

24



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

## ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS "PROYECTO DE ILUMINACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL APOYADO EN CALAPRO"

2052057

TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
JOSE ANTONIO CASANOVA ORDAZ

ASESOR : ING. JAIME RODRIGUEZ MARTINEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

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

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

" Iluminación e Instalaciones Electricas

Proyecto de Iluminación de una Nave Industrial

Apoyado en Calapro".

que presenta el pasante: José Antonio Casanova Ordaz.

con número de cuenta: 9216481-3 para obtener el título de :

Ingeniero Mecánico Electricista

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

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 7 de Mayo de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Ramon Osorio Galicia</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Pedro Guzmán Tinajero</u>	<u>[Firma]</u>

## **Agradecimientos:**

Quiero agradecer ante todo a mi DIOS, por dame la vida y por otorgarme a los padres mas maravillosos, gracias a ellos soy lo que soy ahora.

Gracias Madre, por ser tal como eres y apoyarme en los momentos más difíciles como el inicio de mi carrera y dame la fuerza para seguir adelante. Este éxito alcanzado será uno de tantos que habremos de cosechar y todo gracias a ti.

Gracias Padre por confiar en mí y dame perseverancia para el culminado de mi carrera, te agradezco hoy y siempre por el apoyo recibido. No te defraudaré.

Gracias a mis hermanos Lucy, Ignacio, Sylvia y Chivis que por sus logros alcanzados me han dado motivo para no quedarme atrás y estar siempre en la vanguardia. Sus palabras de ánimo siempre estuvieron presentes.

Gracias al Ingeniero Casildo Rodríguez por el compartir sus conocimientos en esta área ya que han servido mucho para la elaboración de esta tesina.

Gracias a los profesores de nuestra querida Facultad de Ingeniería de la Universidad Campus Cuautitlán , ya que su dedicación y empeño han dado frutos para nuevos y bien preparados ingenieros universitarios.

---

<i>Indice</i>	<i>Página</i>
Objetivo	3
Introducción	4
Capitulo 1 "Principales características y partes del ojo humano"	5
Capitulo 2 "Terminología"	12
Capitulo 3 "Factores que influyen para tener una excelente iluminación"	19
Capitulo 4 "Tipos de lampara para Nave industrial "	23
Capitulo 5 "Luminarios "	33
Capitulo 6 "Niveles de iluminación"	38
Capitulo 7 "Reflectancia y Factor de Mantenimiento"	48
Capitulo 8 "Proyecto de iluminación de una nave industrial usando el Método de Lumen y Método punto por punto"	58
Capitulo 9 "Programas de iluminación"	82
Capitulo 10 "Cálculos asistido por CALAPRO del proyecto"	90
Conclusiones	99
Bibliografía	100

---

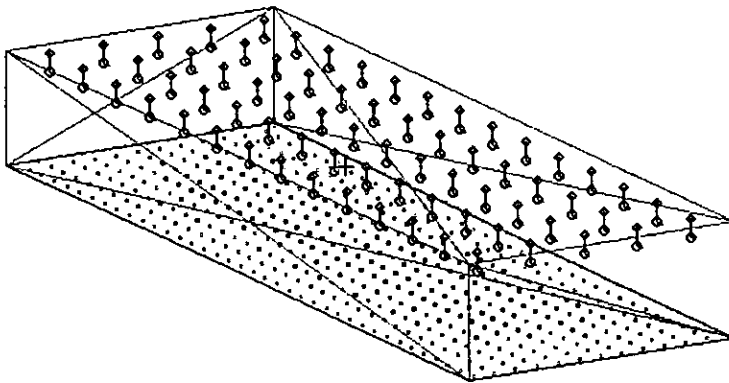
# Trabajo de Seminario

## Proyecto de Iluminación de una Nave Industrial Apoyado en CALAPRO.

AREA No.:1 Points:494 ORIENT:180 TILT:0 X:2.0 Y:14.0 Z:0.0

POINTS  
LAYOUT  
PRINT  
File  
Edit  
View  
Setup  
Options  
Help

W-I/O  
W-A/P  
U-P/Per  
Pan  
Params  
Digital  
Objects  
Display  
Redraw  
Delete  
Max-SI



Add/Loc

AREA 1 COMMENT:

CJ1

**Objetivos:**

- Dar a conocer la gran importancia que tiene para el ser humano una excelente iluminación en cualquier entorno especialmente en Naves Industriales.
- Considerar éste proyecto lo más realmente posible para aquellos que quieran desempeñarse en ésta área.
- Comprobar resultados del proyecto por medio de método tradicional y el uso de programas especializados en iluminación.
- Al culminar de leer este trabajo de Seminario, el lector será capaz de realizar un proyecto de iluminación básico.

## **Introducción**

Desde hace miles de años nuestros antepasados han hecho uso de la iluminación , esta se llevaba a cabo por medio de fogatas y antorchas para romper la oscuridad. Como fue avanzando el tiempo se usaron diferentes artefactos como llamas con diversos combustibles de muy poca eficacia y además despedían gases tóxicos y humos mal olientes, podemos asegurar que de verdad era un sacrificio iluminarse en la oscuridad.

Debido a estos malestares, los arquitectos al diseñar los palacios y diversas construcciones trataban en buscar un lugar en donde no fueran tan molestas las fuentes luminosas y no buscaban la eficacia luminosa y el confort visual.

Los luminarios eran colocados como simples añadidos a las construcciones proyectadas según conceptos arquitectónicos clásicos. Esta idea permaneció por mucho tiempo hasta que los arquitectos se dieron cuenta de que la iluminación era un factor positivo en el funcionamiento.

Tuvieron que pasar muchos años para que ocurrieran grandes cambios en el ramo de la iluminación, prácticamente se ha convertido en una ciencia especial y diferente dentro del contexto general de la arquitectura moderna.

Para nosotros los ingenieros especializados en sistemas de iluminación buscamos nuevas alternativas en los diseños de iluminación, mas que iluminación decorativa se desea encontrar y calcular los niveles requeridos en diferentes entornos a iluminar.

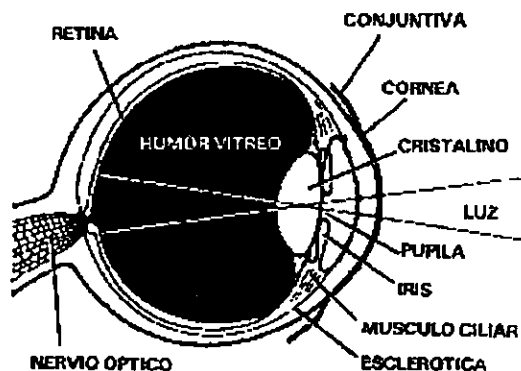
Ahora en nuestros tiempos la industria de la iluminación está a la par de la industria de la computación como las mas cambiantes y evolucionadas, ya que cada año aparecen nuevas e interesantes tecnologías o bien se perfeccionan las ya existentes.

Debido a estos cambios continuos y acelerados en lo que se está planeando hoy posiblemente tenga que ser modificado el día de mañana, es necesario que al momento de realizar un proyecto de iluminación se busque la mayor flexibilidad y adecuación posibles, con lo cual se podrá incrementar la imagen del lugar, y mejorará la utilización y eficiencia de los recursos utilizados.



# Capítulo 1

## Principales Características y Partes del Ojo Humano.



## **Principales características y partes del ojo humano**

Sin duda, para realizar un buen proyecto de iluminación necesitamos principalmente conocer por lo menos aspectos esenciales de la visión por lo cual es un tema que no debe pasar por alto en ningún trabajo formal que hable de cualquier tipo de iluminación ( natural o artificial ). Este trabajo no será la excepción . Hablaré de lo más fundamental que se necesita para entender las necesidades básicas de iluminación del ser humano sin entrar en detalles.

El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de la luz. Algo importante que hay que tomar en cuenta es que el ojo humano ve brillantez y no iluminación. Todo objeto visible tiene brillantez.

El ojo es esencialmente un mecanismo que recoge y enfoca la luz. Los rayos luminosos que entran en el cristalino a través de la pupila caen sobre unas células fotosensibles, localizadas en el fondo de la superficie interna del globo ocular, que forman lo que se llama la retina. Hay en realidad 2 tipos de estas células; bastones y conos, cuyas funciones están perfectamente definidas unas de las otras. Si no tenemos perfectamente entendido el funcionamiento de estas células oculares, podemos caer en errores graves al hacer algún proyecto. La mayoría de los conos están ubicados en una pequeña área, cerca del centro de la retina, donde los rayos luminosos enfocados por el cristalino forman una imagen como la de una cámara fotográfica . Su agrupamiento se hace menos denso a medida que se aumenta su distancia a la fovea. Su fina disposición en mosaico permite que se valla formando una imagen clara y nítida, la que es transmitida por el nervio óptico al cerebro que la percibe como una idea consciente. Los conos nos permiten leer al mayor auxilio de la vida humana civilizada.

La concentración de los conos disminuye a medida que se aumenta su distancia a la fovea. Esto significa que fuera de la pequeña abertura del pequeño ángulo visual dominada por los conos. La claridad y agudeza visual disminuye rápidamente. En la realidad, el tamaño del campo visual en el que predomina la acción de los conos es aproximadamente del tamaño de una moneda de 5 centavos, a la distancia normal de lectura. El pequeño ángulo de visión requiere el funcionamiento especial del ojo; moviéndose, deteniéndose, escudriñando, etc.; sobre una pagina impresa lo cual exige altos niveles de iluminación para una visión rápida y precisa.

Los bastones por otra parte, desempeñan otro papel en la visión. Están mucho menos densos que los conos y están dispersos sobre toda la superficie interna del globo ocular. Son mucho más sensibles a la luz que los conos, pero por su tosca disposición en mosaico no produce una imagen finamente enfocada. Además, muchos bastones están conectados por nervios, no al cerebro, sino directamente a los músculos en distintas partes del cuerpo.

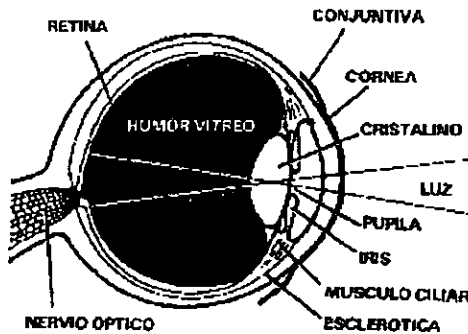
A los bastones corresponden toda la visión fuera del área del tamaño de una moneda de 5 centavos sobre la pagina. Su papel es tan importante que en algunos países una persona con una visión defectuosa de los bastones está legalmente considerada como ciega, aunque pueda leer, emplear herramientas y distinguir los colores. Podemos añadir que la mayoría de las personas ignoran la importancia de la visión de los bastones cuando intentan hacer un proyecto de iluminación.

Los bastones hacen posible la visión a muy bajos niveles de iluminación. Producen reflejos automáticos musculares para la protección del cuerpo o de los propios ojos, de objetos en el aire.

Estas reacciones son mucho mas rápidas que las resultantes de un pensamiento deliberado. Determinan el sentido inconsciente de tranquilidad o intranquilidad de un ambiente iluminado. Son auxiliares esenciales de la misma supervivencia.

Resumiendo, un sistema de alumbrado debe suministrar una iluminación suficiente para la visión de los conos, pero mientras no se le conceda atención a un balanceo adecuado de brillantez en todo el campo visual (incluyendo a los bastones), el diseño de alumbrado estará muy lejos de alcanzar totalmente las metas humanas y arquitectónicas.

### Partes del ojo.



**Párpado.-** Membrana que protege al ojo y que bajo condiciones de extrema brillantez lo ayuda a regular la cantidad de luz que percibe, además de mantener permanentemente lubricada la comea.

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

**Iris.-** Es la parte del ojo que al funcionar como diafragma, regula la cantidad de luz que penetra al ojo.

**Pupila.-** Es una abertura en el centro del iris por la cual pasa la luz. Su tamaño está regulado por el movimiento involuntario 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 o cercanos. Este ajuste lo efectúan los músculos ciliares.

**Músculos Ciliares.-** Músculos de forma circular que ajustan la tensión en el lente cambiando su curvatura para enfocar objetos distantes o cercanos.

**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 bastones.

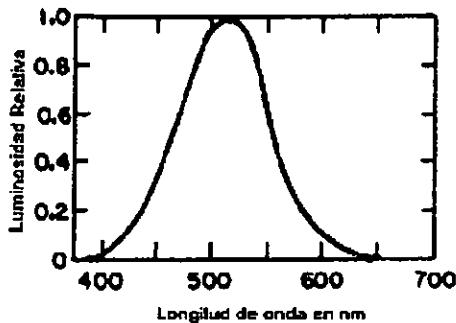
**Conos.-** Son los sensores que detallan los objetos finos y perciben el color; siendo insensibles en bajos niveles de iluminación. Su mayor concentración esta en la fovea, donde se encuentran solamente conos y donde se forma la imagen que va a ser analizada en detalle.

**Bastones.-** Son los sensores de bajos niveles de iluminación, pero no distinguen perfectamente los colores, a diferencia de conos, incluso, se podría decir que prácticamente se ve con ellos en blanco y negro. Nos sirven para ver el conjunto de personas u objetos que se encuentran a nuestro alrededor. Es decir gracias a ellos es que tenemos también una visión periférica.

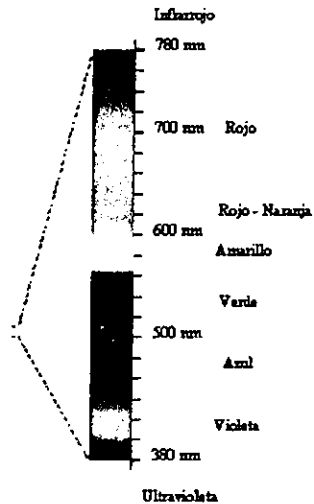
**Punto Ciego.-** es el punto en el cual se une al nervio óptico y en el cual no hay terminales sensibles.

**Sensibilidad del ojo humano.**

El ojo humano tiene su sensibilidad para tonalidades comprendidas entre las longitudes de onda de 380nm a 780nm. Dentro de éste rango tenemos toda la gama de colores visibles, aunque es una zona muy pequeña, es muy importante, pues todo lo que vemos es gracias a la Luz.



**Curva de Sensibilidad del Ojo Humano a las Radiaciones Monocromáticas**

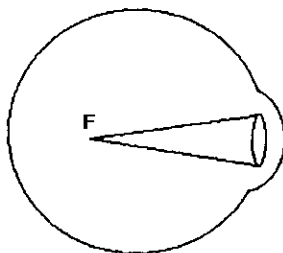


**Defectos del ojo.**

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

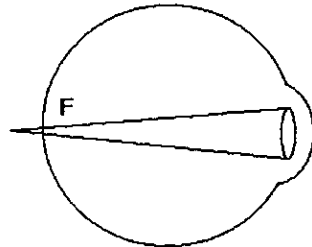
**Astigmatismo.-** Consiste en la posibilidad de traer las líneas horizontales y verticales al mismo tiempo y al mismo lugar. Esta condición resulta de irregularidades en la curvatura de la cornea y del cristalino.

**Miopía.-** 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.



**Defecto de Miopía**

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



### **Defecto de Hipermetropía**

**Presbipia.-** 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 mas difícil.

### **Características de visión del ojo humano.**

**Adaptación.-** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a los diferentes niveles de iluminación. Una analogía típica de este fenómeno lo podemos observar en los diafragmas de las cámaras fotografías. Así como el diafragma se cierra o se abre para permitir que entre una mayor o menor cantidad de luz, de igual manera, este trabajo lo realiza en el ojo la pupila.

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 2mm, y en iluminaciones muy bajas, se abre hasta aproximadamente un diámetro de 8mm. Cuando se pasa de un lugar 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 lo contrario, cuando se pasa de un lugar a oscuras a otro bien iluminado, dicho proceso es realizado sólo en unos cuantos segundos.

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

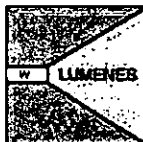
El ajuste se realiza variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o distensión de los músculos ciliares. Si el objetivo se encuentra próximo al ojo, la curvatura del cristalino se hace mayor que cuando está lejos. Por ejemplo; en una cámara fotográfica el ajuste 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.

# Capitulo 2

## Terminología

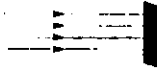
**Las definiciones luminotécnicas:  
Saber más para elegir mejor.**





## Terminología

**ABSORCION.-** Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o 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 mediante el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o a luz de color diferente. Ello resulta en un cambio de la sensibilidad del ojo a la luz.

