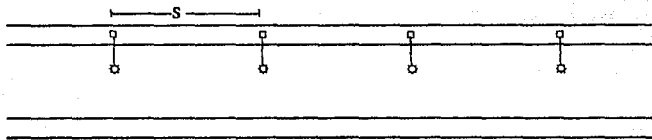
ILUMINACION MEDIA EN LUXES		RELACION =	DISTANCIA INTERPOSTAL ALTURA DE MONTAJE		
2	7	4	A	5	
7	15	3.5	A	4	
15	30	2	A	3.5	

## DISPOSICION DE LUMINARIOS

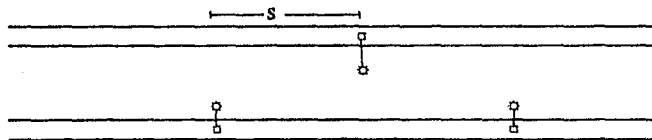
La disposición de los luminarios a lo largo de la vía pública puede ser como sigue:

- Unilateral
- Bilateral a tresbolillo
- Bilateral pareadas

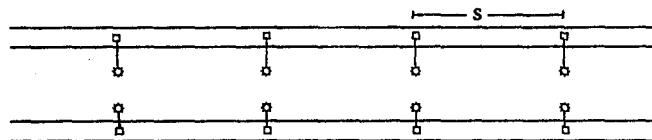
### UNILATERAL



### BILATERAL TRESBOLILLO



### BILATERAL PAREADAS



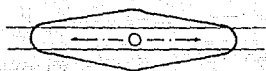
S = Distancia interpostal ó espaciamiento.

La siguiente tabla nos da una orientación de la disposición de los luminarios de acuerdo al ancho de la calle y la altura de montaje del luminario. (Recomendaciones Europeas)

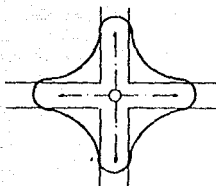
TIPO DE DISPOSICION	RELACION = $\frac{\text{ALTURA DE MONTAJE DEL LUMINARIO}}{\text{ANCHO DE LA CALLE}}$	
	VALOR MINIMO	VALOR RECOMENDADO
UNILATERAL	0.85	1
BILATERAL AL TRESBOLILLO	0.5	0.66
BILATERAL PAREADAS	0.33	0.5

**GUIA PARA EL USO DE CURVAS DE DISTRIBUCION LATERAL DE LOS LUMINARIOS  
Y SU LOCALIZACION O UBICACION DE LOS MISMOS  
(RECOMENDACIONES I.E.S.)**

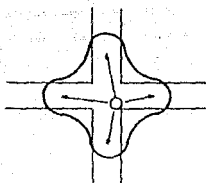
MONTAJE A UN LADO DE LA VIA PUBLICA			MONTAJE A UN LADO DE LA VIA PUBLICA (CABELLONES)		
UNILATERAL O TRESBOLILLO.	TRESBOLILLO O BILATERAL PAREADOS.	CRUCE DE VIAS PUBLICAS.	CARRETERA SENCILLA	CARRETERA DOBLE	INTERSECCION O CRUCE DE CAMINOS
ANCHO DE LA VIA HASTA 1.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.	ANCHO DE LA VIA MAYOR A 1.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.	ANCHO DE LA VIA HASTA 1.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.	ANCHO DE LA VIA HASTA 2 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.	ANCHO DE LA VIA HASTA 1.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.	ANCHO DE LA VIA HASTA 2 VECES LA ALTURA DE MONTAJE.
TIPO NEMA II III IV	TIPO NEMA III V II	TIPO NEMA II 4 VIAS	TIPO NEMA I	TIPO NEMA II V III	TIPO NEMA 1 4 VIAS V U
<p><b>NOTA:</b>            EN TODOS LOS CASOS, LOS ESPACIAMIENTOS MAXIMOS ENTRE LUMINARIOS EN EL SENTIDO LONGITUDINAL            ( A LO LARGO DE LA CALLE ) DE ACUERDO A SU CLASIFICACION DE DISTRIBUCION VERTICAL SON:</p> <p>DISTANCIA CORTA .- HASTA 4.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE            DISTANCIA MEDIA .- HASTA 7.5 VECES LA ALTURA DE MONTAJE            DISTANCIA LARGA .- HASTA 12 VECES LA ALTURA DE MONTAJE</p>					



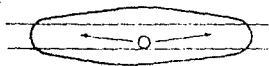
TIPO - I



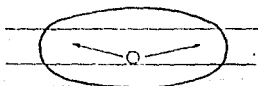
TIPO - I - 4 VIAS



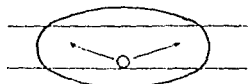
TIPO - II - 4 VIAS



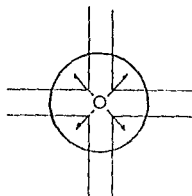
TIPO - II



TIPO - III



TIPO - IV



TIPO - V

DESCRIPCION: TIPOS DE DISTRIBUCION LATERAL DE LUZ

## **SITUACION DE LOS LUMINARIOS EN CASOS ESPECIALES.**

Todo lo indicado anteriormente se refiere a vías rectas, pero al realizar una instalación de alumbrado se presentan una serie de casos especiales que es necesario resolver con un criterio distinto.

Estos casos especiales se refieren a curvas, cruces de vías, etc., siendo interesante resaltar que para situar los luminarios en el plano general de la instalación de alumbrado debe comenzarse por los casos especiales, y una vez situados correctamente, disponer el resto de los luminarios ajustándose lo más posible a la separación determinada y tipo de disposición que se haya adoptado.

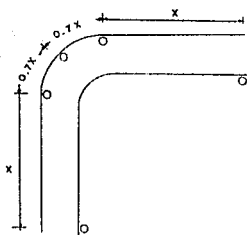
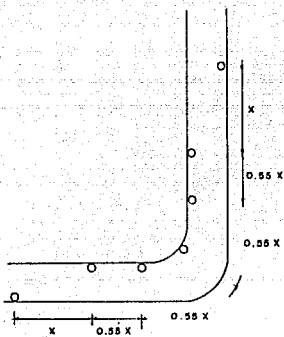
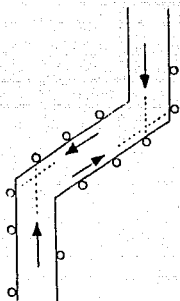
**CURVAS.**-Los luminarios deberán situarse en la parte exterior de las curvas, para que el reflejo del punto de luz sea visto por el conductor sobre la calzada.

La separación entre los luminarios debe reducirse en curva tanto como menor sea el rayo de la misma.

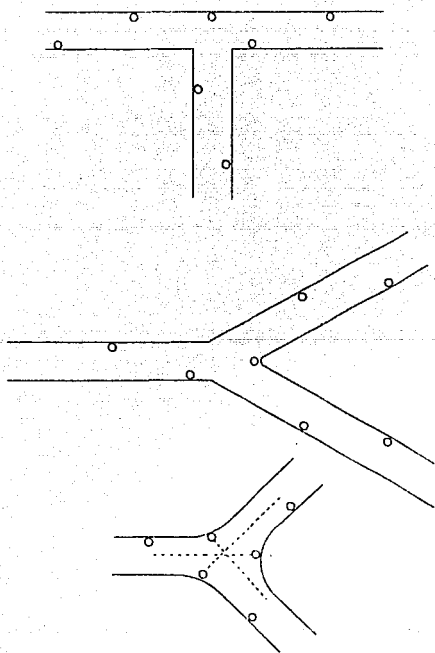
Debe situarse un luminario en cada una de las prolongaciones de los dos ejes de circulación, lo que determinará la posición de los demás en la curva.

Deben situarse luminarios suplementarios en la parte interior de la curva, si el ancho de la vía es tal que la iluminación de la zona interior es baja y existe un abundante tránsito de peatones.





**CRUCES.**-Como norma general, debe aumentarse la iluminación en los cruces, siendo aconsejable que esta sea superior a las correspondientes a la vía más iluminada de las que concurren.



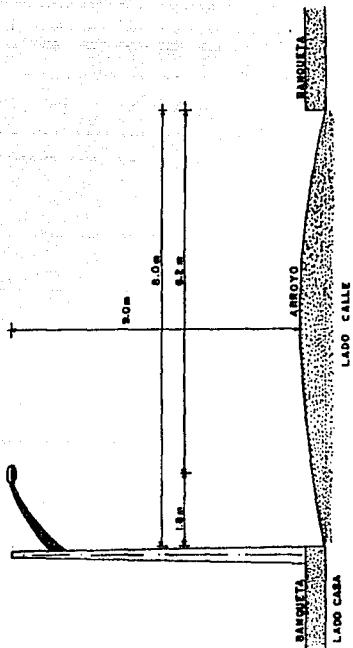
En la ciudad de Durango localizada al norte de la República Mexicana, cuyo acceso principal es el entronque con la carretera Zacatecas-Durango, se encuentra el área de estudio cuya superficie es de aproximadamente 7080 m<sup>2</sup>, la cual corresponde a la vía perimetral. En este ejemplo se analiza solamente un tramo de 120 mts.

El cálculo realizado se hizo primeramente en forma manual con el apoyo de tablas y recomendaciones, producto de estudios y pruebas con los diferentes tipos de luminarios.

El resultado de los cálculos elaborados en forma manual fueron corroborados por medio del programa de computadora denominado CALA ( Computer Aided Lighting Analisis ), desarrollado por la Compañía Holophane, S.A. de C.V., encontrándose una diferencia entre ambos cálculos de 3.0 % el cual no es significativo para el nivel de iluminación requerido.

La diferencia en los resultados es debida a la mayor exactitud y precisión de la computadora.

El luminario catálogo HOV-25-Z 250 watts, vapor de sodio alta presión, curva tipo III, media, semi-cutoff utilizado se escogio por su alto rendimiento en lúmenes con relación a su potencia eléctrica, ahorro de energía y mayor penetración de luz con lluvia y niebla.



**DETALLE REPRESENTATIVO**

**DETALLE REPRESENTATIVO**

**DATOS:**

ANCHO DEL ARROYO	8.00 M
ALTURA DE MONTAJE	9.00 M
SALIENTE DEL BRAZO	1.80 M
LUMINARIO No. HOV-25-Z	TIPO I.E.S. SEMIRECORTADO
NIVEL DE ILUMINACION	15 LUX
LAMPARA	250 WATTS V.S.A.P.
FACTOR POR DIFERENCIA DE ALTURA	1.0
FACTOR POR DIFERENCIA DE LUMENES	1.0
DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION (C.U.)	

C.U. TOTAL = C.U. lado calle + C.U. lado casa

$$\text{RELACION LADO CALLE} = \frac{\text{Distancia transversal lado calle}}{\text{Altura de montaje}}$$

$$R = \frac{6.20}{9} = 0.688 \quad \sim \quad 0.69$$

Trasladando este valor (R=0.69) a la curva de distribución tenemos:

$$\text{C.U. Lado calle} = 0.22$$

$$\text{RELACION LADO CASA} = \frac{\text{Distancia transversal lado casa}}{\text{Altura de montaje}}$$

$$R = \frac{1.80}{9} = 0.20$$

Trasladando este valor (R=0.20) a la curva de distribución tenemos:

$$\text{C.U. Lado casa} = 0.04$$

$$\text{Por lo tanto: C.U. total} = 0.22 + 0.04 = 0.26$$

Determinación del factor de mantenimiento :

Para el valor del factor de conservación por suciedad (L.D.D.), considerando el luminario ventilado tomaremos éste de la tabla siguiente:

#### FACTOR DE CONSERVACION POR SUCIEDAD

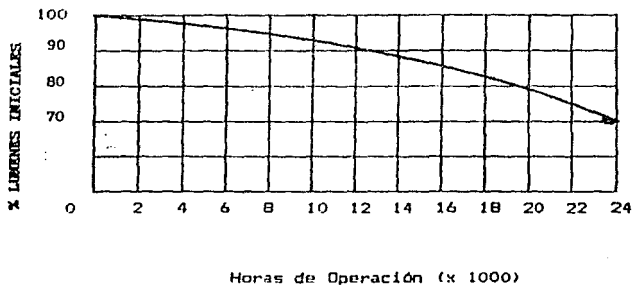
(I.E.S.)

TIPO DE LUMINARIO	FACTOR RECOMENDADO
HERMETICA	0.87 - 0.80
VENTILADA	0.80 - 0.70
ABIERTA	0.75 - 0.65

Por lo tanto L.D.D. = 0.75

El factor de depreciación del flujo luminoso (L.L.D.) se determinará por medio de la curva de depreciación de la lámpara a utilizar y será igual a la relación del flujo emitido por la lámpara al 50 % de su vida y el flujo inicial.

CURVA DE DEPRECIACION LUMINICA DE UNA LAMPARA DE V.S.A.P. A 250 W.



El factor de depreciación de flujo es = L.L.D. = 0.91

Con los dos factores obtenidos procedemos a calcular el factor de mantenimiento.

FACTOR DE MANTENIMIENTO = FACTOR DE DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO DE LA LAMPARA POR FACTOR DE CONSERVACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO:

$$F_m = (0.75) (0.91) = 0.68$$

Calculo del espaciamento interpostal:

$$S = \frac{LL \times C.U. \times Fm}{E \times A}$$

DONDE:

S = Distancia interpostal

LL = Lúmenes por luminario

C.U. = Coeficiente de utilización total

F.M. = Factor de mantenimiento

E = Nivel de iluminación

A = Ancho de Arroyo

Para E = 15 luxes

$$S = \frac{(27500) (0.26) (0.68)}{(15) (8)} = \frac{4862}{120} = 40.52 \text{ mts}$$

Para S = 40 mts

$$E = \frac{(27500) (0.26) (0.68)}{(40) (8)} = \frac{4862}{320}$$

E = 15.20 Luxes Promedio Mantenidos



Los calculos nos indican que con un espaciamento de 40.0 m. tenemos un nivel de iluminacion promedio mantenido de 15 luxes.

Con la relación entre altura de montaje y ancho de la calle calculamos el tipo de disposición a utilizar.

$$R = \frac{9.0}{8.0} = 1.125$$

Segun tabla número 10 el valor corresponde a una disposición: UNILATERAL.