**ANGSTROM.-** Unidad de longitud de onda =  $10^{-10}$  m

**BALASTRO.-** Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.

**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 ésta es operada por un balastro patrón.

**BRILLANTEZ O LUMINANCIA (L) .-** Es la relación entre la intensidad luminosa (I) en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.  $L = \text{candelas} / \text{m}^2$

**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 nm) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian. Hasta 1948 se le llamó bujía.

La **candela** es la cantidad física básica internacional de todas las unidades de luz, su valor está determinado por la intensidad emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro trabajado a 1700°K. Una vela corriente de cera emite aproximadamente una candela en dirección horizontal.

**CAVIDAD DE CUARTO.-** Es la cavidad formada por el plano de luminarios y el plano de trabajo.

**CAVIDAD DE PISO.-** Es la cavidad formada por el plano de trabajo y el piso.

**CAVIDAD DE TECHO.-** Es la cavidad formada por el techo y el plano de luminario.

**COEFICIENTE DE UTILIZACION (CU).-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) emitidos por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

El **Coeficiente de Utilización** está en función de los acabados del cuarto, tonos y colores del mismo. Para cuartos estrechos y altos, el CU será bajo, ya que habrá mucha absorción de luz por las paredes, piso y techo.

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

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

**CURVA ISOCANDELAS.-** Es la mejor representación de las variaciones luminosas de un haz irregular. Las curvas representadas unen puntos de igual potencia luminosa y estos son el resultado de un gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos.

**CURVAS ISOFOOTCANDLE O ISOPIE-CANDELA.-** Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie-candelas) sobre un plano de trabajo.

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

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

**DEPRECIACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO: LDD (Luminaire Dirt Depreciation).-** La acumulación de la suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y, por lo mismo, pérdidas de iluminación en el plano de trabajo.

**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 de flujo luminoso emitido por el luminario con aquel que produce la lámpara desnuda usada en su interior.

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

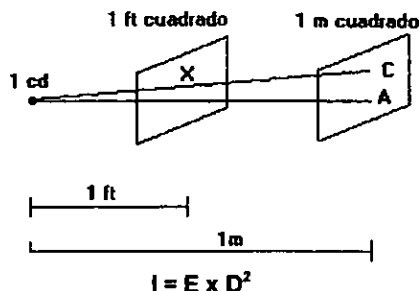
**EXPLOSION, LUMINARIO A PRUEBA DE.**- Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de éste.

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

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

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

**FOOTCANDLE(fc).**- Unidad de nivel luminoso en el sistema inglés que corresponde a un flujo luminoso de un lumen que incide sobre una superficie de un pie cuadrado a una distancia de un pie. Sus unidades son  $(lm/pie^2)$ .



I = Intensidad Luminosa.

E = Nivel de Iluminación.

D = Distancia

Para el caso del punto "C"

$$E_c = \frac{I \alpha \cos^3 \alpha}{D^2}$$

Para el punto "X"

$$E_x = \frac{1 \cos^3 0}{(0.3048)^2}$$

$E_x = 10.76 \text{ lx.}$

Por lo tanto:

$$1 \text{ fc} = 10.76 \text{ lux}$$

**FLUJO LUMINOSO (lm).**- Es la energía radiante en forma de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad es el lumen (lm).

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

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

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

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

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

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

$$E = I / D^2$$

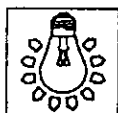
**ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (CRI).**- Es un método para describir el efecto de una lámpara en el color de los objetos que ilumina. Para fines prácticos sólo puede tomar valores entre 0 y 100, siendo 100 el valor que corresponde a una lámpara que reproduce fielmente todos los colores.

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

**LUMEN (lm).**- Unidad de flujo luminoso . Es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido ( un steradian) por una fuente puntual con una intensidad uniforme de una candela.



**LUMINARIO.**- Dispositivo que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas. diseñados para distribuir la luz, ubicar y proteger la lámpara o lámparas, regular el voltaje y conectar las lámparas a la fuente de alimentación. Cumple con funciones fotométricas, eléctricas, estéticas y de protección.

**LUX [lm / m<sup>2</sup>; (lx)].**- Unidad de nivel luminoso en el sistema internacional.

**NANOMETRO.**- Es la unidad de longitud de onda igual a 10<sup>-9</sup> m.

**NIT.**- (cd/m<sup>2</sup> ) Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado, (sistema internacional).

**NIVEL LUMINOSO O ILUMINANCIA.**- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

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

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



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

**TEMPERATURA DE COLOR** – Este término es algunas veces utilizado para describir el color de una fuente luminosa por comparación con el cuerpo negro. El cuerpo negro es teóricamente un radiador completo capaz de absorber todas las radiaciones que inciden sobre él, y en cambio es capaz de irradiar la máxima cantidad de energía en todas las partes del espectro. La luz de una lampara fluorescente de color blanco cálido es similar al color que emite el cuerpo negro cuando esta a la temperatura de 3500°K. Entonces se dice que ésta lampara tiene una temperatura de 3500°K. ( éste el método para determinar la temperatura de color de las lamparas).

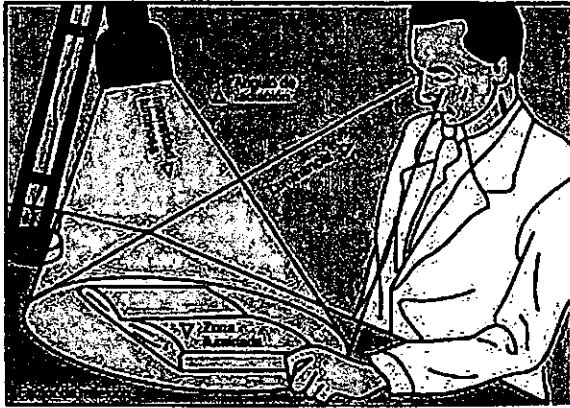
Las temperaturas de color de las lamparas fluorescentes de uso mas común son:

Blanco Cálido.	3500°K	Aspecto Rojizo.
Blanco Frío.	4500°K	Aspecto Blanco.
Luz de día.	6500°K	Aspecto Azulado.

La temperatura de color no mide la temperatura de los objetos sino que es la temperatura que tiene el cuerpo negro al compararse con las fuentes luminosas.

## Capítulo 3

# Factores que Influyen para tener una excelente Iluminación



## ***Factores que influyen para tener una excelente iluminación***

La gran mayoría de nosotros confía más en la vista que en cualquiera de los otros sentidos. Contamos con ella para aprender, para realizar nuestras labores. Sin luz no hay iluminación, el ojo no transmite información al cerebro sino existe luz. Los factores que debemos tomar en cuenta para una excelente iluminación son los siguientes;

- Iluminación
- Contraste
- Sombras
- Deslumbramiento

### ***Iluminación***

En varios proyectos se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que ésta afecta el estado de ánimo de las personas, su aptitud para desarrollar su trabajo, su poder de relajación, etc.

Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla la misma. Este valor para una determinada actividad está en función de una serie de factores en 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.

Mientras mas dificultoso nos resulte el poder observar a detalle algunos objetos, mayor debe ser el nivel de iluminación requerido en esa zona.

La dificultad para observar a detalle los objetos, sobre todo "pequeños" se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada. Por tal motivo se requiere un mayor nivel de iluminación en los lugares donde estas personas realizan actividades específicas. Se ha comprobado que mientras un niño de 10 años, para leer normalmente la pagina de un libro con buena impresión necesita un nivel medio de iluminación de 175 lx, una persona de 40 años necesita 500 lx y otra de 60 años 2500 lx. Tomando en cuenta estos estudios se han creado normas y recomendaciones de los niveles de iluminación mínimos que se requieren para poder tener un buen nivel de iluminación, dependiendo de la actividad que se desee desarrollar y la edad de las personas que la van a desarrollar.



**Contraste**

El ojo solo aprecia diferencias de luminancia. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato es lo que se conoce como **contraste**.

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

En la siguiente tabla se muestra algunos contrastes de colores.

COLOR DEL 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**

El hecho de que nosotros podemos ver las cosas en relieve, es decir, unas cosas más cercas que otras, se debe a que contamos con 2 ojos. En cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta, y al ajustarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve.

Para que suceda un relieve, es preciso que algunas zonas del objeto observado estén más iluminadas que otras. A las zonas menos iluminadas se les conoce como **sombras**.

Las sombras son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se conocen 2 tipos de sombras: fuertes y suaves. Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz directa e intensa desde un punto determinado más o menos alejado y se caracteriza por su profunda oscuridad y dureza con alto efecto de relieve. Las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con luz difusa y se caracteriza por su suavidad y menor efecto de relieve.

En todo proyecto de iluminación debemos tener una buena uniformidad de iluminación. Las sombras traen como consecuencia un disconfort visual, esto se debe de evitar en trabajos especialmente en Naves industriales al área de inspección, laboratorios, selección, ensamblado, etc.

### **Deslumbramiento**

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestias o disminución en la capacidad para distinguir los objetos, o ambas cosas a la vez. Este fenómeno es provocado por una inadecuada distribución de los luminarios o como consecuencia de contrastes excesivos.

**DESLUMBRAMIENTO DIRECTO** - Es el resultado de la luminancia proveniente directamente de una ventana o luminaria. Puede crear desconfort y fatiga visual como consecuencia del continuo ajuste y reajuste de las pupilas a dos niveles de iluminación muy diferentes.



**DESLUMBRAMIENTO REFLEJADO** - Es la luz reflejada por superficies brillantes y que contribuye a un esfuerzo visual y fatiga. Una fuente de luz reflejada en la pantalla de un monitor crea una imagen brillante que dificulta la lectura de los caracteres en dicha pantalla.

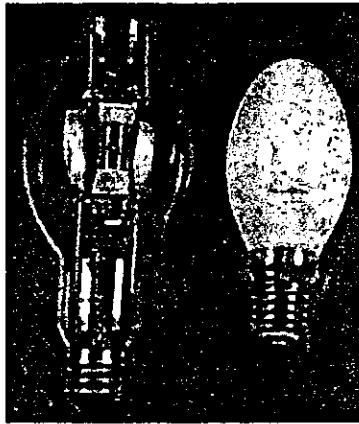


**LUMINANCIA DE VELO** - Es el reflejo producido por una luminaria que oscurece parcial o totalmente detalles (como por ejemplo palabras impresas sobre un papel brillante) por la reducción del contraste entre los detalles y el fondo. Puede oscurecer partes de un texto o velar imágenes fotográficas dificultando su visión.

**CONSECUENCIAS** - Al margen de los problemas visuales apuntados, la iluminación incorrecta de los puestos de trabajo trae como consecuencia una cantidad de dolores corporales (cuello, hombros y espalda especialmente) derivados de las posiciones anormales que, inconscientemente, el individuo adopta para evitar de alguna manera ser víctima del deslumbramiento.

## Capitulo 4

# Tipos de Lampara para Nave Industrial



## ***Tijos de lámpara para alumbrado industrial***

### ***Introducción***

En el ramo industrial es de gran importancia contar con un adecuado sistema de iluminación. Para lograr éste objetivo, aparte de la ya mencionado por el capítulo 3, tenemos que conocer las características de las lámparas.

La lámpara es el dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa, ésta fuente de luz puede ser generada por incandescencia o descargas eléctricas.

Una fuente incandescente produce luz debido al fenómeno de incandescencia que presenta un alambre de tungsteno dentro de un bulbo de vidrio al vacío. Aproximadamente el 7% de su rendimiento es una forma de energía visible (luz), el resto son radiaciones infrarrojas (calor). Una lámpara incandescente de 300 W produce aproximadamente 19 lúmenes por Watt consumido, en pocas palabras es de poca eficacia, consume demasiada energía y tiene una vida muy corta. Sin embargo existen ventajas que compensan y garantizan su uso constante en la actualidad :



- Tamaño compacto.
- Bajo costo inicial.
- Soporta cambios bruscos de temperatura.
- No requiere sistema de arranque.
- Color cálido que da aspecto familiar.
- Alto índice de rendimiento de color (CRI) .
- Fácil de variar su flujo luminoso.
- Operación en CD como CA.

A pesar de todas éstas ventajas y más, la utilización de ésta lámpara en Naves Industriales casi es nula,(solo casos especiales).

**Nota:** Dado el tema de éste trabajo se mencionará de una manera muy sencilla a las lámparas incandescentes y fluorescentes y se profundizará en lámparas de alta intensidad de descarga HID.

Las lámparas de descarga eléctrica más usuales son Fluorescentes y HID.

Las lámparas fluorescentes tienen gran uso en la vida cotidiana, éstas se encuentran en oficinas, casa habitación, auditorios, salas de conferencia, centros comerciales, etc. Este tipo de lámpara se usa un poco más que las incandescentes en Naves industriales, para colocarla el *luminario debe ser prueba exclusiva de polvo* y tiene aplicaciones en:

- Calderas.
- Industria papelera.
- Industria Lechera.
- Industria Cervecera.

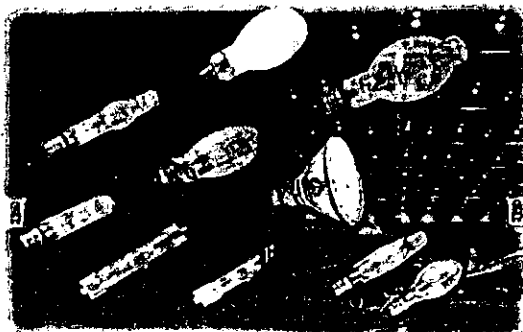


Cuando se aplica un voltaje apropiado a las terminales de una lámpara fluorescente, los vapores gaseosos dentro del tubo emiten radiaciones ultravioleta. Estos invisibles y nocivos rayos son convertidos en luz visible e inofensiva al pasar a través de los polvos fluorescentes en la superficie interna de los tubos.

Los principales inconvenientes de ésta lámpara son su gran tamaño físico en relación con su potencia en watts ( una lámpara de 1.22mts consume 32 Watts, en T8 es decir 8/8" de diámetro), la necesidad de tener un reactor que le proporcione una corriente y una tensión adecuada de operación y una gran reducción de su flujo luminoso a bajas temperaturas. Estos factores se compensan por las siguientes ventajas;

- Alta eficacia luminosa, más de 67 lúmenes por Watt.
- Buena reproducción cromática.
- Vida más larga, aproximadamente 12000 hrs y en algunos casos hasta 20 000hrs, en comparación con las 1000 hrs que dura una lámpara incandescente

- **Lámparas HID (Alta Intensidad de Descarga)**



Las lámparas de descarga de alta intensidad tienen como características principales: una larga vida, alta eficacia, compactas y fáciles de utilizar en los diseños de los luminarios. Este tipo de lámparas se encuentran en gran número en naves industriales, por esta razón profundizaremos en éste tipo de lámparas.

Los tipos más comunes de lámparas HID son las de vapor de mercurio, aditivos metálicos y sodio alta presión. Todos cuentan con un tubo de arco sellado, al cual se le aplica electricidad en los extremos, excitando un gas "de arranque" que a su vez calienta el compuesto metálico hasta que se ioniza, siendo la principal fuente de luz.

Cada una de las lámparas mencionadas contienen un metal o una mezcla de metales diferentes dentro del tubo de arco.

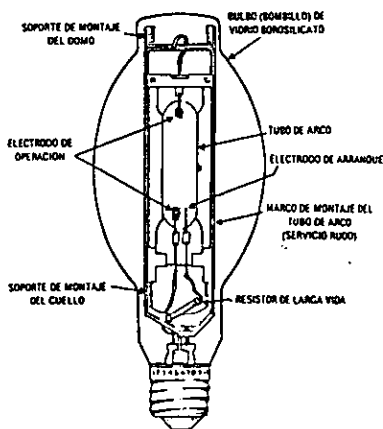
Estos tipos de lámparas emiten energía radiante en una longitud de onda determinada. A esto se le debe que cada una de ellas tengan un color, por utilizar una clase diferente de metal para establecer el arco. Esto provoca que cada elemento químico tenga un color especial que lo identifique de los demás.

### **Lámparas de vapor de mercurio**

Al energizar la lámpara el voltaje de arranque aplicado se encuentra, entre los 2 electrodos, así como entre uno de estos y el electrodo auxiliar de arranque, obteniéndose la ionización del gas inerte ( generalmente argón ), que se encuentra dentro del tubo de descarga produciendo un pequeño arco, el cual esta limitado por una resistencia en serie con el electrodo que controla la corriente. Al ionizarse suficientemente el argón y el mercurio, se produce el arco entre los 2 electrodos de operación calentando la lámpara hasta que el mercurio este completamente vaporizado. Una vez estabilizado el arco, el potencial entre los electrodos de arranque y de operación es tan bajo que no puede mantenerse el arco, por lo cual la corriente de la lámpara fluye a través de los 2 electrodos de operación.

El calentamiento de estas lámparas es de 5 a 7 minutos y puede variar en función de la temperatura ambiente.