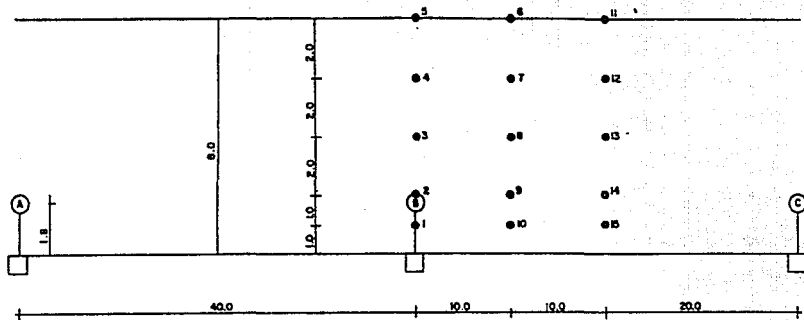
De acuerdo a lo anterior, procedemos a comprobar si estamos en lo correcto, utilizando las curvas isolux o isofootcandle de la página 225, analizamos el tramo de la página 224.

Punto numero 1 Respecto a los luminarios "A" y "C"

$$P = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{40.0}{9.0} = 4.44$$

$$\therefore (0.4) (2) = 0.08 \text{ fc}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.80}{9.0} = 0.09$$



TRAMO DE CALCULO

ESC.- SIN

ACOT.- MTR.

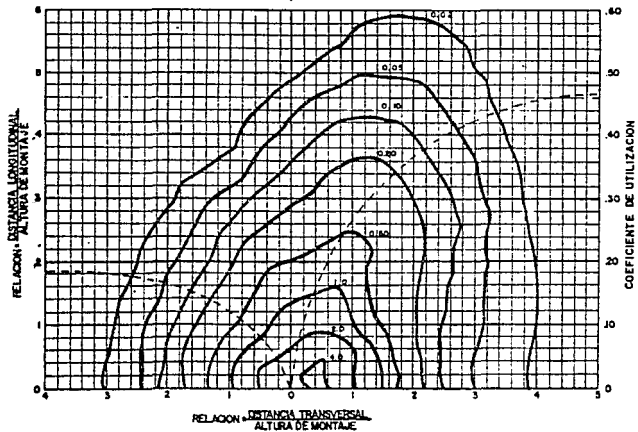
LUMINARIO: - HOLLOWAYE N° NOV-25-Z LAMPARA: - 260 W LUMENES: - 27800

TIPO: - SEMI-CUTOFF ALTURA DE MONTAJE: - 30' FECHA: - 28-10-87



LADO CASA

LADO CALLE



Punto No. 1 Respecto al luminario "B".

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.00}{9.0} = 0.0$$

.. 3.2 fc

$$\text{Relacion} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.8}{9.0} = 0.09$$

.. El punto 1 respecto a los luminarios A, B, C, es :

$$E_1 = (0.08 + 3.2) = 3.28 \text{ fc iniciales.}$$

Para obtener el nivel de iluminacion mantenido del caso analizado se debe multiplicar por el factor mantenido (0.68).

$$E_1 = (3.28) (0.68) = 2.2304 \text{ fc Mantenidos.}$$

Como : 1 fc = 10.76 luxes; factor por diferencia de altura = 1;  
factor para diferencia de lumenes = 1.

$$E_1 = (2.2304) (10.76) = 24.00 \text{ luxes Mantenidos}$$

Punto No. 2 Respecto a los luminarios "A" y "C"

$$R = \frac{\text{Distancia longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{40.0}{9.0} = 4.4$$

$$\therefore (0.045) (2) = 0.09 \text{ fc}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.20}{9.0} = 0.02$$

Punto No. 2 Respecto al luminario "B"

$$R = \frac{\text{Distacia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.0}{9.0} = 0.0$$

$$\therefore 3.5 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.20}{9.0} = 0.02$$

\therefore El punto 2 respecto a los luminarios A, B, C es:

$$E_2 = (3.5 + 0.09) = 3.59 \text{ fc iniciales}$$

$$E_2 = (0.68) (3.59) = 2.4412 \text{ fc Mantenidos}$$

$$\therefore E_2 = (2.4412) (10.76) = 26.27 \text{ luxes Mantenidos.}$$

Punto No. 3 Respecto a los luminarios "A" y "C"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{40.0}{9.0} = 4.4$$

$$\therefore (0.053) (2) = 0.106 \text{ fc.}$$

Punto No. 3 Respecto al luminario "B"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.00}{9.0} = 0$$

$$\therefore 4.0 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{2.20}{9.0} = 0.24$$

∴ El punto No. 3 respecto a los luminarios A,B,C es:

$$E_2 = (0.106 + 4.0) = 4.106 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_3 = (0.68) (4.106) = 2.7921 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$\therefore E_3 = (2.7921) (10.76) = 30.05 \text{ Lux Mantenidos.}$$

Punto No. 4 Respecto a los luminarios "A" y "C"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{40.0}{9.0} = 4.4$$

$$\therefore (0.067) (2) = 0.134 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{4.20}{9.0} = 0.47$$

Punto No. 4 Respecto al luminario "B"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.00}{9.0} = 0.0$$

$$\therefore 4.5 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{4.20}{9.0} = 0.47$$

\therefore El punto No. 4 respecto a los luminarios A,B,C es:

$$E_4 = (0.134 + 4.5) = 4.634 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_4 = (4.634) (0.68) = 3.1511 \text{ fc. Mantenidos.}$$

\therefore  $E_4 = (3.1511) (10.76) = 33.91 \text{ Lux Mantenidos.}$

Punto No. 5 Respecto a los luminarios "A" y "C"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{40.0}{9.0} = 4.4$$

$$\therefore (0.075)(2) = 0.15 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{6.20}{9.0} = 0.69$$

El punto No. 5 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{0.0}{9} = 0.0$$

$$\therefore 3.5 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{6.2}{9.0} = 0.69$$

$$E_s = (3.5 + 0.15) = 3.65 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_s = (3.65) (0.68) = 2.482 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_s = (2.482) (10.76) = 26.71 \text{ Lux Mantenidos.}$$



Punto No. 6 Respecto al luminario "A"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{50.00}{9.0} = 5.55$$

∴ 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{6.20}{9.0} = 0.69$$

Punto No. 6 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{10.0}{9.0} = 1.11$$

∴ 1.7 fc.

$$R = \frac{6.2}{9.0} = 0.69$$

Punto No. 6 respecto al luminario "C"

$$R = \frac{30.0}{9.0} = 3.33$$

∴ 0.23 fc.

$$R = \frac{6.2}{9.0} = 0.69$$

∴ Punto No. 6 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_1 = (1.7 + 0.23) = 1.93 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_2 = (1.93) (0.68) = 1.3124 \text{ fc. Mantenidos.}$$

∴  $E_3 = (1.3124) (10.76) = 14.12 \text{ Lux Mantenidos.}$

Punto No. 7 Respecto al luminario "A"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{50.00}{9.0} = 5.55$$

∴ 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{4.20}{9.0} = 0.47$$

Punto No. 7 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{10.0}{9.0} = 1.11$$

∴ 1.6 fc.

$$R = \frac{4.2}{9.0} = 0.47$$

Punto No. 7 respecto al luminario "C"

$$R = \frac{30.0}{9.0} = 3.33$$

∴ 0.20 fc.

$$R = \frac{4.2}{9.0} = 0.47$$

.. Punto No. 7 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_7 = (1.6 + 0.2) = 1.8 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_7 = (1.8) (0.68) = 1.224 \text{ fc. Mantenidos.}$$

..  $E_7 = (1.224) (10.76) = 3.17 \text{ Lux Mantenidos.}$

Punto No. 8 Respecto al luminario "A"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{50.00}{9.0} = 5.55$$

.. 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{2.20}{9.0} = 0.24$$

Punto No. 8 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{10.0}{9.0} = 1.11$$

.. 1.5 fc.

$$R = \frac{2.2}{9.0} = 0.24$$

Punto No. 8 respecto al luminario "C"

$$R = \frac{30.0}{9.0} = 3.33$$

∴ 0.16 fc.

$$R = \frac{2.2}{9.0} = 0.24$$

∴ Punto No. 8 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_4 = (1.5 + 0.16) = 1.66 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_4 = (1.66) (0.68) = 1.1288 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_4 = (1.1288) (10.76) = 12.14 \text{ Lux Mantenidos.}$$

Punto No. 9 Respecto al luminario "A"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{50.00}{9.0} = 5.55$$

∴ 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.20}{9.0} = 0.02$$

Punto No. 9 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{10.0}{9.0} = 1.11$$

∴ 1.3 fc.

$$R = \frac{0.2}{9.0} = 0.02$$

Punto No. 9 respecto al luminario "C"

$$R = \frac{30.0}{9.0} = 3.33$$

∴ 0.14 fc.

$$R = \frac{0.2}{9.0} = 0.02$$

∴ Punto No. 9 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_s = (1.3 + 0.14) = 1.44 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_s = (1.44) (0.68) = 0.9792 \text{ fc. Mantenidos.}$$

∴  $E_s = (0.9792) (10.76) = 10.54 \text{ Lux Mantenidos.}$

Punto No. 10 Respecto al luminario "A"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{50.00}{9.0} = 5.55$$

∴ 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.80}{9.0} = 0.09$$

Punto No. 10 respecto al luminario "B" es:

$$R = \frac{10.0}{9.0} = 1.11$$

∴ 1.2 fc.

$$R = \frac{0.8}{9.0} = 0.09$$

Punto No. 10 respecto al luminario "C"

$$R = \frac{30.0}{9.0} = 3.33$$

∴ 0.12 fc.

$$R = \frac{0.8}{9.0} = 0.09$$

∴ Punto No. 10 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{10} = (1.2 + 0.12) = 1.32 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{10} = (1.32) (0.68) = 0.8976 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_{10} = (0.8976) (10.76) = 9.66 \text{ Lux Mantenidos.}$$



Punto No. 11 Respecto al luminario "A" y "D"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{60.00}{9.0} = 6.67$$

∴ 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{6.20}{9.0} = 0.69$$

Punto No.11 respecto al luminario "B" y "C" es:

$$R = \frac{20.0}{9.0} = 2.22$$

∴ (0.625) (2) = 1.25 fc.

$$R = \frac{6.2}{9.0} = 0.69$$

Punto No. 11 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{11} = 1.25 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{11} = (1.25) (0.68) = 0.85 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_{11} = (0.85) (10.76) = 9.15 \text{ Lux Mantenidos.}$$

Punto No. 12 Respecto al luminario "A" y "D"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{60.00}{9.0} = 6.67$$

.. 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{4.20}{9.0} = 0.47$$

Punto No.12 respecto al luminario "B" y "C" es:

$$R = \frac{20.0}{9.0} = 2.22$$

$$\dots (0.50) (2) = 1.0 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{4.2}{9.0} = 0.47$$

.. Punto No. 12 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{12} = 1.0 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{12} = (1.0) (0.68) = 0.68 \text{ fc. Mantenidos.}$$

..  $E_{12} = (0.68) (10.76) = 7.32 \text{ Lux Mantenidos.}$

Punto No. 13 Respecto al luminario "A" y "D"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{60.00}{9.0} = 6.67$$

.. 0.0 fc.

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{2.20}{9.0} = 0.24$$

Punto No. 13 respecto al luminario "B" y "C" es:

$$R = \frac{20.0}{9.0} = 2.22$$

$$\therefore (0.45) (2) = 0.9 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{2.2}{9.0} = 0.24$$

∴ Punto No. 13 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{13} = 0.9 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{13} = (0.9) (0.68) = 0.612 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_{13} = (0.612) (10.76) = 6.58 \text{ Lux Mantenidos.}$$

Punto No. 14 Respecto al luminario "A" y "D"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{60.00}{9.0} = 6.67$$

$$\therefore 0.0 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.20}{9.0} = 0.02$$

Punto No.14 respecto al luminario "B" y "C" es:

$$R = \frac{20.0}{9.0} = 2.22$$

$$\therefore (0.43) (2) = 0.86 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{2.2}{9.0} = 0.02$$

.. Punto No. 14 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{14} = 0.86 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{14} = (0.86) (0.68) = 0.5848 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$E_{14} = (0.5848) (10.76) = 6.29 \text{ Lux Mantenidos.}$$

Punto No. 15 Respecto al luminario "A" y "D"

$$R = \frac{\text{Distancia Longitudinal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{60.00}{9.0} = 6.67$$

$$.. 0.0 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}} = \frac{0.80}{9.0} = 0.09$$

Punto No.15 respecto al luminario "B" y "C" es:

$$R = \frac{20.0}{9.0} = 2.22$$

$$\therefore (0.425) (2) = 0.85 \text{ fc.}$$

$$R = \frac{0.8}{9.0} = 0.09$$

.. Punto No. 15 respecto a los luminarios A,B,C es :

$$E_{15} = 0.85 \text{ fc. Iniciales}$$

$$E_{15} = (0.85) (0.68) = 0.578 \text{ fc. Mantenidos.}$$

$$\therefore E_{15} = (0.578) (10.76) = 6.22 \text{ Lux Mantenidos.}$$

De la misma manera se calculan todos los demás puntos sobre la vfa de estudio.