En general estas lámparas están construidas con 2 bulbos o bombillos, el interior contiene el arco ( tubo de descarga ) , y el exterior que protege al arco de las corrientes exteriores de aire y de los cambios de temperatura, en la mayoría de estas lámparas el bombillo exterior contiene un gas inerte (nitrógeno), que evita la oxidación de las partes interiores, manteniendo una gran resistencia dieléctrica. Puede recubrirse con diferentes mezclas de fósforos que se denominan con diferentes nombres : " blanco frío", blanco de lujo", "blanco cálido", etc..., actuando además como filtros que absorben la radiación ultravioleta y regulador de la temperatura de operación del tubo del arco.



LAMPARA TIPICA DE VAPOR DE MERCURIO

El tubo de arco esta fabricado por lo general de cuarzo con puntas de molibdeno selladas en los extremos, contiene el arco propiamente dicho, el vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

**Aplicaciones:**

Se usa para alumbrado exterior, en alumbrado público, estacionamientos y obras. En interiores se utilizan para iluminar naves de fabricación, salas de ventas y lobbies.



WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES-WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (LFD)	BASE	BULBO	LONGITUD EN cm
100	BLANCO DE LUJO	4,400	24,000	44	0.82	MOGUL	BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8,500	24,000	49	0.89	MOGUL	E-28	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12,775	24,000	51	0.84	MOGUL	E-28	21.00
400	BLANCO DE LUJO	23,000	24,000	58	0.86	MOGUL	BT-37	29.20
1000	BLANCO DE LUJO	63,000	24,000	63	0.77	MOGUL	BT-56	39.00

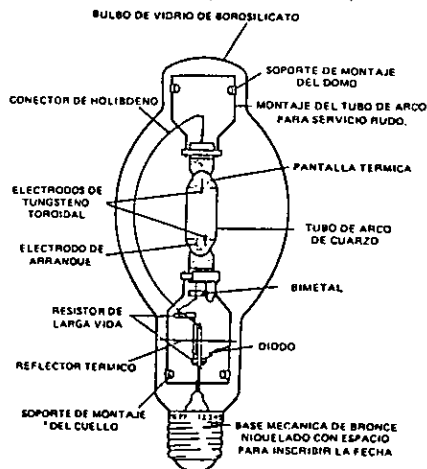
\* Tabla datos técnicos de lámpara Vapor de Mercurio.

### Lámpara de aditivos metálicos

Estas lámparas son similares en construcción y operación a las de vapor de mercurio. La principal diferencia radica en el interior del tubo de arco que además de contener mercurio, contiene algunos aditivos metálicos en forma de yoduro principalmente de talio, sodio y escandio, que al vaporizarse se obtiene un espectro visible mayor, lográndose un mejor rendimiento cromático, así como una mayor eficiencia.

Las lámparas de aditivos metálicos se puede obtener con cubierta de fósforo o claras. En la actualidad son muy utilizadas en iluminación interior y exterior por su luz blanca y eficiencia.

Cuando se energiza por primera vez un sistema de iluminación con lámparas de aditivos metálicos, se obtiene un nivel de iluminación mayor que el nominal de lúmenes ya que se estabilizan estas lámparas después de 100 horas de encendido, por lo cual se recomienda se realicen lecturas de operación después de este periodo de tiempo.

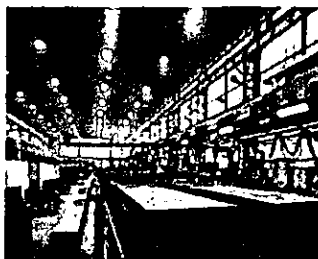
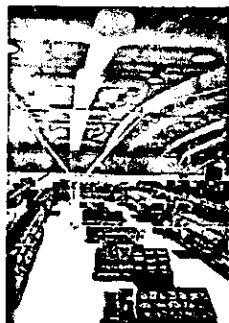


LÁMPARA TÍPICA DE ADITIVOS METÁLICOS



**Aplicaciones:**

Este tipo de lámpara tiene grandes aplicaciones y regularmente se coloca donde se necesite distinción de color ejemplo: Areas de Producción, Líneas de ensamble, Fundición, Centros Comerciales o tiendas, hangares, Terminales aéreas, estadios, gimnasios, etc.



WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (LED)	BASE	BULBO	LONGITUD EN cm
70	CLARO	5,200	15,000V-10,000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4,800	15,000V-10,000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7,800	10,000V-7,500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	8,000	15,000V-10,000H	78	0.73	E-26	ED-17	14.60
175	CLARO	14,000	10,000V-7,500H	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.10
175	FOSFORADO	13,000	10,000V-7,500H	80	0.73	MOGUL	BT-28	21.10
250	CLARO	22,000V-20,000H	10,000	82	0.83	MOGUL	BT-28	21.10
250	FOSFORADO	22,000V-20,000H	10,000	82	0.78	MOGUL	BT-28	21.10
400	CLARO	36,000V-32,000H	20,000V-15,000H	90	0.75	MOGUL	BT-37	29.20
400	FOSFORADO	36,000V-32,000H	20,000V-15,000H	90	0.72	MOGUL	BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.80	MOGUL	BT-37	29.20
1,000	CLARO	110,000V-107,800H	12,000V-9,000H	110	0.80	MOGUL	BT-56	39.00
1,000	FOSFORADO	105,000V-100,000H	12,000V-9,000H	105	0.78	MOGUL	BT-56	39.00
1,500	CLARO	155,000V	3,000	103	0.92	MOGUL	BT-56	39.00
1,500	CLARO	55,000V-150,000H	3,000	103	0.92	MOGUL	BT-56	39.00

\* Tabla datos técnicos de lámpara Aditivos Metálicos.

***Lámparas de vapor de sodio de alta presión***

La producción de luz es básicamente la misma que en una lámpara de vapor de mercurio. El arco comparativamente más largo es sostenido dentro de una atmósfera de vapor de sodio y mercurio, encontrando que en estas lámparas de sodio de alta presión no hay radiación mercurial (ultravioleta) en la luz emitida.

Estas fuentes tienen una vida nominal alta y un excelente sostenimiento de lúmenes (90% como media a lo largo de su vida), proporcionando una clara ventaja en economía comparando con otros sistemas con lámparas fluorescentes, mercuriales o aditivos metálicos.

Las lámparas de sodio alta presión se encuentran en el mercado ya con luz blanca pero con menor eficacia y en el futuro promete notables innovaciones.

Hay que tener cuidado con este tipo de lámparas en la combinación con el reflector, para evitar que la base del bulbo del arco reciba energía dirigida por el reflector ya que se provocaría un incremento acelerado de la temperatura y tensión de la lámpara, lo cual duplica el efecto que se produce en el envejecimiento de la lámpara reduciendo la vida de la misma.

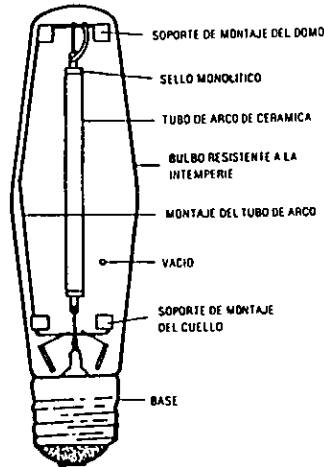
En general el bulbo exterior está cubierto de óxido de aluminio para difundir y a la vez reducir la brillantez de la fuente de luz, lo cual permite su instalación a bajas alturas de montaje.

El balastro está diseñado para realizar la función del arranque a través del ignitor. El tubo de arco contiene un gas de arranque, generalmente xenón y una amalgama sodio-mercurio.

Los pulsos son de corta duración (1 microsegundo), disipando muy poca energía pero lo suficiente para ionizar el xenón y establecer el arco a través de la lámpara en ese momento el ignitor deja de producir estos pulsos, volviendo a operar cuando la tensión del circuito abierto aparezca nuevamente.

El calor y la presión aumentan dentro del tubo del arco al encender la lámpara por la vaporización del sodio dentro del proceso de estabilización, observándose por los cambios de color de la luz, desde un blanco azulado hasta el amarillo dorado.

Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión



WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DIRECCION SOLIDA	BASE	BULBO	LONGITUD EN cm
35	CLARO	2,250	16,000	64	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81
50	CLARO	4,000	24,000	80	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81
70	CLARO	6,300	24,000	90	0.90	MOGUL	ED-23 1/2	19.70
70	DIFUSO	6,000	24,000	86	0.86	MOGUL	ED-23 1/2	19.70
100	CLARO	9,500	24,000	95	0.90	MOGUL	ED-23 1/2	19.70
100	DIFUSO	8,800	24,000	88	0.90	MOGUL	ED-23 1/2	19.70
150 (55V)	CLARO	16,000	24,000	107	0.90	MOGUL	E-28	19.70
150 (55V)	DIFUSO	15,000	24,000	100	0.90	MOGUL	E-28	19.70
250	CLARO	27,500	24,000	110	0.90	MOGUL	E-18	24.80
250	DIFUSO	26,000	24,000	104	0.90	MOGUL	E-28	22.90
400	CLARO	50,000	24,000	125	0.90	MOGUL	E-18	24.80
400	DIFUSO	47,000	24,000	119	0.90	MOGUL	E-37	28.70
1,000	CLARO	140,000	24,000	140	0.90	MOGUL	E-25	38.30

\* Tabla datos técnicos de lámpara Vapor de Sodio Alta Presión.

**Selección del tipo de lámpara a utilizar**

Ahora que ya hemos descrito todas las lámparas, funciones y usos, a continuación se mostrará de un modo resumido las principales características.

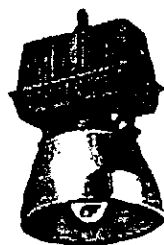
CARACTERÍSTICAS	INCANDESCENTES	VAPOR DE CEARZO	VAPOR DE MERCURIO	ADITIVOS METÁLICOS	FLUORESCENTE	VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN
Costo inicial	BAJO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
Consumo de energía	ALTO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Costo de operación anual	MEDIO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO
Tamaño del luminario	MEDIO	PEQUEÑO	MEDIO	MEDIO	GRANDE	MEDIO
Periodos de encendido largos (mas de 1000 hrs al año)	REGULAR	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO	
Periodos de encendido cortos (menos de 1000 hrs al año)	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR	BUENA
Definición de color	BUENA	MUY BUENA	REGULAR	BUENA	REGULAR	REGULAR
Consideraciones de lugar de montaje *	REGULAR	REGULAR	BUENA	BUENA	REGULAR	BUENA
Control de haz luminoso	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	BUENO	POBRE	REGULAR
Proyección de gran alcance (haz angosto)	LA MEJOR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	POBRE	REGULAR
Operación en ambiente de baja temperatura	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR	BUENA

\* Condiciones difíciles o costosas para cambio de lámparas y mantenimiento.

Con la ayuda de ésta tabla el diseñador de proyectos seleccionará con mayor rapidez la lámpara que reúna las mejores características. Para la selección de la lámpara de nuestro proyecto se lleva de una manera muy resumida e interesante. (véase página 61).

# Capitulo 5

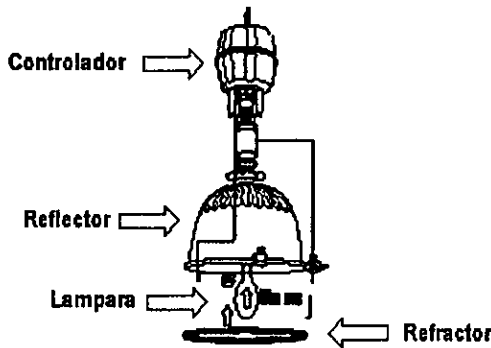
## Luminarios



## Luminarios

La definición de luminario es; "Aparato que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas".

Un luminario está compuesto por un gabinete o armadura, el cual está diseñado para que en su interior aloje un reflector y accesorios necesarios para fijar, proteger y conectar las lámparas al circuito de alimentación, así como, en ocasiones, cuentan con un refractor, el cual ayuda a controlar y distribuir de una manera mas eficiente el flujo luminoso emitido por una lámpara.



Un luminario eficiente debe contar con una serie de características que lo acerquen a la perfección a lo más posible. Podemos dividir éstas características como se muestra en la siguiente cuadro.

Características de un buen luminario.	Ópticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Distribución luminosa adaptada a la función que se quiere.</li> <li>* Luminancias reducidas en ciertas áreas.</li> <li>* Buen rendimiento luminoso.</li> </ul>
	Mecánicas y eléctricas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Solidez.</li> <li>* Fabricación de materiales acorde al área de trabajo para la que fueron diseñados.</li> <li>* Buena disipación de Calor.</li> <li>* Facilidad de Mantenimiento.</li> </ul>
	Estéticas	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Sobre todo cuando se utilizan en fraccionamientos, exhibiciones, escaparates o todos aquellos lugares donde se vea el luminario, estos tienen que combinar con la arquitectura del lugar, al mismo tiempo ser eficientes.</li> </ul>

**Clasificación de Luminarios de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que emiten**

Los luminarios se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que emite el propio luminario, se toma como base una línea horizontal imaginaria que pase por el centro focal del luminario. A continuación se mostrará la clasificación;

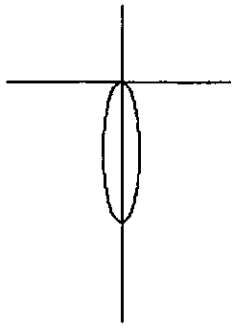
CLASIFICACION	% DE LUZ RESPECTO A LA HORIZONTAL		DISTRIBUCION DE POTENCIA LUMINICA
	ARRIBA	ABAJO	
DIRECTA	0-10%	90-100 %	
SEMIDIRECTA	10-40 %	60-90 %	
DIRECTA INDIRECTA	40-60 %	40-60 %	
GENERAL DIFUSA	40-60 %	40-60 %	
SEMI-INDIRECTA	60-90 %	10-40 %	
INDIRECTA	90-100 %	0-10%	

Los arquitectos como diseñadores de iluminación decorativa laboran proyectos de ambientación donde se pretende tener un confort visual, donde no siempre los luminarios están a la vista, el flujo luminoso lo concentran en puntos estratégicos. Para éstos proyectos se utiliza todas las clasificaciones de luminarios.

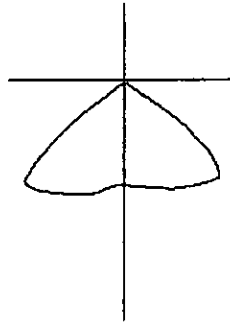
Esta tabla nos indica con gran lujo de detalle el porcentaje de flujo luminoso que incide sobre la superficie de plano de trabajo (abajo) y que cantidad de flujo se descompone para el techo (arriba).

**Directa.**- Estos luminario son los que proveen iluminación más eficiente en las superficies de trabajo, como ejemplo de los luminarios que proveen de éste tipo de flujo tenemos a los fluorescentes convencionales y a los de tipo industrial.

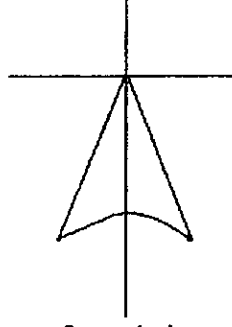
Dentro de éstos luminarios tenemos a su vez 5 diferentes curvas de distribución luminosa;



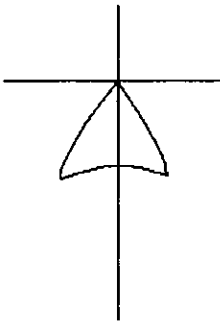
Altamente Concentrada



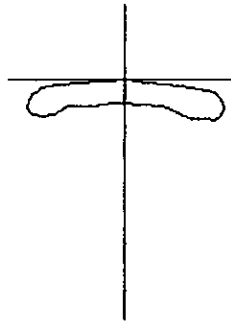
Extensiva



Concentrada



Intensiva



Super extensiva

El criterio de espaciamento de los luminarios es proporcionado por el fabricante y depende básicamente del tipo de curva que tenga el luminario que estañs utilizando. La siguiente tabla se indica con precisión la distancia máxima a la cual se colocara los luminarios.

Relación espaciamento a altura de montaje arriba del plano de trabajo	Clasificación de luminarios
Hasta 0.5	Altamente concentrada
0.5 a 0.7	Concentrada
0.7 a 1	Intensiva
1 a 1.5	Extensiva
Arriba de 1.5	Super extensiva



**Semidirecta.**- La utilización de la luz de éstos luminarios depende de la reflectancia del techo, además sirve para evitar el efecto caverna en empresas con techos muy altos, conociéndose como efecto caverna a la sensación de inseguridad que produce en las personas el no poder ver hacia algún lado debido a la profunda oscuridad existente.