**TABLA DE DATOS FOTOMETRICOS DEL LUMINARIO UTILIZADO EN EL DISEÑO,  
"HOV - 25 - Z" DE 250 W VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION.**

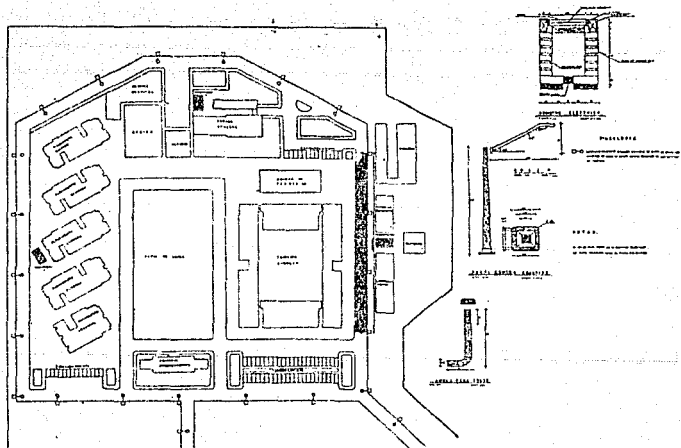
LUMINARIA PUNTO	A	B	C	D	TOTALES MANT. CALCULADOS (LUMENS)	TOTALES MANT. PROGRAMA (LUMENS)
1	0.04	3.2	0.04	0.0	24.00	27.00
2	0.048	3.6	0.048	0.0	26.27	28.60
3	0.052	4.0	0.052	0.0	30.04	32.16
4	0.057	4.8	0.057	0.0	33.81	35.10
5	0.076	3.8	0.076	0.0	28.71	29.50
6	0.0	1.70	0.23	0.0	14.12	15.40
7	0.0	1.60	0.20	0.0	13.17	13.20
8	0.0	1.60	0.16	0.0	12.14	11.60
9	0.0	1.80	0.14	0.0	10.54	10.20
10	0.0	1.20	0.12	0.0	9.66	9.60
11	0.0	0.825	0.825	0.0	9.18	7.8
12	0.0	0.80	0.80	0.0	7.32	6.9
13	0.0	0.48	0.48	0.0	5.92	3.8
14	0.0	0.42	0.42	0.0	5.22	3.4
15	0.0	0.455	0.455	0.0	6.22	3.05
TOTALER:	0.28	28.00	2.88	0.0	236.12	243.31

$$\text{PROMEDIO CALCULADO} = \frac{236.12}{15} = 15.74$$

$$\text{PROMEDIO PROGRAMA} = \frac{243.31}{15} = 16.22$$

$$\text{DIFERENCIA} = \frac{(16.22 - 15.74) \times 100}{16.22} = 2.96 \%$$





**CAPITULO X**

**ILUMINACION DE  
TUNELES.**

# **ILUMINACION DE TUNELES.**

## **INTRODUCCION:**

En la iluminación de túneles no es posible proporcionar recomendaciones específicas debido a la gran variedad de ellos.

La buena visibilidad es el objetivo. El diseño debe considerar tanto el túnel, como las áreas adyacentes.

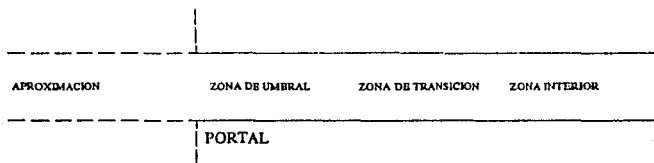
Muchos factores ayudan o perjudican la visibilidad, los factores más importantes son :

- 1.- Características de la carretera al aproximarse al túnel.
- 2.- Características del interior del túnel (Paredes, piso y techo).
- 3.- Características del área alrededor de la entrada al túnel.
- 4.- Condiciones atmosféricas y del entorno.
- 5.- Características del tráfico vehicular.
- 6.- Orientación respecto al sol.

La información es presentada en base a las necesidades de visibilidad en las proximidades del túnel y dentro de éste. Están incluidos tanto los túneles como los pasos a desnivel (Largos y Cortos ), la iluminación en la noche la cual debe ser tan buena como en el día, el tratamiento de las superficies interiores y exteriores, sistemas eléctricos, equipo de iluminación, mantenimiento e iluminación del camino en la zona de aproximación al túnel.

## CARACTERISTICAS FISICAS.

**Definición de Túnel:** Un túnel puede ser definido como un enclaustre o encierro en un camino o carretera, el cual restringe la iluminación normal existente a lo largo del camino, y por tanto requiere de una evaluación de la necesidad de suministrar iluminación adecuada para proporcionar al conductor una visibilidad y confort adecuados. Estos enclaustramientos pueden estar formados por materiales naturales, tales como tierra y piedra, o bien construidos con acero y concreto. ver la siguiente figura.



### DESCRIPCION DE LOS TERMINOS ASOCIADOS CON LA ILUMINACION DE TUNELES.

**APROXIMAMIENTO:** Area extrema de la carretera en contacto con la cabecera del túnel.

**PORTAL:** Entrada al interior del túnel.

**ZONA DE UMBRAL:** Area donde se hace la transición de un alto nivel de iluminación a la zona en donde el nivel es más bajo.

**ZONA INTERIOR:** Parte intermedia del túnel donde se encuentra el nivel más bajo de iluminación.

**Nota:** La longitud de las zonas pueden variar de acuerdo a los parámetros de diseño.

## CLASIFICACION

Un túnel puede ser clasificado en dos categorías, túnel corto y túnel largo, dependiendo de su longitud.

**TUNEL CORTO:** Un túnel corto es aquel que tiene un largo igual o menor a la distancia mínima (S.S.S.D.) Safe Stopping Sight Distance, (Distancia mínima de frenado con visión normal), apropiada para la velocidad del tráfico cuando este entra al túnel (ver tabla siguiente).

VELOCIDAD DEL TRAFICO		DISTANCIA MINIMA DE VISION SEGURA PARA FRENADO	
km/h	MILLAS/h	METROS	PIES

48	30	60	200
64	40	90	300
80	50	140	450
88	55	165	540
96	60	200	650
104	65	220	720

**TUNEL LARGO:** Es aquel que tiene una longitud mayor al S.S.S.D.

## OPTIMIZACION DE VISIBILIDAD EN EL TUNEL Y CARACTERISTICAS DE APROXIMACION.

El problema crítico de un conductor que se aproxima a un túnel, es el de adaptarse al cambio de nivel luminoso y sobreponerse al efecto de hoyo negro creado por la gran diferencia

de brillantez externa e interna. En consecuencia el diseño del sistema de iluminación para incrementar el nivel luminoso en el interior del túnel es importante, así como el diseño de la estructura en la aproximación del túnel y sus entornos para dar características que auxilien al sistema de iluminación para reducir el nivel externo excesivo. Dichas características físicas deben favorecer los costos de estructura y sería ideal que pudieran ser incorporados a los túneles ya existentes.

#### **REDUCCION DE LA BRILLANTEZ DEL DIA.**

Las entradas al túnel, paredes adyacentes, pavimento cercano y otras características externas en el campo de visión del conductor, pueden obscurecer y reducir su radio de visión en la iluminación interna. Por tanto se recomienda el uso de superficies tratadas, revestidas y con vegetación para disminuir la reflectancia.

La oscuridad de estas superficies externas reduce el nivel de brillantez para que el ojo humano se adapte principalmente a la entrada del túnel, y así reducir el tiempo de adaptación por la baja brillantez dentro del túnel.

En los túneles convencionales se debería reconsiderar la posibilidad de usar plantas, cubiertas o louvers para incrementar el valor de obscurecimiento en la parte alta de la entrada a estos.

#### **FACTORES DE DISEÑO EN EL APROXIMAMIENTO Y ENTRADA.**

La cantidad y duración de la luz del día que entra al túnel, depende de la orientación de este con respecto a la trayectoria que sigue el sol en el cielo. Los sistemas de iluminación deben ser capaces de combinar las condiciones de dicha orientación.

El uso de entradas más grandes y de mayor altura incrementa la cantidad de luz de día que penetra en el interior del túnel y por lo tanto disminuye la cantidad de luz artificial requerida; sin embargo, el aumento de la altura del túnel, incrementa el costo de la estructura del mismo.

El diseño apropiado de cubiertas y louvers colocadas sobre la entrada del túnel, ha sido usada para reducir la sensación de inseguridad que se presenta cuando un conductor entra al túnel, debido a la gran diferencia de brillantez.

A pesar de que esta técnica puede reducir el nivel requerido de luz en el túnel y de esta manera ahorrar energía eléctrica, las cubiertas para sol que ahora se usan, han tenido gran dificultad de mantenimiento, así como la acumulación de suciedad, depreciación permanente de sus propiedades de reflexión y transmisión de luz, así como acumulación de hielo y nieve en la cubierta y en el camino.

Los altos costos de tales sistemas, junto con sus excesivos costos de mantenimiento, han impedido su uso generalizado.

## **OPTIMIZACION DE LA VISIBILIDAD EN EL INTERIOR DEL TUNEL.**

Para optimizar el uso de la luz natural, así como de la iluminación artificial suplementaria, se recomienda que las superficies de las paredes sean de fácil mantenimiento, alta reflexión y acabado no espejo, teniendo una reflectancia de por lo menos del 50% inicialmente.

En túneles donde la reflectancia de la superficie del techo propicia la utilización de sistemas de iluminación, como aquellos que tienen el techo curvado, estas superficies recibirían igual tratamiento. Las paredes interiores que tienen superficie vertical de alivio para reducir el ruido del tráfico proporcionarían más brillantez en las paredes.

En túneles con trayectoria en forma de curva, o con curva en el camino cerca de la entrada a este, se presenta una alta brillantez de las paredes que es de gran importancia en el conocimiento de las necesidades de visibilidad.

Túneles relativamente angostos donde la relación de ancho a alto es aproximadamente 3 o menos, normalmente desarrollan una buena visibilidad como resultado de luz reflejada debido a la reflexión de las paredes.

Túneles que tienen grandes valores de ancho a alto normalmente requieren iluminación complementaria.

En las entradas del túnel, la luz del sol que penetra puede ser optimizada con el uso de texturas controladas de la superficie de techo a pared. El uso de paredes corrugadas, pavimentos de acabado burdo, u otros tratamientos que producen un alivio a la superficie, incrementaran la retroreflexión de luz que entra al túnel a través de las superficies planas.

#### **TIPOS DE SUPERFICIES DE PAVIMENTOS.**

El uso de materiales de color negro en las superficies cercanas a la entrada del túnel y de color claro en el interior a lo largo de una distancia menor o igual a la S.S.S.D. reducirá la diferencia de brillantez del exterior y el interior. Sin embargo, el diseñador debe aceptar la posibilidad de utilizar recubrimientos en el futuro con materiales de acabado más claro.



## **CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA ILUMINACION.**

Las consideraciones de diseño de iluminación de túneles son las siguientes:

- 1.- Velocidad y cantidad del tráfico.
- 2.- Brillantez externa.
- 3.- Clasificación del túnel.
- 4.- Brillantez durante el amanecer y el anochecer.
- 5.- Equipo eléctrico y de iluminación.
- 6.- Efecto flicker (parpadeo)
- 7.- Efecto de escalera.

### **1.- VELOCIDAD Y CANTIDAD DE TRAFICO.**

Los túneles con gran cantidad de tráfico circulando a alta velocidad, requieren niveles más altos de iluminación que los túneles con poca circulación y menor velocidad.

Los niveles de alta brillantez ayudan al conductor en el desempeño seguro del manejo.

Un gran volumen de tráfico aumenta la probabilidad de tener una frenada inesperada o una maniobra imprevista. Las altas velocidades reducen el tiempo necesario para la adaptación del ojo y poder reaccionar ante una situación peligrosa.

## **2.- BRILLANTEZ EXTERNA.**

La brillantez externa debe ser considerada, ya que el ojo esta adaptado al nivel de brillantez exterior y al pasar al interior del túnel encontrara un nivel diferente, o al salir de este desde que el conductor se aproxima al túnel, mira la entrada de este y por tanto percibe la brillantez de la entrada y su entorno.

## **3.-CLASIFICACION DEL TUNEL.**

Los túneles cortos, con una longitud menor al S.S.S.D., rectos y sin pendiente en carretera, pueden llegar a proporcionar una buena visibilidad sin necesidad de iluminación complementaria durante el día. En estos casos, la visibilidad es provista por resaltes de contraste negativo, con altos valores de brillantez proporcionada por las entradas del túnel.

En túneles con trayectoria curvada, donde la salida del túnel no es visible al entrar a este, se requiere de iluminación complementaria. Estos túneles cortos pueden tener una zona iluminada, igual a la brillantez de la zona de umbral tomada de la tabla de la pag. 257.

Los túneles largos requieren de zonas con iluminación considerable.

VALORES DE BRILLANTEZ RECOMENDADOS MANTENIDOS DE PAVIMENTO. EN LA ZONA DE UMBRAL DE TUNELES DE CARRETERAS.

Características del Tunnel	Vel. de Tráfico		Volumen del Tráfico AAD *			
	KM/HR.	MILLAS/HR.	< 25,000	25-89,999	90-150,000	> 150,000
			Candelas/M <sup>2</sup>			
Tuneles en montañas, declive moderado pocas construcciones alrededor. Orientación Este-Oeste.	≥ 81	50	210	250	290	330
	61-80	38-49	180	220	260	300
	≤ 60	37	140	185	230	270
Tuneles con mayor declive, cuesta oscura. Portal con entornos de media brillantez promedio anual.	≥ 81	50	145	175	205	235
	61-80	38-49	130	160	190	220
	≤ 60	37	105	140	170	200
Portales cubiertos, superficies oscuras o construcciones alrededor de la entrada.	≥ 81	50	80	100	115	130
	61-80	38-49	70	90	105	120
	≤ 60	37	60	80	95	110
Tuneles con reducción de brillantez exterior. Orientación Nor-Sur						

\* TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUALIZADO

#### **4.-BRILLANTEZ DEL TUNEL DURANTE EL AMANECER Y EL ANOCHECER.**

**ZONA DE UMBRAL:** La brillantez del túnel en el día en la zona de umbral deber ser relativamente alta para proporcionar visibilidad durante la adaptación del ojo cuando el conductor entra al túnel. Se debe seleccionar la brillantez apropiada para la zona de umbral, en candelas sobre metro cuadrado para la zona de umbral (de la tabla de la pag. 257). Como se puede apreciar la brillantez requerida depende basicamente de las características del túnel y velocidad y cantidad del tráfico. La longitud de la zona de umbral iluminada, puede ser de 15 metros menos que el S.S.S.D. (S.S.S.D. - 15 Metros ).

**ZONA INTERIOR.** La luz del día en el interior de un túnel largo, es mínima, por tanto los ojos del conductor tendrán que adaptarse a la brillantez más baja de la zona de umbral. La brillantez en la zona interior del túnel debe tener un mínimo de 5 candelas sobre metro cuadrado con una uniformidad que no debe exceder de 3 : 1 , promedio a mínimo.