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

**Difusa.**- Este tipo de luminario son aquellos que emiten su flujo luminoso casi igualmente en todas direcciones. Este tipo de luminario es recomendado para parques, decoración de restaurantes, galerías, etc.

**Semi-indirecta.**- Estos luminarios dirigen del 60 al 90% de su flujo luminoso hacia arriba del centro focal del luminario.

**Indirecta.**- Estos luminarios emiten la mayor parte del flujo luminoso hacia arriba, (60 al 90%). Con ésta clase de luminarios la mayor parte de la luz alcanza el plano de trabajo por medio de la reflexión en el techo y la parte alta de las paredes. Al utilizar éste luminario se recomienda que mantenga reflexiones altas en la cavidad de techo.

# **Capitulo 6**

## **Niveles de Iluminación**

## **Niveles de iluminación**

El nivel de iluminación requerido está en función de la tarea visual y del ambiente que se quiere conseguir. Para locales interiores se tienen 2 normas que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (S.M.I.I)

Los niveles de iluminación recomendado por la I.E.S (Illuminating Enngineering Society) están determinados por la teoría del Dr. H.R.Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

Los niveles de iluminación recomendados por la S.M.I.I (Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación) están realizados bajo el siguiente criterio: 95 % de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Estos valores fueron determinados por medio de un divisor de conversión, que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr.Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo, usándose como parámetro valores de brillantes (B) expresados en Footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantes (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como divisores valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95 % de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causaría cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho estos valores, ya que de hacerse así la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el de I.E.S 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

Uno de los factores que influyen para determinar una excelente iluminación es saber cual es el nivel de iluminación apropiado para la tarea específica a desarrollar, para ello a continuación se describirá los niveles mínimos que requiere, (Para fines de nuestro tema sólo se mencionará los niveles a edificios industriales).

**Edificios Industriales**

	LUXES I.E.S	LUXES S.M.I.I
<b>ARCILLA Y CEMENTOS PRODUCTOS DE</b>		
Moliendo, prensas filtrado, hornos de secado, vaciado y devastado.	300	200
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo Burdo).	1000	600
Pintura y vidriado (Trabajo fino).	3000	1700
<b>AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE</b>		
Ensamblado bastidor.	500	300
Ensamblado Chasis	1000	600
Ensamble final e inspección.	2000	1100
Manufactura carrocería:		
Ensamblado.	1000	600
Partes.	700	400
Acabado a inspección.	2000	1100
<b>AVIONES, MANUFACTURA DE</b>		
Partes:		
Producción.	1000	600
Inspección	2000	1100
Acabado de Piezas:		
Taladro, remachado y apretado de tornillos.	700	400
<b>CUARTO PINTURA</b>		
Trazado sobre aluminio, formado de partes pequeñas de fuselaje y alas.	1000	600
Iluminación general	500	300
<b>ENSAMBLADO FINAL</b>		
Colocación de motores, hélices, secciones, alas y tren de aterrizaje.	1000	600
Inspección de la nave ensamblada y su equipo.	1000	600
Reparación con máquinas herramientas.	1000	600
<b>ASERRADEROS</b>		
Clasificación de la madera.	2000	1700
<b>AZUCAR, REFINERIAS DE</b>		
Clasificación	500	300
Inspección color	2000	1100
<b>CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA</b>		
Area general de manufactura	500	300
<b>CARBON, VERTEDORES DE</b>		
Quebradores, cernidos y limpiado	100	60
Selección	3000	1700
<b>CARPINTERIAS</b>		
Trabajo burdo de banco de sierra.	300	200
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad, en maquinas y banco.	500	300
Trabajo fino de maquinas y banco, lijado y acabado fino.	1000	600
<b>CERVECERIAS, INDUSTRIAS</b>		
Elaboración y lavado de barriles.	300	200
Llenado (de botellas, lata y barriles).	500	300

<b>CUARTOS DE CONTROL</b> (véase Plantas		
Generadoras)		
<b>DULCES INDUSTRIAS</b>		
Departamento de Chocolate:		
Descascarado, selección, extracción, de aceite, quebrado y refinación, alimentación.	500	300
Limpieza de grano, selección inmersión, empaçado y envoltura.	500	300
Molienda	1000	600
Elaboración de crema:		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Pastillas de goma y jaleas.	300	300
Decoración a mano.	1000	600
Caramelos:		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Corte y Selección.	1000	600
Elaboración de pesos y envoltura.	1000	600
<b>EMPACADORAS DE CARNE</b>		
Matadero (Rastro)	300	200
Limpiado, destazado, cocido, moliendas, enlatado y empaçado.	1000	600
<b>ENCUADERNACION</b>		
Doblado, ensamblado, empaste, cortado, punzonado y cocido.	700	400
Grabado en realce e inspección.	2000	1100
<b>ENLATADORA DE CONSERVAS</b>		
Clasificación inicial:		
Jitomates	1000	600
Otras muestras	500	300
Clasificación por color (Cuartos de Cortado).	2000	1100
Selección preliminar:		
Chabacanos y duraznos.	500	300
Jitomates	1000	600
Aceitunas	1500	900
Cortado y picado	1000	600
Selección final	1100	600
Enlatado:		
Enlatado en bandas sin fin.	1000	600
Enlatado estacionario	1000	600
Empacado a mano.	500	300
Inspección de muestras enlatadas	2000	1100
Manejo de envases:		
Inspección.	2000	1100
Etiquetado y empaçado.	300	200
<b>ENSAMBLADO</b>		
Tosco, fácil de ver.	300	200
Tosco, difícil de ver.	500	300
Medio	1000	600
Fino	5000	3000
Extrafino	10000	6000

<b>ENSAYOS O PRUEBAS</b>		
General	500	300
Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000	1100
<b>EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA:</b>		
Impregnado	500	300
Aislado, embobinado	1000	600
Pruebas	1000	600
<b>EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA DE</b>		
<b>EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE</b>	500	300
<b>FORJADO, TALLERES DE FUNDICIONES</b>		
Templado (Hornos)	300	200
Limpinado	300	200
Finos	1000	600
Medianos	500	300
Inspección:		
Fina	5000	3000
Mediana	1000	600
Moldeo:		
Mediano	1000	600
Grande	500	300
Colocado	500	300
Selección	500	300
Cubilete	200	100
Desmolde	300	200
<b>GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES</b>		
Taller de Servicio:		
Reparaciones	1000	600
Areas activas de trafico	200	100
Garages para estacionamiento:		
Entrada	500	300
Espacio para circulación.	100	100
Espacio para estacionamiento.	50	50
<b>GRANJAS</b>		
Establo y Gallinero	100	100
<b>GRABADO (CERA)</b>	2000	1100
<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>		
Planchado y cortado.	3000	2000
Tejido y Clasificado.	1000	600
Cosido e inspección	5000	3000
<b>HANGARES</b>		
Servicio de reparación únicamente	1000	600
<b>HIELO, FABRICA DE</b>		
Cuarto de compresores y maquinas.	200	100
<b>HIERRO Y ACERO MANUFACTURA DE</b>		
Hornos de hogar abierto:		
Patio de almacenaje	100	60
Piso de Carga	200	100
Resbaladera de vaciado:		
Fosos de escoria	200	100
Plataformas de control	300	200
Patio de Moldes	50	30

Colado	300	200
Almacenamiento de coladas	100	60
Bodega pesado	100	60
Reparaciones	300	200
Patio de Chatarra	100	60
Edificio de Mezcla	300	200
Edificio de Calcinación	100	60
Molinos de Laminación de:		
Lingote, planchas, soleras y laminas en Caliente.	300	200
Laminación en frío en placas	300	200
Tubo, varilla y alambrón.	500	300
Molinos de laminación de hojalata:		
Estañado y galvanizado.	500	300
Laminación en frío.	500	300
Cuarto de Motores y maquinas.	300	200
Inspección:		
Rebabeo de lamina negra, lingotes y billetes	1000	600
Hojalata y otras superficies brillantes	1000	600
<b>HULE, PRODUCTO DE</b>		
Preparación de la materia prima:		
Plastificación, molienda Banbury	300	200
Prensado en calandra	500	300
Preparación de las Telas:		
Cortado y tubos flexibles	500	300
Productos por extrusión.	500	300
Productos moldeados y vulcanización	500	300
Inspección	2000	1100
<b>LACTEOS Y PRODUCTOS</b>		
Industria Liquida:		
Cuarto marmitas y almacén de botellas.	300	200
Botellas	500	300
Lavadores de botellas	300	200
Lavadoras Latas	300	200
Equipos de Refrigeración	300	200
Llenado:		
Inspección	1000	600
Manómetros y tableros de Medidores (sobre carátulas).	500	300
Laboratorios.	1000	600
Pasteurizadores	300	200
Separadores y cuartos refrigerados	300	200
Tanques y Cubas	500	300
Termómetro (sobre carátula)	500	300
Cuarto para pesar (iluminación general)	300	200
Básculas	700	400
<b>LAMINA DE FIERO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>		
Prensas, guillotinas, troqueladoras trabajo mediano de banco.	500	300
Punzadoras y rechazado.	500	300
Trazado	2000	1100
<b>LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:</b>		
Checado y selección	500	300

Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Inspección y desmanchado.	5000	3000
Composturas y modificaciones	2000	1100
Planchado	1500	900
<b>LAVANDERIAS</b>		
Lavado	300	200
Planchados de blancos, pesado, hacer listas, marcado.	500	300
Planchado a maquinas y selección	700	400
Planchado fino a mano	1000	600
<b>LLANTAS DE HULE Y CAMARAS MANUFACTURA DE;</b>		
Preparación materia prima:		
Plastificación, molienda Bambuy	300	200
Prensado en Calandra.	500	300
Preparación de la Tela:		
Cortado y construcción de cejas.	500	300
Maquinas para las cámaras y recubierto.	500	300
Construcción de llantas:		
Llantas sólidas	300	200
Llantas neumáticas	500	300
Departamento de vulcanización:		
Cámaras y llantas	700	400
Inspección final	2000	1100
Envoltura	500	300
<b>MOLINO DE HARINA</b>		
Rodillos, cernidores, purificadores	500	300
Empacado	300	200
Control de Producción	1000	600
Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
<b>PAN INDUSTRIAS DE</b>		
Cuarto de fermentado	300	200
Formado:		
Pan Blanco	300	200
Pastelillos y pan de dulce	500	300
Cuartos de hornos	300	200
Relleno y otros ingredientes	500	300
Decorado:		
Mecánico	500	300
Manual	1000	600
Básculas y termómetros	500	300
Envolturas	300	200
<b>PAPEL MANUFACTURA DE</b>		
Bastidores, molinos, calandras	300	200
Acabado, cortado, recorte y maquinas para hacer el papel.	500	300
Cortado a mano lado húmedo de la maquina de papel.	700	400
Carrete maquina de papel inspección y laboratorio.	1000	600
Enrollado	1500	900
<b>PIEL MANUFACTURA DE (TENERIAS)</b>		
Limpiado, curtido y estirado, pailas.	300	200
Cortado descarnado y secado.	500	300



Acabado	1000	600
Piel Trabajo sobre:		
Planchado, trenzado y barnizado.	2000	1100
Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700
<b>PINTURA, MANUFACTURA DE:</b>		
Iluminación general	300	200
Comparación de las mezclas con la muestras o patrones.	2000	1100
Talleres de:		
Pinturas por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte o fuego.	500	600
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla.	500	300
Acabado de pinturas a mano:		
Trabajo abajo fino	1000	600
Trabajo extra-fino (carrocerías - piano)	3000	1700
<b>PLANTAS GENERADORES</b>		
Equipo de acondicionamiento de aire precalentadores y piso de ventiladores, exclusaje de cenizas.	100	60
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadores de calderas , tanques, compresores y área de manómetros.	200	100
Plataformas calderas	100	60
Transportador carbón, nave de bombas o circuladores.	100	60
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo.	100	60
Cuartos de Control:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección de Dúplex viendo hacia el operador:		
TIPÓ A.- Cuarto de control largo, 170 cm sobre el piso.	500	300
TIPO B.- Control de cuarto ordinario, 170cm sobre el piso.	300	200
Sección de "Dúplex" viéndose desde cualquier ángulo.	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Areas dentro de los tableros "Dúplex" (Vertical)	100	60
Alumbrado de emergencia en cualquier área.	100	60
Tableros despachadores:		
Plano horizontal (nivel de la mesa)	30	20
Cuarto despachador sistema de Carga	500	300
Cuarto despachador secundario.	500	300
Area para tanques de hidrogeno y bióxido de Carbono.	300	200
Laboratorio químico	200	100
Precipitadores	500	300
Casa de Rejillas	100	60
Plataforma, sopladores de hollín o escoria.	200	100
Cabezales para vapor y válvulas.	100	60
Cuarto de interruptores de potencia	100	60
Cuarto para equipo telefónico.	200	100
Túneles o galerías para tubería.	200	100
Túneles o galerías para tubería.	100	60

Subsótano (parte inferior turbina)	200	100
Cuarto de Turbinas.	300	200
Area para tratamiento de agua.	200	100
Plataforma para visitantes.	200	100
<b>SOLDADURA</b>		
Iluminación general.	500	300
Soldadura Manual de precisión con arco.	10000	6000
<b>TABACO, PRODUCTOS DE</b>		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, maquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo y pulido mediano.	1000	600
Trabajo fino de maquinaria y banco, maquinas automáticas finas, esmerilado mediano, y pulido fino.	6000	3000
Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado.	10000	6000
<b>TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE</b>		
Abridores, mezcladores y batientes	300	200
Clasificación	1000	600
Calado, peinado y repeinado	500	300
Estirado:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Tróciles:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Tróciles	500	300
Devanado:		
Hilo blanco	300	200
Hilo de color	500	300
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco ( en el peine)	1000	600
Hilo de color	1000	600
Hilo de color (en el peine)	1000	600
Tejido:		
Telas blancas	1000	600
Telas de color	2000	1100
Cuarto de telas crudas:		
Quitar nudos en la tela	1500	900
Cosidos	700	400
Doblado	500	300
Acabado húmedo	500	300
Teñido	1000	600
Acabado en seco:		
Despeluzado, acondicionamiento y planchado	700	600
Cortado	1000	600
Inspección	2000	1100
Doblado	700	400
<b>TALLERES TEXTILES DE SEDA Y SINTETICOS</b>		
Manufactura:		
Remojado, teñido, fugaz y preparación de torcidos.	300	200

Devanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasía, engomado:		
Hilo claro.	500	300
Hilo obscuro	2000	1100
En estizola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora	1000	600
Repaso en lisos y en el peine.	2000	1100
Tejido	1000	600
<b>TELA, PRODUCTOS DE</b>		
Inspección tela	20000	10000
Cortado	3000	2000
Costura	5000	3000
Planchado	3000	2000
<b>TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS</b>		
Fundición de tipo:		
Manufactura matrices, acabado de tipos.	1000	600
Preparación de tipos, elección.	500	300
Fundición	500	300
Impresión:		
Inspección de colores.	2000	1100
Linotipos y cajistas	1000	600
Prensas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electrotipia:		
Moldeado, rauteado, acabado, nivelado, moldes y recortado.	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotograbado:		
Grabado al ácido y montado	500	300
Rauteado, acabado, pruebas, entintado.	1000	600
<b>VIDRIO, FABRICAS DE</b>		
Cuarto de hornos y mezcladora, prensado maquinas sopladores y templado.	300	200
Esmerilado, cortado y plateado	500	300
Esmerilado fino, biselado, pulido.	1000	600
Inspección, grabado y decoración.	2000	1100
<b>ZAPATOS DE HULE. MANUFACTURA DE</b>		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes.	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, cortado parte superior y suelos.	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado.	1000	600
<b>ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE</b>		
Cortado y costura:		
Tablas de Cortado	3000	1700
Marcado, ojalado, adelgazado, selección remendado y contadores.	3000	1700
Cosido:		
Materiales claros	500	300
Materiales oscuros	3000	2000
Hechura y acabado	2000	1100

## **Capítulo 7**

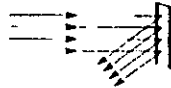
# **Reflectancia y Factor de Mantenimiento**

### Reflectancia y Factor de Mantenimiento.

Para el diseño de sistemas de iluminación sólo falta de ver estos 2 conceptos para entrar de lleno a los cálculos. En capítulos anteriores hemos visto factores que influyen para determinar una excelente iluminación. Ahora es tiempo de poner las cartas sobre la mesa y considerar todos los aspectos ya mencionados.

#### Reflectancia

Un factor que influye para la determinación del número de luminarios es la Reflectancia. La reflectancia es el fenómeno por el cual la luz incide sobre una superficie, el ángulo en el cual incide en la superficie es igual a l ángulo reflejado.