**ZONA DE TRANSICION.** La brillantez de la luz de día en la zona de transición debe disminuir de la zona de umbral a la zona interior sobre una longitud igual al S.S.S.D. la iluminación de la zona de transición se puede llevar a cabo de varias formas: aumentar el espaciamiento entre luminarios, o colocar menos lámparas por luminario en el caso de luminarios fluorescentes, colocar lámparas de menor potencia o combinación de todo lo anterior.

La brillantez puede ser reducida en partes del mismo tamaño . La primera parte puede ser mayor o igual a 1/4 de la brillantez de la zona de umbral. La última parte puede ser menor o igual a dos veces la brillantez de la zona interior. La zona inmediata debiera ser mayor o igual a 1/3 de la zona anterior.

#### **DURANTE LA NOCHE.**

Durante la noche los ojos del conductor estan adaptados a un menor valor de brillantez exterior, por lo tanto se recomienda una brillantez mínima de 2.5 candelas sobre metro cuadrado para el túnel completo.

## VALORES DE UNIFORMIDAD.

Los valores de uniformidad dentro del túnel pueden ser iguales a aquellos usados para la iluminación de carreteras en general, (ver tabla siguiente).

VALOR RECOMENDADO DE UNIFORMIDAD Y VALOR DE ATENUACION DE BRILLANTEZ PARA TUNELES.

CLASIFICACION DE AREA Y CARRETERA	UNIFORMIDAD DE LUMINANCIA		VALOR MAXIMO DE ATENUACION DE LUMINANCIA Lv a Lprom.	VALOR DE UNIFORMIDAD CFI, NIVEL DE ILUMINACION Fprom. a Fmin.
	Lprom. a Lmin.	Lmax. a Lmin.		
AUTOPISTA CLASE A	3.5 a 1	6 a 1	0.3 a 1	3 a 1
AUTOPISTA CLASE B	3.5 a 1	6 a 1	0.3 a 1	
CARRETERA RAPIDA	COMERCIAL	3 a 1	5 a 1	
	INTERMEDIO	3 a 1	5 a 1	0.3 a 1
	RESIDENCIAL	3.5 a 1	6 a 1	
CARRETERA FEDERAL	COMERCIAL	3 a 1	5 a 1	3 a 1
	INTERMEDIO	3 a 1	5 a 1	3 a 1
	RESIDENCIAL	3.5 a 1	6 a 1	
CARRETERA ESTADAL	COMERCIAL	3 a 1	5 a 1	
	INTERMEDIO	3 a 1	6 a 1	0.4 a 1
	RESIDENCIAL	4 a 1	8 a 1	4 a 1
CAMINO LOCAL	COMERCIAL	6 a 1	10 a 1	
	INTERMEDIO	6 a 1	10 a 1	0.4 a 1
	RESIDENCIAL	6 a 1	10 a 1	6 a 1

ADAPTADO DEL AMERICAN NATIONAL STANDARD PRACTICE FOR ROADWAY LIGHTING, ANSII/IES RP-8-1983.

## CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO.

Los valores de brillantez recomendados en la tabla de la pag 257 representan los valores más bajos de servicio que pueden ser permitidos a lo largo de la vida de operación del sistema, por lo tanto la brillantez inicial en el túnel, cuando recién esta instalado el sistema debe ser mayor para compensar la depreciación de los lúmenes de la lámpara, la depreciación por suciedad y la depreciación de la reflectancia de las superficies del túnel que se presentan después de la instalación del sistema.

La depreciación de los lúmenes de la lámpara depende del tipo de esta.

La depreciación por suciedad en los luminarios depende de la construcción de estos y del ciclo de limpieza que se les da. Si los luminarios estan bien sellados y los refractores son lavados frecuentemente, la pérdida de luz por suciedad acumulada, se puede reducir.

Si el mantenimiento y reemplazo de lámparas es pobre, la pérdida de luz puede ser severa.

El deterioro en la reflectancia de las superficies del túnel depende de la frecuencia y minuciosidad de la limpieza de estas superficies.

Cuando estos tres factores de depreciación son tomados en cuenta el factor de pérdida de luz puede estar en el rango de 0.25 a 0.60. Antes de elegir un sistema de iluminación se recomienda hacer un análisis comparativo de costos, comparando el costo inicial de la instalación, costos de energía eléctrica, así como de mantenimiento (cambio de lámparas, limpieza de luminarios y limpieza de las superficies del túnel). La decisión final debe ser tomada en base al diseño del sistema de iluminación y costo de mantenimiento que ofrezca la mayor economía.

## 5.- EQUIPO ELECTRICO Y DE ILUMINACION.

**FUENTES DE LUZ:** Las lámparas fluorescentes, y de alta intensidad de descarga, son las fuentes de luz más usadas en la iluminación de túneles.

Las lámparas incandescentes rara vez se usan en las nuevas instalaciones debido a su baja eficacia y corta vida.

Los siguientes factores influyen en la selección de la fuente de luz en la iluminación de túneles:

- 1.- Eficacia
- 2.- Rendimiento de color y su efecto en los señalamientos y señales de tráfico.
- 3.- Potencia o lúmenes de salida.
- 4.- Vida útil
- 5.- Depreciación de los Lúmenes de la lámpara.
- 6.- Temperatura ambiente
- 7.- Costo
- 8.- Tiempo de reencendido
- 9.- Capacidad para controlar la distribución de luz.
- 10.- Capacidad de bajar su intensidad lumínica

11.- Tamaño físico.

12.- Durabilidad física.

#### **LUMINARIOS:**

Los luminarios para la iluminación de túneles deben ser rigurosamente contruidos para resistir las rudas condiciones de la mayorias de estos. Vibración, turbulencias de aire provocadas por los vehiculos, humos, suciedad del camino, salinidad, limpieza periódica con detergentes industriales y rociadores de agua a alta presión para tratamientos especiales, son algunas de las condiciones a las que estan expuestos los luminarios.

Los siguientes son factores que deben ser evaluados en el diseño, selección, instalación y prueba de equipo de iluminación:

- 1.- Prevención de que vapor, polvo y agua entren al luminario.
- 2.- Facilidad de limpieza y de reemplazo de lámparas y partes.
- 3.- Resistencia a la corrosión.
- 4.- Construcción física capaz de evitar movimientos o deformación durante la instalación, uso y servicio.
- 5.- Resistencia a altas y bajas temperaturas de operación en el interior del túnel.
- 6.- Excesivo deslumbramiento del luminario.