En todo diseño de iluminación debemos considerar estas superficies, ya que la luz incidirá sobre ellas, a continuación se mostrará la tabla de reflexiones aproximadas para diferentes superficies;

Superficie de Pintura.

TONO	COLOR	REFLEXION EN %
Muy Claro	Blanco Nuevo	88
	Blanco Viejo	76
	Azul Verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
Claro	Gris	83
	Azul Verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
Mediano	Gris	73
	Azul Verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
Obscuro	Gris	61
	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

II. Superficies de Madera.

COLOR	REFLEXION EN %
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

III. Acabados Metálicos.

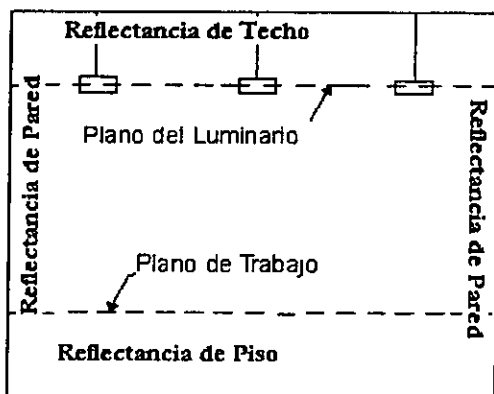
COLOR	REFLEXION EN %
Blanco Polarizado	70-85
Esmalte Hornoado	
Aluminio Pulido	75
Aluminio Mate	75
Aluminio Claro	79

IV. Acabados de Construcción Aparentes.

TIPO	REFLEXION EN %
Roca Basáltica	18
Cantera Clara	18
Tabique muy Pulido	48
Tabique Rojo Vidriado	30
Tabique Pulido	40
Tabique Rojo Barnizado	30
Cemento	27
Concreto	40
Mármol Blanco	45
Vegetación	25
Asfalto Limpio	7
Adoquín de Roca Ígnea	17
Grava	13
Pasto (verde oscuro)	6
Pizarra	8

Como es de observarse en las tablas , las tonalidades, colores, acabados de las superficies juegan un factor muy importante. Cuando menor es el porcentaje de Reflexión tendremos que colocar mas luminarios debido a la baja contribución de reflectancias de superficie de cuarto hacia nuestro plano de trabajo.

Para el diseño de iluminación será necesario conocer las reflectancias de piso, techo y pared, ya que estos valores determinaran la contribución de flujo luminoso incidente de las superficies.



## Factor de Mantenimiento

### Determinación del factor de mantenimiento o factor de pérdida de luz (I.I.f.) light loss factor

Para la determinación del FM consiste en el producto de los siguientes 8 factores;

#### Factores no recuperables.

1.- **Variación de Tensión;** Al subir o bajar la tensión de alimentación repercutirá en el flujo luminoso emitido por las lámparas de la siguiente forma:

- Para lámparas incandescentes por caída 1% de variación de tensión, causa aproximadamente un 3% de variación en el flujo luminoso.
- Para lámparas de alta intensidad de descarga HID por cada 1% de variación en la tensión causa aproximadamente un 3 % de variación en el flujo luminoso.
- Para lámparas fluorescentes por cada caída de 2.5% de variación de tensión causa un cambio del 1% del flujo luminoso.

2.- **Temperatura Ambiente;** Este factor se toma en consideración cuando se ilumina con lámparas fluorescentes, ya que las lámparas incandescentes y las de alta intensidad de descarga HID son muy poco afectadas.

**3.- Depreciación por deterioro en la superficie.** Este es resultado 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. Las superficies como el vidrio casi no tienen depreciación, a diferencia de la pintura homeada y otros tipos de pintura que tienen una depreciación permanente ya que normalmente se hacen porosas a ciertas temperaturas.

**4.- Factor de Balastro.** Este valor deberá ser consultado con el fabricante del balastro. Regularmente este valor se toma como unitario.

### **Factores Recuperables**

**5.- Depreciación por suciedad acumulada en la superficie del local.** La acumulación de polvo en las superficies del cuarto reduce la reflexión del flujo luminoso y la reflexión del plano de trabajo.

**6.- Lámparas quemadas o fundidas;** Estas disminuyen el nivel de iluminación promedio. Las estadísticas de mortalidad de las lámparas podemos consultarlas con los fabricantes y de esta manera poder organizar el calendario de mantenimiento de los luminarios. Es necesario sustituir lámparas quemadas, el nivel de iluminación en el área se ve afectado en la misma proporción de las lámparas.

**7.- Depreciación de lúmenes de la lámpara ( L.L.D ),** Lamp Lumen Depreciation; Todos las lámparas no emiten la misma intensidad de flujo luminoso durante todo su vida, al 70 % de vida de la lámpara se toma un valor para determinar su factor =  $L_m$  al 70% de vida /  $L_m$  iniciales.

**8.- Depreciación por suciedad acumulada en el Luminario (L.D.D),** 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.

Para todo proyecto de iluminación es necesario conocer el tipo de ambiente donde serán colocados los luminarios, de acuerdo a las siguientes características del área de trabajo se determinará las condiciones de suciedad en los luminarios.



DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE SUCIEDAD EN LOS LUMINARIOS					
	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
SUCIEDAD GENERADA	NINGUNA	MUY POCO	NOTORIA PERO NO PESADA	SE ACUMULA CON RAPIDEZ	ACUMULACION CONSTANTE
SUCIEDAD AMBIENTE	NINGUNA O NO SE LE PERMITE ENTRAR	ALGUNA (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A ENTRAR EN EL AREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
REMOCION O FILTRACION	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BAJO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI ES QUE HAY	NINGUNA
ADHESION	NINGUNA	LIGERA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	ALTA PROBABLEMENTE CAUSADO POR ACETES, HUMEDAD O ESTATICA	ALTA
EJEMPLOS	OFICINAS DE ALTA CATEGORIA ALEJADAS DE LAS ZONAS DE PRODUCCION; LABORATORIOS, QUIRÓFANOS, SALAS DE COMPUTO	OFICINAS EN EDIFICIOS VIEJOS O CERCANAS A LAS ZONAS DE PRODUCCION, ENSAMBLE SENCILLO INSPECCION, SALAS GENERALES	OFICINAS DE MAQUINADO Y MOLINOS, PROCESAMIENTO DE PAPEL Y MAQUINADO LIGERO	TRATAMIENTO TECNICO, IMPRESION A ALTA VELOCIDAD PROCEDIMIENTO DE HULES, FUNDICION, TUNELES DE MINAS	SIMILAR A SUCIO PERO LOS LUMINARIOS SE ENCUENTRAN INMEDIATAMENTE AL LADO DE LA FUENTE DE CONTAMINACION

**Determinación de LLD**

Recuérdese que este factor es proporcionado por el fabricante de la lampara, a continuación se muestran datos técnicos de lamparas fluorescentes;

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	895	12,000	41	0.72
22	CIRCULAR	B. FRIO DE LUJO	875	12,000	40	0.72
22	CIRCULAR	B. CALIDO DE LUJO	785	12,000	36	0.72
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1,850	12,000	58	0.82
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1,590	12,000	50	0.82
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2,850	12,000	66	0.77

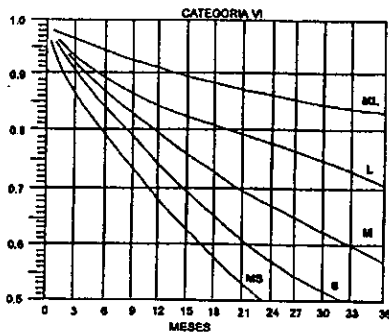
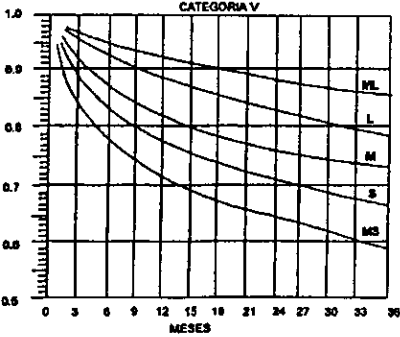
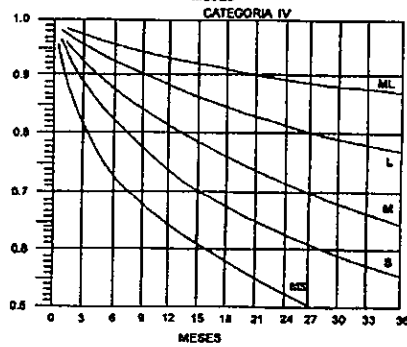
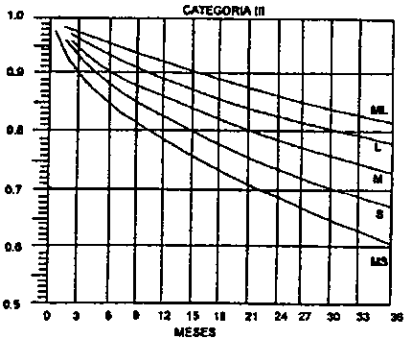
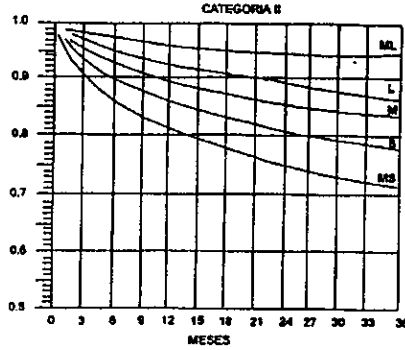
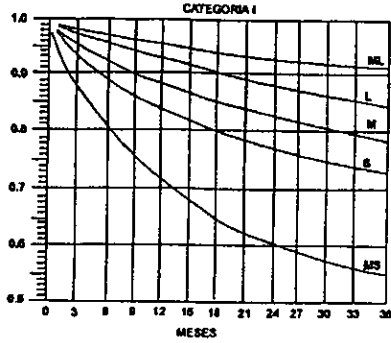
**Determinación del LDD**

Para la determinación del Factor de Depreciación por suciedad del luminario, es necesario conocer la categoría de mantenimiento de acuerdo a su construcción para lo cual nos ayudaremos con la siguiente tabla o bien con los dibujos ilustrativos que a continuación se muestra;

CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
I	1) NINGUNA	1) NINGUNA
II	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO CON 15% O MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 4) OPACO CON UN 15% MAS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
III	1) TRANSPARENTE CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS 3) OPACO CON 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVES DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS) O (DEFLECTORES)
IV	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS (REJILLAS)
V	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
VI	1) NINGUNO 2) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS

### Curvas de Degradación por Suciedad en el Luminario.

Una vez determinado que categoría corresponde el luminario se va directamente a las curvas siguientes;



ML = Muy Limpio










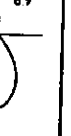
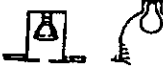

M = Medio








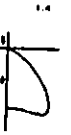




MS = Muy Sucio







L = Limpio


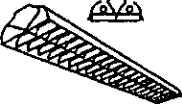
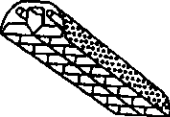
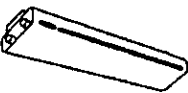
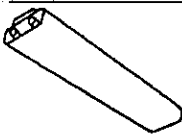
S = Sucio

Curvas de distribución y porcentaje de lúmenes de luminarios típicos

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LÚMENES	
	CAT.	ESPACIO MÁXIMO
 <p>ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE</p>	V	1.8 
 <p>REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM</p>	IV	1.3 
 <p>ICUBICI UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMÁTICO</p>	V	1.3 
 <p>LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL</p>	IV	0.8 
 <p>LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°</p>	IV	0.7 
 <p>PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA</p>	IV	0.7 

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y % DE LÚMENES	
	CAT.	ESPACIO MÁXIMO
 <p>GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA</p>	V	1.8 
 <p>BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGIA.</p>	IV	0.8 
 <p>BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR-75</p>	IV	0.8 
 <p>GABINETE CUADRADO CON CONTROLLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA</p>	V	1.4 
 <p>GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO</p>	V	1.8 
 <p>(MERCURUME) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMÁTICO Y CONTROLLENTE DE ACRILICO PRISMÁTICO EXTERIOR</p>	V	1.2 

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPAC. MAXIMO
 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.0 0% Δ 71% ∇
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).	III	1.6 1% Δ 77% ∇
 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMÁTICO CERRADA. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.0 0% Δ 88% ∇
 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMÁTICO	V	1.0 0% Δ 88% ∇
 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMÁTICO VENTILADO	IV	1.7 0% Δ 84% ∇
 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	II	1.3 22% Δ 85% ∇

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT	ESP. MAX.
 CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	I	1.0/1.2 20.5% Δ 69% ∇
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 30 x 30	II	1.0 23.5% Δ 57% ∇
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 x 45	IV	1.0 0% Δ 46% ∇
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTROLLENTE PRISMÁTICO ENVOLVENTE	V	1.5/1.2 11.5% Δ 58.5% ∇
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	V	1.3 8% Δ 37.5% ∇

## **Capitulo 8**

**Proyecto de Iluminación de una  
Nave industrial usando el  
Método de Lumen y Método Punto por Punto**

## **Proyecto de Iluminación de una Nave Industrial usando el Método de Lumen y Método Punto por Punto**

### **Introducción**

Para la determinación del número de luminarios a colocar en una nave industrial está basado en el Método de Lumen. En éste método, abarcaremos los principios y factores para la determinación del número de luminarios, estudiaremos el comportamiento del flujo luminoso que emite durante y después de un tiempo.

Ahora ya estamos listos, tenemos todos los factores que influyen en la iluminación y a través de este proyecto aplicaremos los conceptos ya vistos en los capítulos anteriores.

El método punto por punto es elaborado, una vez determinado ya la colocación de los luminarios en la Nave industrial, éste método es usado con la finalidad de saber el nivel de iluminación en un punto determinado de nuestra área iluminada. Para la realización de este método es laborioso ya que se requiere saber la contribución de luminosidad de los luminarios cerca al punto de interés, esto es acompañado por la aplicación de varias fórmulas.

Existe una herramienta, fácil y de gran ayuda para determinar el número de luminarios que se desea colocar en cierta parte, y también determina los niveles de iluminación punto por punto. Es el uso de programas especializados en Iluminación. En el siguiente capítulo comprobaremos los resultados obtenidos usando el programa de iluminación, dicho programa que utilizaremos es CALAPRO.

**DESCRIPCION DEL PROYECTO**

Nivel de Iluminación requerido : 600 lx.

Area de trabajo : 1875 m<sup>2</sup>.

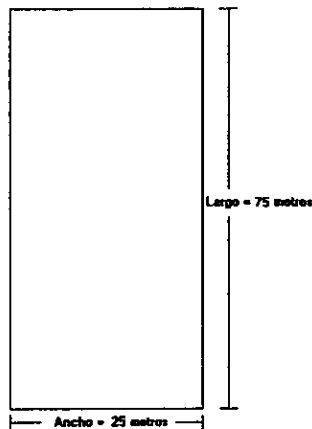
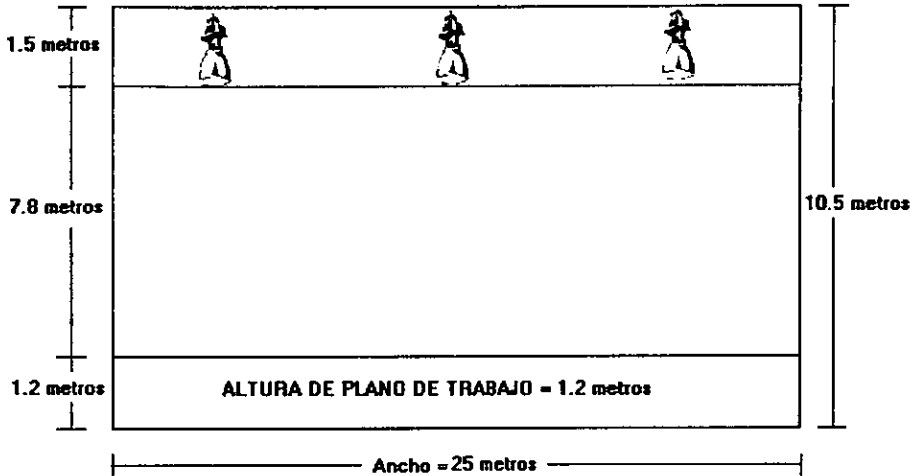
Reflectancia de techo: 70%, Color : Miel Claro

Reflectancia paredes: 30%, Acabado : Tabique rojo barnizado.

Reflectancia de piso:20%,

Tipo de Ambiente: Sucio.

Horas de Operación por año: 16 hrs/día x 324 días = 5184 hrs.





## **Selección de la Lámpara**

La selección del TIPO DE LAMPARA es esencial. Cada tipo de iluminación requiere la selección de la fuente de luz adecuada. Los tipos de lámpara a seleccionar son:

- Incandescente.
- Fluorescente.
- Vapor de Mercurio.
- Vapor de Sodio Baja Presión.
- Vapor de Sodio Alta Presión.
- HQI
- Aditivos Metálicos.

La utilización de lámparas incandescentes a naves industriales resultaría demasiada carga instalada, y es muy deficiente por lo tanto lo descartamos.

La segunda opción son lámparas fluorescentes, puede ser buena opción pero su gran desventaja resulta en la altura de montaje, en la mayoría de las naves industriales se requiere que estén colocadas a más de 5 metros y debido a la baja potencia no se obtiene el nivel de iluminación requerida. Esta opción queda descartada.

Las lámparas de Vapor de Mercurio fueron hace tiempo la mejor opción, pero ahora comparando con otras la hace inadecuada. Estas lámparas son eficientes pero su inconveniente es su color blanco azulado.

Las lámparas de Vapor de Sodio Baja Presión son las más alta eficacia en relación a las otras HID, pero su gran inconveniente es su color monocromático : Amarillo penetrante, por lo tanto queda descartado para nuestro proyecto.

Las lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión , también son de alta eficacia y son utilizadas para Naves Industriales donde "no se requiere distinción de color" . Muchos proyectistas prefieren este tipo de lámparas por tener un precio más económico con respecto a la de Aditivos Metálicos. Para dicho proyecto no resulta la mejor opción.

Las lámparas HQI son la mejor opción que se tiene a la fecha en cuanto a reproducción cromática, pero por el hecho de ser lámparas de alta tecnología, de momento resulta muy caras, y la inversión inicial sería muy elevada.

Las lámparas de Aditivos Metálicos son de alta eficacia y tienen un excelente CRI ( índice de rendimiento de color). Su color da como consecuencia un confort agradable, y brinda un buen ambiente cromático. Además la nave industrial requiere distinción de color por tal motivo es la que se escogerá.

**Selección del Luminario**

Una vez determinado la lampara a colocar se dispone ¿Qué tipo de luminario colocar? Para determinar el luminario solo se dispone de aplicar la formula basada en el Método de punto por punto.



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

Donde;  
 I = Intensidad luminosa.  
 H = Altura del luminario al punto a tratar.  
 $\theta = 0^\circ$  y despejando la Intensidad por lo tanto la fórmula queda de la siguiente manera:

$$I = E H^2 \text{ (candelas)}$$

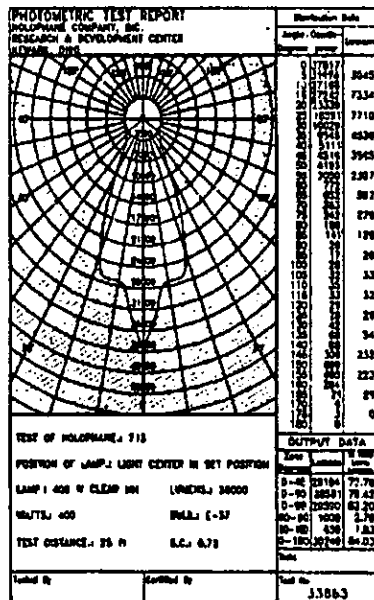
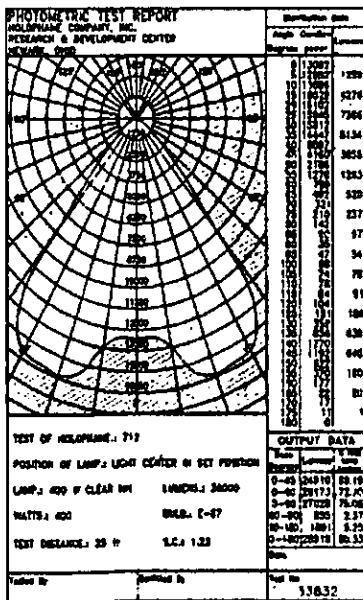
Ahora teniendo la fórmula la única incógnita es la Intensidad luminosa. Por lo tanto se tiene;

$$I = E H^2$$

$$I = ( 600 ) ( 7.8 )^2$$

$$I = 36 504 \text{ Candelas.}$$

Con este valor obtenido se busca directamente en curvas de distribución fotométrica de los luminarios, (ésta información la proporciona el fabricante de dichos luminarios). Ahora se buscará en éstas curvas un valor aproximado medido en candelas al valor calculado a "cero" grados vertical. Para entender la selección del luminario se tienen a continuación 2 curvas de distribución:



Estas curvas fueron proporcionadas por la empresa Holophane de sus luminarios Prismpack V, en el Catalogo 712 se tiene a "cero" grados vertical un valor de 13 082 Candelas, por lo cual resulta insuficiente al valor deseado, para el catalogo 713 se tiene un valor de 37 817 Candelas que es el valor mas aproximado al cual se desea llegar.

**DESCRIPCION DEL LUMINARIO**

- Lampara de Aditivos Metálicos
- Reflector Prismático ventilado (Efecto chimenea).
- Potencia: 400 Watts.
- Acabado : Claro.
- Lumenes emitidos: 36 000 lm.
- Criterio de Espaciamiento ( S.C ) : 0.72
- Eficacia : 90 lm/Watt.
- Vida de la lampara: 20 000hrs.

**CALCULOS**

El siguiente paso a seguir es saber el número de luminarios a colocar en la nave industrial. Utilizaremos el método de Lumen para poderlo calcularlo:

$$\text{No de Luminarios: } \frac{E \times \text{Area}}{\text{Lúmenes por Luminario} \times \text{CU} \times \text{FM}}$$

Donde;

**E** = Nivel de Iluminación en lux.

**CU** = Coeficiente de utilización.

**FM** = Factor de Mantenimiento.

**Lúmenes por Luminario** = Lumenes iniciales de la lampara que se encuentra dentro del luminario.

Conocemos;

E : 600 lx.

Area: 1875 m<sup>2</sup>.

Lúmenes por Luminario: 36 000.

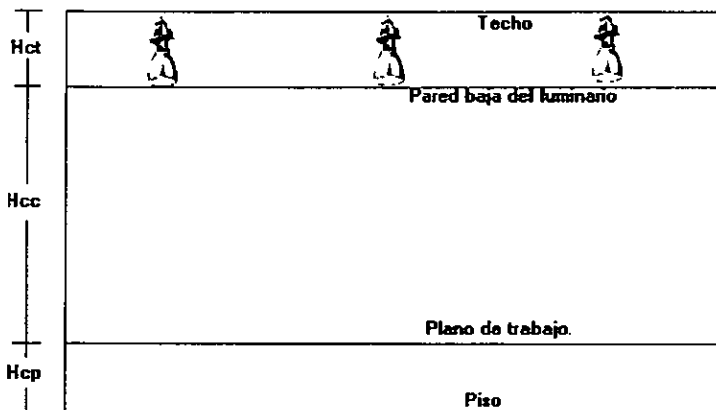
Los únicos datos que faltan es el CU y FM

**Determinación del Coeficiente de Utilización ( CU )**

Para poder obtener el CU necesitamos recurrir a la información técnica del luminario seleccionado proporcionada por el fabricante.

Existen 2 métodos para poder calcular el CU

- a) Método de Índice de Cuarto ( Ic).
- b) Método de Cavidad Zonal ( R.C.R)



Donde:

- Hct = Altura de Cavidad de Techo.
- Hcc = Altura de Cavidad de Cuarto.
- Hcp = Altura de Cavidad de Piso.

**Método Índice de Cuarto ( Ic )**

$$Ic = \frac{\text{Area}}{Hcc \times (\text{Largo} + \text{Ancho})}$$

**Método Cavidad Zonal ( R.C.R)**

R.C.R : Room Cavity Ratio ( Relación de Cavidad de Cuarto )

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

Analizando ambas ecuaciones tenemos esta relación:

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

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

En la realidad el Método Índice de cuarto es muy antiguo, pero se menciona debido a que algunos fabricantes proporcionan tablas para la determinación del CU por éste método. Para nuestro interés los datos que nos proporciona la Empresa Holophane están en Cavidad Zonal.

Ahora conocemos todas los valores, sustituir:

$$R.C.R = \frac{5 \times 7.8 (75 + 25)}{1875}$$

$$R.C.R = 2.08$$

Con ayuda de las Reflectancias obtendremos el CU, recordando;

Piso = 20%

Techo = 70%

Pared = 30 %

PISO	20%			30%			0%
TECHO	70%			50%	30%	10%	0%
PARED	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
R.C.R							
0	0.95	0.95	0.95	0.87	0.87	0.87	0.81
1	0.88	0.86	0.84	0.81	0.79	0.78	0.74
2	0.81	0.77	0.74	0.75	0.73	0.71	0.67
3	0.74	0.70	0.67	0.70	0.67	0.64	0.61
4	0.69	0.64	0.60	0.65	0.61	0.58	0.56
5	0.64	0.59	0.55	0.60	0.57	0.54	0.52
6	0.59	0.54	0.50	0.57	0.53	0.49	0.48
7	0.56	0.50	0.47	0.53	0.49	0.46	0.44
8	0.52	0.47	0.43	0.50	0.46	0.43	0.41
9	0.49	0.44	0.40	0.47	0.43	0.40	0.39
10	0.46	0.41	0.36	0.45	0.41	0.38	0.36

Tabla para la determinación del CU, luminario Prismack V Catalogo 713 Aditivos Metálicos

Nuestro valor de R.C.R es 2.08, ya que no existe un valor exacto en la tabla de Coeficiente de Utilización se debe de interpolar:

R.C.R		R.C.R	
X1	Y1	2	0.77
X	C.U	2.08	C.U
X2	Y2	3	0.70

Fórmula directa para encontrar la interpolación:

$$C.U = \frac{(Y2 - Y1)(X - X1)}{X2 - X1} + Y1$$

Sustituyendo valores :

$$C.U = \frac{(0.70 - 0.77)(2.08 - 2)}{3 - 2} + 0.77$$

$$C.U = 0.7644$$

### Obtención del Factor de Mantenimiento

Para fines prácticos el factor de mantenimiento es obtenido por solo la multiplicación de 2 factores, ya que el resto de los factores casi es igual a uno. Nuestro factor de Mantenimiento será:

$$FM = LLD \times LDD$$

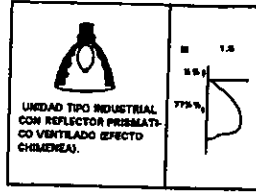
LLD ( Lamp Lumen Depreciation ). Este valor es obtenido directamente por el fabricante de la lampara. Para determinar éste valor nos dirigimos a los datos técnicos de la lampara seleccionada ( Aditivos Metálicos ), pag(29).

WATTS	Acabado	Lúmene s Iniciales	Vida en horas	Eficacia lm/Watts	LLD	Base	Bulbo	Longitud cm
-------	---------	--------------------------	------------------	----------------------	-----	------	-------	----------------

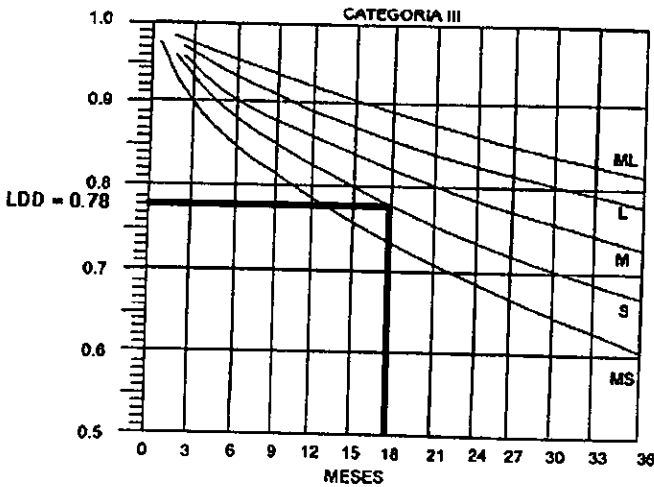
400	CLARO	36,000V- 32,000H	20,000V- 15,000H	90	0.75	MOGUL	BT-37	29.20
-----	-------	---------------------	---------------------	----	------	-------	-------	-------

LDD ( Luminaire Dirt Depreciation ). Para determinar éste valor se debe considerar 2 factores:

- Tipo de Ambiente: **SUCIO**.
- Categoría de Mantenimiento. Con ayuda de las curvas de la pags (56 y 57) determinaremos la categoría que pertenece nuestro luminario establecido. (categoría III)



Sabiendo la Categoría que pertenece nuestro luminario nos vamos directamente a las Curvas de Degradación por Suciedad en el luminario. Regularmente el mantenimiento se realizará cada 18 meses.



FM = 0.75 x 0.78  
 FM = 0.585

Tenemos todos los valores para determinar el numero de luminarios;

No de Luminarios: 
$$\frac{E \times \text{Area}}{\text{Lúmenes por Luminario} \times \text{CU} \times \text{FM}}$$

No de Luminarios: 
$$\frac{600 \times (1875)}{36\,000 \times 0.7644 \times 0.585}$$

No de Luminarios: 69.88 ~ 70

- **NOTA.** Siempre se debe cerrar el número obtenido de luminarios, de preferencia, que sea un numero mayor al obtenido y que no sea numero primo para hacer sin problemas y de forma simétrica el acomodo de los luminarios.

## Distribución de Luminarios

Para poder encontrar el arreglo en que se colocarán los luminarios de una forma correcta y bien distribuida debemos calcular el Espaciamiento Teórico (St) con la siguiente fórmula:

$$St = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No de Luminarios}}}$$

$$St = \sqrt{\frac{1875}{70}}$$

$$St = 5.17 \text{ metros}$$

Con la ayuda del espaciamiento teórico (Steórico) determinaremos el número de columnas y renglones con la siguientes fórmulas;

$$\text{No de Columnas} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Steórico}}$$

$$\text{No de Renglones} = \frac{\text{No de Luminarios}}{\text{No de columnas}}$$

Sustitución de valores;

$$\text{No de Columnas} = \frac{25}{5.17} = 4.83 \approx 5$$

$$\text{No de Renglones} = \frac{70}{5} = 14$$

Este tipo de arreglo respeta nuestro valor de número de luminarios obtenidos:  $5 \times 14 = 70$  luminarios.

Ahora se calculará la distancia entre cada luminario con las siguientes fórmulas;

$$\text{Espaciamiento entre columnas} = \frac{\text{Ancho}}{\text{No. de Columnas}}$$

$$\text{Espaciamiento entre filas} = \frac{\text{Largo}}{\text{No de Filas}}$$

$$\text{Espaciamiento entre la Orilla y la primera columna} = \frac{\text{Esp. entre columnas}}{2}$$



$$\text{Espaciamiento entre la Orilla y la primera fila} = \frac{\text{Esp. entre filas}}{2}$$

Sustitución de Valores:

$$\text{Espaciamiento entre columnas} = \frac{25}{5} = 5 \text{ metros}$$

$$\text{Espaciamiento entre filas} = \frac{75}{14} = 5.357 \text{ metros}$$

Este valor real obtenido no debe sobrepasar a un valor máximo, lo cual lo llamaremos Espaciamiento máximo (Smáx).

Condición ;

$$S_{real} < S_{máx.}$$

Donde;

$$S_{max} = S.C \times H_{cc}$$

**Smax** = Espaciamiento Máximo.

**S.C** = Criterio de Espaciamiento ( valor proporcionado por el fabricante de luminarios ).  
Este valor es obtenido de acuerdo a la curva de distribución de flujo luminoso del luminario.

**Hcc** = Altura Cavidad de Cuarto.

Sustitución de valores;

$$S_{max} = 0.72 (7.8) = 5.616 \text{ metros}$$

**5.357m < 5.616m**  
el arreglo si cumple las condiciones de espaciamento entre luminarios.

Espaciamiento entre la Orilla = 2.5 metros.  
y la primera columna

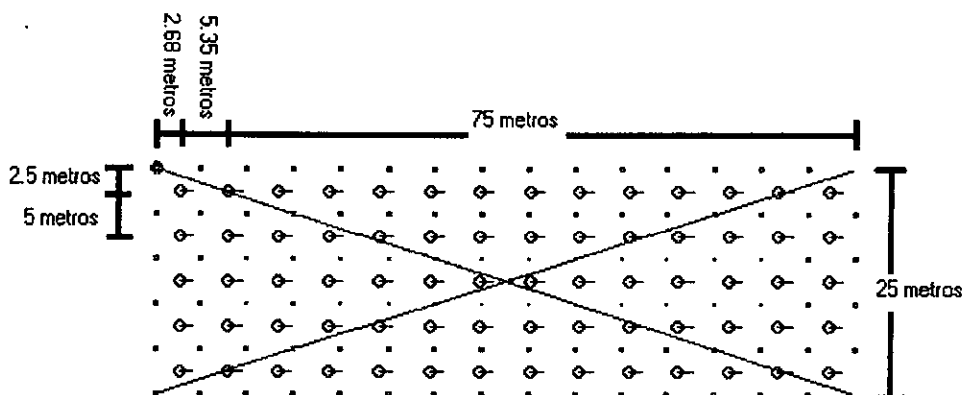
Espaciamiento entre la Orilla = 2.678 metros.  
y la primera fila.