## **ENERGIA ELECTRICA Y CONTROL.**

El suministro de energía para la iluminación de túneles debe ser confiable. Incluso una pérdida momentánea de energía no puede ser tolerada debido a que se pueden provocar accidentes, cuando el conductor se encuentra con una completa oscuridad. Se puede garantizar

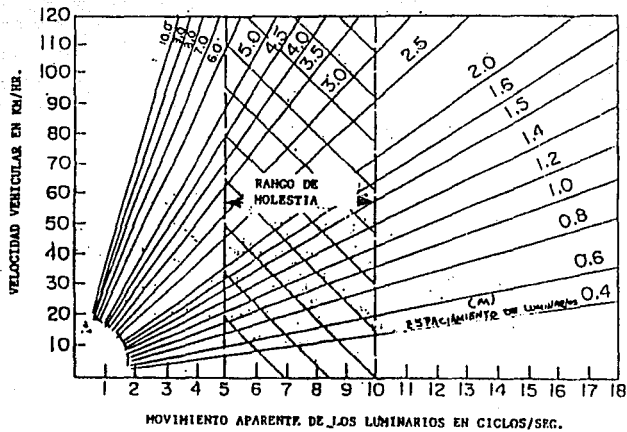
la seguridad en el interior del túnel utilizando dos fuentes separadas de energía eléctrica que pueden entrar en operación automáticamente al momento de falla en alguna de ellas. Se puede considerar inclusive la utilización de una planta de emergencia para suministrar por lo menos 1/5 del nivel de iluminación usado en la noche.

Los requerimientos de iluminación de túneles pueden variar durante la operación como resultado de la brillantez externa la cual varía de acuerdo al clima o a la posición del sol. Se pueden hacer instalaciones con luminarios que pueden ser encendidos u oscurecidos automáticamente de acuerdo a dichos cambios de luminarios.

## **EFECTO FLICKER.**

En el interior de un túnel iluminado, donde luminarios o sus imágenes reflejadas, están completamente o parcialmente a la vista de los ocupantes del vehículo, el efecto estroboscópico de pasar cerca de fuentes de luz espaciadas, puede provocar sensaciones indeseables. El efecto flicker depende de la intensidad de candelas de las fuentes cercanas a los ojos del observador, la ubicación de la fuente con respecto al campo de visión del conductor, y la frecuencia con que dichas fuentes aparentan estar moviéndose. La figura de la pag 264 muestra el rango de ciclos por segundo que está más cercano a producir este efecto indeseable.

El diseñador puede evitar luminarios espaciados dentro del rango de molestia mostrado ( 5 a 10 ciclos por segundo ).

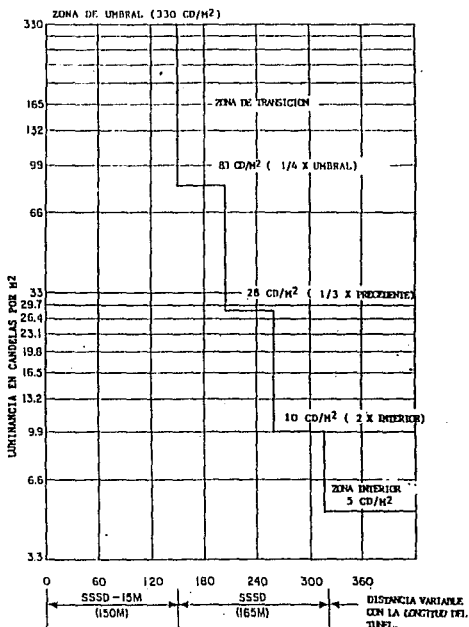


EFFECTO ESCALERA O EFFECTO FLICKER

## EJEMPLO DE ILUMINACION DE UN TUNEL.

Portal con alta brillantez en su alrededor; velocidad del tráfico 99 Km/hr; promedio diario anual de tráfico mayor a 150 000 en ambas direcciones.

La brillantez requerida en la zona de umbral es por lo tanto de la tabla de la pag. 257: 330 candelas / m<sup>2</sup> y la SSSD de la tabla de la pag. 251 es de 165 metros, en el siguiente diagrama se muestra la solución al problema.



## **CONCLUSIONES.**

## CONCLUSIONES.

Hemos tratado en este trabajo, los aspectos más relevantes del proyecto de iluminación de interiores, exteriores y túneles.

Los métodos de cálculo presentados, son la forma científica de aprovechar al máximo la luz que nos proporcionan las fuentes artificiales de luz, para el desarrollo óptimo de nuestras actividades. Sin embargo, el mundo de la iluminación profesional es muy extenso y apasionante. Cada uno de los temas aquí mencionados, bien podrían ser objeto de tema de tesis, cada uno por separado.

Como se pudo apreciar todo el conocimiento aquí presentado, es la recopilación de una gran cantidad de información, que se encontraba dispersa en diferentes libros o manuales de los principales fabricantes de lámparas y luminarios de México.

Existen temas, en los que irremediamente tuvimos que apoyarnos en fuentes externas, principalmente del Illuminating Engineering Application Notebook, ya que existen temas, principalmente de clasificación de carreteras y túneles, de los cuales no hay información similar en México. Sin embargo hemos intentado adaptar esta información a nuestro país, con miras a que en un futuro cercano, avancemos en estos temas y contemos con una clasificación e información, que refleje el 100 % la realidad mexicana.

Otro enfoque de gran importancia que se dió a esta tesis, es el ahorro de energía. Hemos demostrado que la combinación de fuentes más eficaces de luz, junto con luminarios eficientes, pueden hacer la diferencia entre un sistema de iluminación aparentemente barato en costos de instalación y muy caro en operación, que a fin de cuentas este último aspecto es el que importa. Podemos pues afirmar, que se trata de un ahorro mal entendido.

Afortunadamente las principales compañías públicas y privadas están ya, implementando planes concretos de ahorro de energía a través de dos principales vías:

- a) Sustitución de lámparas, por otras más eficaces, y
- b) Sustitución de luminarios, por otros más eficientes

**En ambos casos se trata de ahorrar energía y no luz.**

Ojala que el presente trabajo, cumpla con su objetivo de hacer una modesta aportación, en la formación de Ingenieros Mecánicos Electricistas, con los suficientes conocimientos de ingeniería en iluminación, capaces de asumir su responsabilidad y compromiso con el crecimiento de México.

## BIBLIOGRAFIA.

- |  |   |
|--|---|
| LUMINOTECNIA Y SUS APLICACIONES            | EMILIO CARRANZA C.  |
| ALUMBRADO URBANO                           | EMILIO CARRANZA C.  |
| RESUMEN HISTORICO DEL<br>ALUMBRADO PUBLICO | EMILIO CARRANZA C.  |
| LIGHTING HANDBOOK.                         | I.E.S.  |
| LIGHTING FUNDAMENTALS COURSE               | I.E.S. EDITADO POR LA SOCIEDAD<br>MEXICANA DE INGENIERIA DE<br>ILUMINACION. |
| CATALOGO CONDENSADO                        | HOLOPHANE 1991.   |
| MANUAL DE ALUMBRADO                        | HOLOPHANE.  |
| CATALOGOS                                  | HOLOPHANE.  |
| BOLETIN DE INGENIERIA.                     | SYLVANIA.   |
| MANUAL DE ALUMBRADO.                       | SYLVANIA.   |

**MANUAL DE ALUMBRADO**

**PHILLIPS.**

**MANUAL DE ALUMBRADO**

**FOCOS S.A.**

**MANUAL DE ALUMBRADO.**

**WESTINGHOUSE.**

**MANUAL DE ALUMBRADO.**

**OSRAM.**

**CATALOGOS**

**OSRAM.**

**CATALOGOS.**

**SOLAR.**

**CATALOGOS.**

**LUMISISTEMAS.**

**CATALOGOS.**

**BEKOLITE.**