Ahora determinaremos el nivel de iluminación esperado con 70 luminarios en el plano de trabajo.

$$E = \frac{\text{No de Luminarios} \times \text{Lúmenes por Luminario} \times \text{CU} \times \text{FM}}{\text{Area}}$$

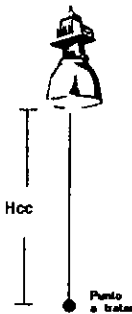
$$E = \frac{70 \times 36\,000 \times 0.7644 \times 0.585}{1875} = 601 \text{ lx. El proyecto tendrá el valor recomendado.}$$

La ubicación de los luminarios queda de la siguiente manera;



### Método Punto por Punto

Este método es complementario al método de Lumen y se utiliza para comprobar si se está cumpliendo con el nivel de iluminación en puntos representativos del área analizada. La siguiente formula nos indica el nivel de iluminación a cero grados vertical, es decir debajo del luminario.



$$E = \frac{I\Phi \cos^3 \Phi}{Hcc^2}$$

Donde  $\Phi = 0^\circ$  (debajo del luminario) por lo tanto

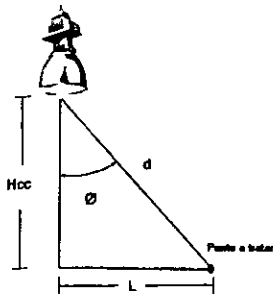
$$E = \frac{I}{Hcc^2}$$

Donde;

- E = Nivel de Iluminación en Lux.
- I $\Phi$  = Intensidad luminosa en Candelas en la dirección  $\Phi$ .
- $\Phi$  = Angulo que se forma entre la linea vertical que sale del luminario y la linea que va del luminario al punto a tratar
- Hcc = Altura de cavidad de cuarto.

Para determinar el nivel de iluminación en cualquier otro punto y se forme un ángulo  $\Phi$ ; será con la formula ya descrita;

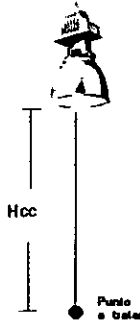
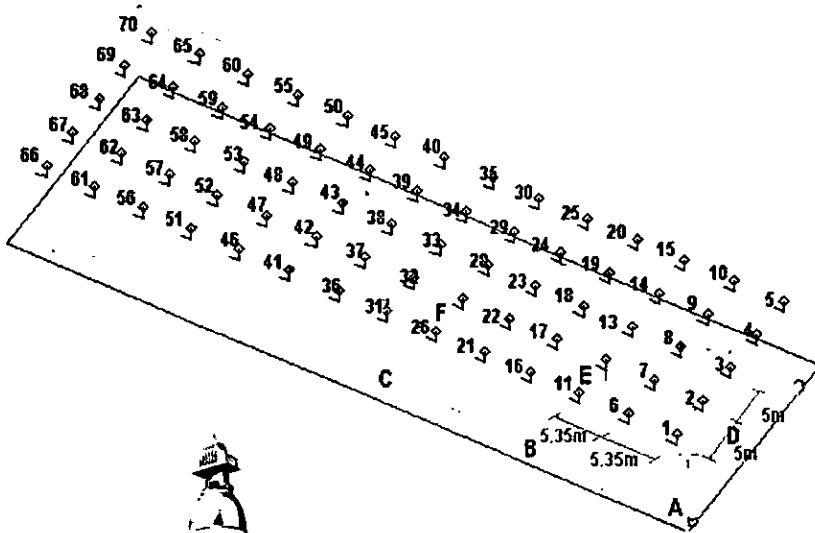
d = distancia del luminario al punto a tratar.  
 $\Phi \neq 0$



$$E = \frac{I\Phi \cos^3 \Phi}{Hcc^2}$$

Analizaremos 6 puntos en el cálculo punto por punto :

- Punto A ; debajo del Luminario 1.
- Punto B ; debajo del luminario 16.
- Punto C ; debajo del luminario 31.
- Punto D ; debajo del luminario 3.
- Punto E ; debajo del luminario 18.
- Punto F ; debajo del luminario 33.



- Nota : Los valores en candelas utilizados en éstos cálculos están tomados de la curva de distribución del luminario, proporcionados por el fabricante del luminario en éste caso es Holophane catalogo 713.

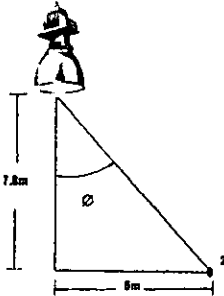
Para el punto "A"

• **luminario 1**

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

$$\frac{37817}{(7.8)^2} = 621.58lx.$$

• **Luminario2**



$$\phi = \tan^{-1} \frac{5}{7.8} \quad \phi = 32.66^\circ$$

Ahora tenemos que interpolar para encontrar la intensidad en candelas a 32.66°.

30°	=	10029 Cd.
32.66°	=	x
35°	=	6545 Cd.
-5	=	3484 Cd.
-2.66	=	x

$$x = 1853.49$$

$$I_{32.66^\circ} = 10029 - x$$

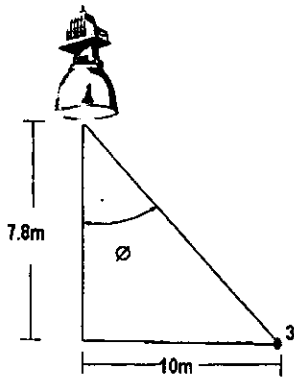
$$I_{32.66^\circ} = 8175.51Cd.$$

Calculo del nivel de iluminación a 32.66°

$$E_{32.66^\circ} = \frac{8175.51 \cos^3 32.66}{(7.8)^2}$$

$$E_{32.66^\circ} = 80.18lx.$$

• **Luminario 3**



$$\phi = \tan^{-1} \frac{10}{7.8} \quad \phi = 52.04^\circ$$

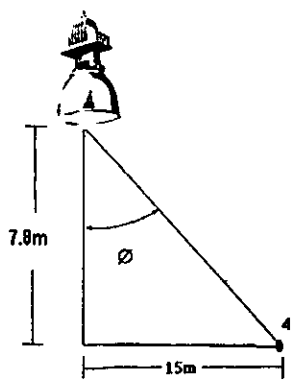
50°	=	4193 Cd.
52.04°	=	x
55°	=	3050 Cd.
-5		1143 Cd.
-2.04		x

$x = 466.34$   
 $I_{52.04^\circ} = 4193 - x$   
 $I_{52.04^\circ} = 3726.66 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a 52.04°

$E_{52.04^\circ} = \frac{3726.66 \cos^3 52.04}{(7.8)^2}$   
 $E_{32.66^\circ} = 14.25lx$

• **Luminario 4**



$$\phi = \tan^{-1} \frac{15}{7.8} \quad \phi = 62.52^\circ$$

60°	=	772 Cd.
62.52°	=	x
65°	=	652 Cd.
-5		120 Cd.
-2.52		x

$x = 60.48$

$I_{62.52^\circ} = 772 - x$

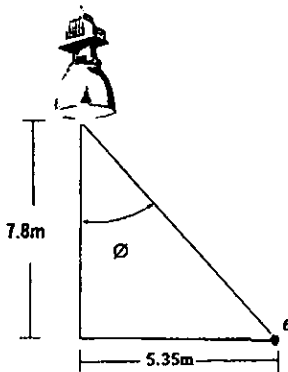
$I_{62.52^\circ} = 711.52 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a 62.52°

$$E_{62.52^\circ} = \frac{711.52 \cos^3 62.52^\circ}{(7.8)^2}$$

$E_{62.52^\circ} = 1.15 \text{ lx}$

- **Luminario 5** se encuentra muy retirado por lo tanto consideramos su contribución nula, por lo tanto  $E = 0 \text{ lx}$ .
- **Luminario 6**



$$\phi = \tan^{-1} \frac{5.35}{7.8} \quad \phi = 34.44^\circ$$

30°	=	10029 Cd.
34.44°	=	x
35°	=	6545 Cd.
-5		3484 Cd.
-4.44		x

$x = 3093.79$

$I_{34.44^\circ} = 10029 - x$

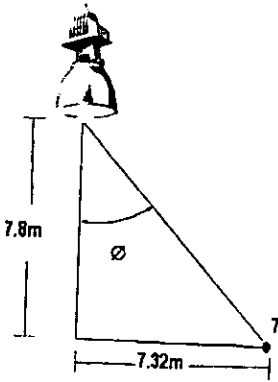
$I_{34.44^\circ} = 6935.21 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a 34.44°

$$E_{34.44^\circ} = \frac{6935.21 \cos^3 34.44^\circ}{(7.8)^2}$$

$E_{34.44^\circ} = 63.94 \text{ lx}$

• Luminario 7



$$\phi = \tan^{-1} \frac{7.32}{7.8} \quad \phi = 43.19^\circ$$

40°	=	5111 Cd.
43.19°	=	x
45°	=	4516 Cd.
-5		595 Cd.
-3.19		x

$$x = 379.61$$

$$I_{43.19^\circ} = 5111 - x$$

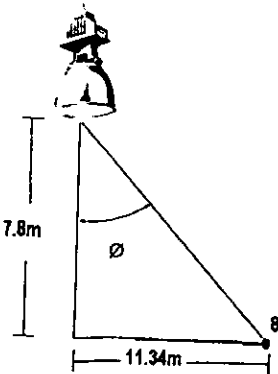
$$I_{43.19^\circ} = 4731.39 \text{ Cd.}$$

Calculo del nivel de iluminación a 43.19°

$$E_{43.19^\circ} = \frac{4731.39 \cos^3 43.19}{(7.8)^2}$$

$$E_{43.19^\circ} = 30.14 \text{ lx}$$

• Luminario 8



$$\phi = \tan^{-1} \frac{11.34}{7.8} \quad \phi = 55.48^\circ$$



$$\begin{array}{r}
 55^\circ = 3050 \text{ Cd.} \\
 55.48^\circ = x \\
 \hline
 60^\circ = 772 \text{ Cd.} \\
 -5 \quad 2278 \text{ Cd.} \\
 \hline
 -0.48 \quad x
 \end{array}$$

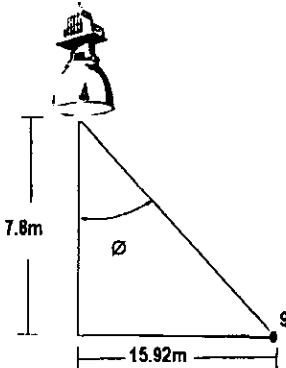
$$\begin{array}{l}
 x = 218.69 \\
 I_{55.48^\circ} = 3050 - x \\
 I_{55.48^\circ} = 2831.31 \text{ Cd.}
 \end{array}$$

Calculo del nivel de iluminación a 55.48°

$$E_{55.48^\circ} = \frac{2831.31 \cos^3 55.48}{(7.8)^2}$$

$$E_{55.48^\circ} = 8.47 \text{ lx}$$

• Luminario 9



$$\phi = \tan^{-1} \frac{15.92}{7.8} \quad \phi = 63.9^\circ$$

$$\begin{array}{r}
 60^\circ = 772 \text{ Cd.} \\
 63.9^\circ = x \\
 \hline
 65^\circ = 652 \text{ Cd.} \\
 -5 \quad 120 \text{ Cd.} \\
 \hline
 -3.9 \quad x
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 x = 93.6 \\
 I_{63.9^\circ} = 772 - x \\
 I_{63.9^\circ} = 678.4 \text{ Cd.}
 \end{array}$$

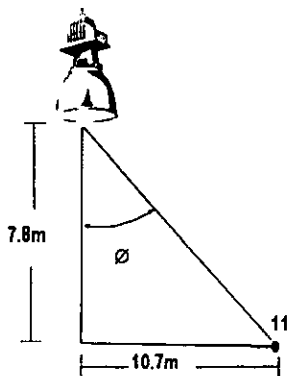
Calculo del nivel de iluminación a 63.9°

$$E_{63.9^\circ} = \frac{678.4 \cos^3 63.9}{(7.8)^2}$$

$$E_{63.9^\circ} = 0.9 \text{ lx}$$

• Luminario 10 se encuentra muy lejano y por lo tanto  $E = 0 \text{ lx}$ .

• Luminario 11



$$\phi = \tan^{-1} \frac{10.7}{7.8} \quad \phi = 53.9^\circ$$

50°	=	4193 Cd.
53.9°	=	x
55°	=	3050 Cd.
-5		1143 Cd.
-3.9		x

$x = 891.54$

$I_{53.9^\circ} = 4193 - x$

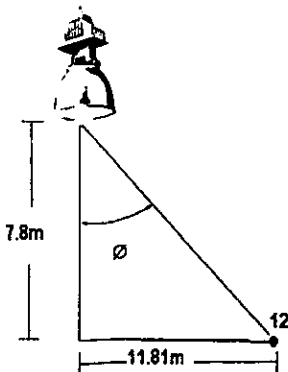
$I_{53.9^\circ} = 3301.46 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a 53.9°

$$E_{53.9^\circ} = \frac{3301.46 \cos^3 53.9}{(7.8)^2}$$

$E_{53.9^\circ} = 11.10 \text{ lx}$

• Luminario 12



$$\phi = \tan^{-1} \frac{11.81}{7.8} \quad \phi = 56.56^\circ$$

$$\begin{array}{rcl}
 55^\circ & = & 3050 \text{ Cd.} \\
 56.56^\circ & = & x \\
 \hline
 60^\circ & = & 772 \text{ Cd.} \\
 -5 & & 2278 \text{ Cd.} \\
 \hline
 -1.56 & & x
 \end{array}$$

$x = 710.73$

$I_{56.56^\circ} = 3050 - x$

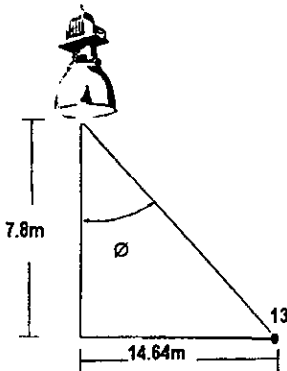
$I_{56.56^\circ} = 2339.27 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a  $56.56^\circ$

$E_{56.56^\circ} = \frac{2339.27 \cos^3 56.56}{(7.8)^2}$

$E_{56.56^\circ} = 6.43 \text{ lx}$

• **Luminario 13**



$\phi = \tan^{-1} \frac{14.64}{7.8} \quad \phi = 61.96^\circ$

$$\begin{array}{rcl}
 60^\circ & = & 772 \text{ Cd.} \\
 61.96^\circ & = & x \\
 \hline
 65^\circ & = & 652 \text{ Cd.} \\
 -5 & & 120 \text{ Cd.} \\
 \hline
 -1.96 & & x
 \end{array}$$

$x = 47.04$

$I_{61.96^\circ} = 772 - x$

$I_{61.96^\circ} = 724.96 \text{ Cd.}$

Calculo del nivel de iluminación a  $61.96^\circ$

$E_{61.96^\circ} = \frac{724.96 \cos^3 61.96}{(7.8)^2}$

$E_{61.96^\circ} = 1.24 \text{ lx}$

• **Luminario 14 y 15** se encuentran muy lejanos y los consideraremos como  $E = 0 \text{ lx}$ .

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Resultados obtenidos por el método punto por punto

LUMINARIOS	PUNTO "A" LUX	PUNTO "B" LUX	PUNTO "C" LUX	PUNTO "D" LUX	PUNTO "E" LUX	PUNTO "F" LUX
1	621.58	0	0	14.25	0	0
2	80.18	0	0	80.18	0	0
3	14.25	0	0	621.58	0	0
4	1.15	0	0	80.18	0	0
5	0	0	0	14.25	0	0
6	63.94	11.1	0	8.47	1.24	0
7	30.14	6.43	0	30.13	6.43	0
8	8.47	1.24	0	63.86	11.67	0
9	0.9	0	0	30.13	6.43	0
10	0	0	0	8.47	1.24	0
11	11.1	63.94	0	1.24	8.47	0
12	6.43	30.14	0	6.43	30.13	0
13	1.24	8.47	0	11.67	63.86	0
14	0	0.9	0	6.43	30.13	0
15	0	0	0	1.24	8.47	0
16	0	621.58	0	0	14.25	0
17	0	80.18	0	0	80.18	0
18	0	14.25	0	0	621.58	0
19	0	1.15	0	0	80.18	0
20	0	0	0	0	14.25	0
21	0	63.94	11.1	0	8.47	1.24
22	0	30.14	6.43	0	30.13	6.43
23	0	8.47	1.24	0	63.86	11.1
24	0	0.9	0	0	30.13	6.43
25	0	0	0	0	8.47	1.24
26	0	11.1	63.94	0	1.24	8.47
27	0	6.43	30.14	0	6.43	30.14
28	0	1.24	8.47	0	11.67	63.94
29	0	0	0.9	0	6.43	30.14
30	0	0	0	0	1.24	8.47
31	0	0	621.58	0	0	14.25
32	0	0	80.18	0	0	80.18
33	0	0	14.25	0	0	621.58
34	0	0	1.15	0	0	80.18
35	0	0	0	0	0	14.25
36	0	0	63.94	0	0	8.47
37	0	0	30.14	0	0	30.14
38	0	0	8.47	0	0	63.94
39	0	0	0.9	0	0	30.14
40	0	0	0	0	0	8.47
41	0	0	11.1	0	0	1.24
42	0	0	6.43	0	0	6.43
43	0	0	1.24	0	0	11.1
44	0	0	0	0	0	6.43
45	0	0	0	0	0	1.24
....70	0	0	0	0	0	0
Einicial	839.38	961.6	961.6	978.51	1146.58	1145.6
Emantenidos	491.03	562.5	562.5	572.43	670.7	670.2

### **Análisis de Resultados**

Para éste caso sólo se trataron 6 puntos (A,B,C,D,E y F), pero la idea es calcular la mayor cantidad de puntos y de ésta forma poder obtener un valor más real posible.

En la tabla se obtuvo los valores de niveles de iluminación iniciales para 6 puntos ya analizados. Estos valores iniciales se obtienen inicialmente en una instalación nueva. El promedio de éstos valores es;

Promedio E iniciales:  $( 839.38 + 961.6 + 961.6 + 978.51 + 1146.58 + 1145.6 ) / 6$   
Promedio E iniciales: **1005.5 lx.**

El nivel de iluminación mantenido es el valor que esperamos y se obtiene de la siguiente manera;

Emantenidos: E inicial x Factor de Mantenimiento.

Recuérdese para nuestro proyecto, el valor de FM = 0.585

Por lo tanto.

Emantenidos =  $1005.5 ( 0.585 ) = 588.2 \text{ lx}$

Otra manera de obtener éste valor es sacar el promedio de todos los valores mantenidos en todos los puntos analizados;

Promedio de Emantenidos =  $( 491.03 + 562.5 + 562.5 + 572.43 + 670.7 + 670.2 ) / 6 = 588.2 \text{ lx}$

Este valor obtenido es muy cercano al requerido (600lx), por lo que concluimos que **SI SE CUMPLE.**

# Capitulo 9

## Programas de Iluminación

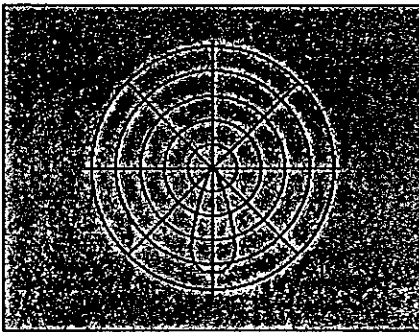
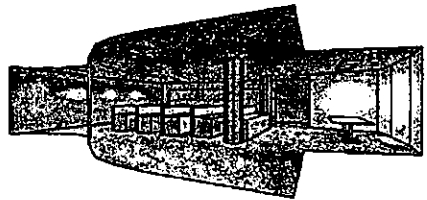


Fig. 9.1. Diagrama de distribución de la iluminación en un espacio circular.



## Programas de iluminación

### Introducción

La mayoría de las empresas dedicadas al área de iluminación cuentan con Software especializado en sistemas de iluminación. Estos programas permiten principalmente el ahorro de tiempo en cálculos, y visualizan de modo práctico los puntos de mayor interés donde desee la iluminación.

Los fabricantes de este tipo de software normalmente son marcas especializadas en ese ámbito de trabajo, lo que permite necesitar una ayuda asistido por Programas Especiales que les ahorre tiempo en cálculos y exactitud.

Para nosotros los Ingenieros el calculo de luminarios a colocar en una determinada área es relativamente fácil de calcular, lo que es tardado en calcular es el Método Punto por Punto, en el cual se requiere saber el nivel de iluminación en el plano de trabajo para diferentes puntos específicos del área. Este proceso de cálculos resulta tardado ya que se deben analizar el mayor numero de puntos posibles. Para evitar esto se incorpora en los Software de iluminación lo cual permite un ahorro considerable de tiempo.

A continuación se ilustra un programa elaborado por la Empresa General Electric en el cual se ilustra el calculo de Método Punto por Punto.

**GE LIGHT\*BEAMS™** Light a Horizontal Surface

File Window Surface Orientation Favorite Lamps

Lamp: CMH70/UPAR30L/15  
GE Product Code: 22152

Nominal Beam Spread: 15°  
Center Beam Cp.: 28,400  
Test Date: N/A

Aim Point: 0m  
Light Meter Location: 0m  
Lamp Distance: 3.05 m  
Aim Angle: 0°

Lamp at 3.05m

Light Meter: 3.057 Lux

Beam Length: .803m  
Beam Width: .803m

3.05m | -3.05m

Aim point [C] Light Meter [L]

Main Menu  
Lamp Menu  
GE LAMP\*SCOUT™

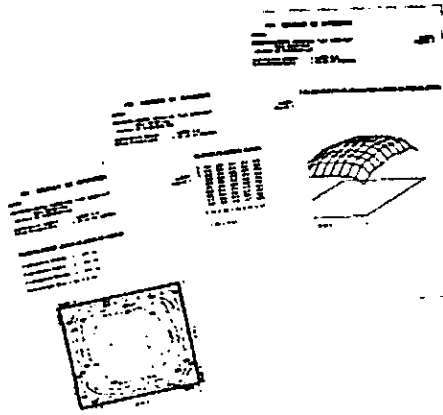
Reorient Surface to Vertical

Print this Diagram Photometric Curve Cone Diagram Performance Chart

Display Lamp Data Print Lamp Data Export Lamp Data

EXIT

Odel lux es una empresa seria dedicada desde hace años en el ramo de iluminación de interiores dispone de programas de cálculo de proyectos de iluminación por ordenador para utilizar con sus luminarias. La gran ventaja de este programa son las herramientas mas sofisticadas hoy en día disponible, como son los paquetes de CAD mas avanzados y programas de cálculo de instalaciones con lo que podemos simular cualquier situación y obtener imágenes reales del resultado de los recintos iluminados



La gran desventaja de este Software consiste que solo se especializa en interiores, y no resulta útil para el Ingeniero Proyectista que desee hacer cálculos para exteriores, calles, avenidas, etc.

Otra marca líder de gran importancia para los Proyectistas e Ingenieros en iluminación es Holophane, la cual produce luminarios con optima calidad. Esta marca en especial desarrolló hace algunos años el software que nos interesa en realidad, tal programa tiene la capacidad de calcular de manera precisa la iluminación dentro o fuera del inmueble, en calles, avenidas, uso de diferentes luminarios, reflectores y cualquier diseño que se tenga en mente se puede realizar introduciendo los valores y datos que se piden, este proceso esta bien planeado que facilita su ejecución y uso para todos los niveles de la ingeniería de iluminación.



## Ayuda asistida por CALAPro

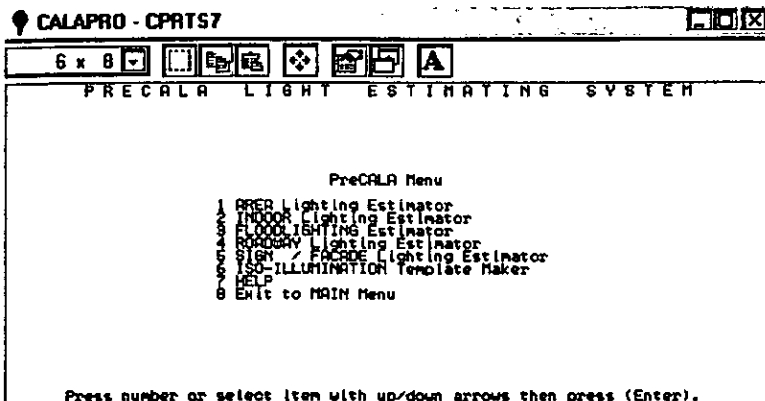
CALA, como se ha denominado el software por la marca creadora, significa un programa de análisis de iluminación asistido por computadora, según sus siglas en inglés (Computer Aided Lighting Analysis), el cual está diseñado por menús y submenús que llevan de la mano al usuario para la realización de los cálculos de iluminación.

CALAPRO es un programa de fácil aprendizaje y manejo. Sus principales características y operaciones son:

- Cálculo de Método de Lumen.
- Cálculo de Nivel de Iluminación en Método Punto por Punto en el Plano de trabajo.
- Posibilidad de utilizar 4 luminarias diferentes en el mismo recinto.
- Manejo de diferentes entornos a iluminar.
- Datos Fotométricos
- Facilidad de corrección de datos técnicos fotométricos de luminarios.
- Consulta rápida a proyectos guardados.
- Manejo de diferentes áreas para el mismo Proyecto.
- Cálculo de Componente directa e indirecta.
- Compatibilidad de Programa con CALA
- Facilidad de obtener resultados y variarlo con el fin de saber los diferentes parámetros.

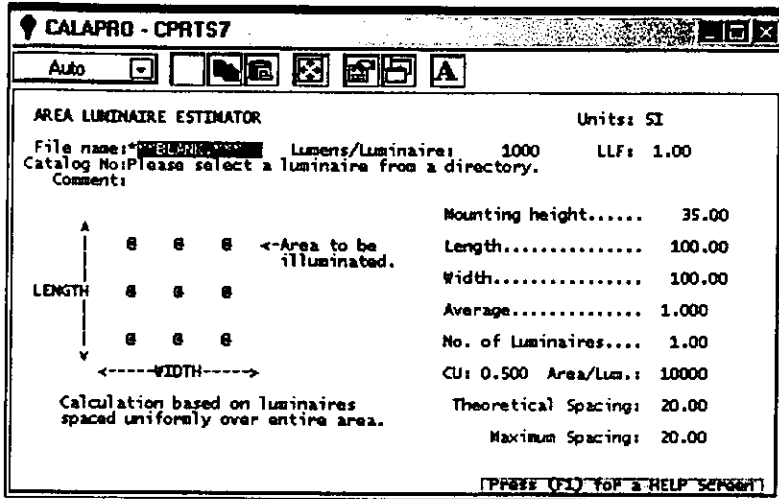
CALAPRO contiene un programa dentro del menú principal llamado PreCALA, dicho programa está basado en el método de Lumen para el cálculo de iluminación para diferentes entornos a iluminar; interiores, exteriores, calles, avenidas, uso de reflectores.

Para tener más idea de lo que podemos calcular con este Software, se ilustrará con mayor detalle los entornos a manejar: (1) Exteriores, (2) Interiores, (3) Proyectoras, (4) Calles y avenidas. (5) Anuncios y fachadas.



### Calculo de iluminación en Exteriores.

Cuando hablamos de iluminación en exteriores nos referimos a zonas abiertas sin la estimación de reflectancias. A continuación se ilustra el programa de calculo para saber cuantos luminarios se requiere para determinada área.



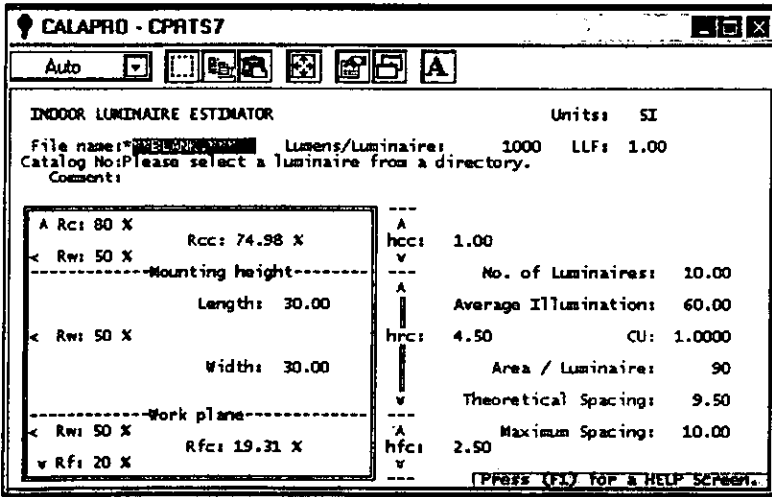
- **File Name.** Línea para describir un breve comentario del tipo de lampara y correcciones que se han realizado en los datos anteriores.
  - **Lúmenes/ Luminaire.** Lúmenes emitidos por el luminario escogido.
  - **LLF.** Factor de mantenimiento total . ( no confundir con LLD o LDD).
  - **Mounting Height.** Especificar la altura de Montaje de los luminarios.
  - **Length.** Largo o Profundidad del área por iluminar.
  - **Width.** Ancho del área iluminada.
  - **Average.** Nivel de iluminación deseada para dicha área.
  - **No of luminaires.** Numero de luminarios. En la mayoría de los proyectos este es un Resultado esperado pero CALAPRO te ofrece también la oportunidad de colocar número de luminarios y saber el nivel de iluminación esperado.
  - **CU, Area/lum, Theoretical Spacing y Maximum Spacing.** Estos valores se obtienen directamente una vez colocando los datos anteriores. Coeficiente de utilización, Area iluminada por cada luminario, Espaciamiento Teórico y el Espaciamiento máximo que debe existir entre cada uno de los luminarios.
- **Nota:** Cabe mencionar que los datos capturados en dicho programa deben respetar el mismo sistema de unidades, es decir si la altura de montaje del luminario esta en metros las demás variables como ancho, largo deberá estarlo también.

### Calculo de iluminación en interiores

PRECALA te permite estimar con gran facilidad el número de luminarios que se requiere en determinada área. Una vez recopilando los datos del área, cavidades, reflectancias, luminario, factor de mantenimiento y nivel de iluminación requerido, obtienes el número de luminarios a colocar.

Para todo proyectista es muy útil este programa, ya que te permite saber con gran precisión los datos de Espaciamiento teórico y máximo, ya que para es necesario tomar estos datos para la distribución de los luminarios.

Otra gran ventaja para el diseño que permite dicho programa es la facilidad de cambiar valores con el objetivo de verificar cambios en las variables. Esto te permite hacer modificaciones rápidas y exactas.



- **Rc.** Reflexión Porcentual del techo .
- **Rw.** Reflexión porcentual de pared. Existen 3 puntos donde se desee medir la reflexión , en la cavidad de techo, pared y piso.
- **Rf.** Reflexión porcentual de piso.
- **hcc.** Altura de cavidad de techo, medida desde el luminario hasta la parte baja de losa o techo en dirección vertical.
- **Hrc.** Altura de cavidad de cuarto, medida desde el plano de trabajo hasta la parte baja del luminario.
- **Hfc.** Altura de cavidad de piso, medida desde el plano de trabajo hasta la superficie del piso





# Cálculos asistido por CALAPRO del proyecto

CALAPRO - CPRTS7

6 x 10

CUSTOMER INFORMATION

Project name/number: Proyecto de Iluminacion de una Nave Industrial.  
Project location: facultad de Estudios Superiores Cuautitlan.  
Section: Area de la Nave Industrial 1875 m2.  
Client: Ing.Casildo Rodriguez Arciniega.  
Attn: Ing. Jose Antonio Casanova Ordaz.  
Comment: Comprobacion de Resultados Obtenidos  
Mediante el uso de programa especializado  
de iluminacion| CALAPRO.

(F1)-HELP (Esc)-EXIT (Enter)-Next Menu

### Cálculos Asistido por CALAPRO del proyecto

Comprobación Método de Lumen usando PreCALA.

CALAPRO - CPRTS7



7 x 12

---

**INDOOR LUMINAIRE ESTIMATOR** Units: SI

File name: 42128US Lumens/Luminaire: 36000 LLF: 0.59

Catalog No: 713

Comment: CALCULO ASISTIDO POR COMPUTADORA DEL PROYECTO.

^ Rc: 70 X Rcc: 62.02 X

< Rw: 30 X

-----Mounting height-----

Length: 75.00

< Rw: 30 X Width: 25.00

-----Work plane-----

< Rw: 30 X Rfc: 18.09 X

v Rf: 20 X

hcc: 1.50

No. of Luminaires: 66.10

Average Illumination: 600.00

hrc: 7.80 CU: 0.0013

Area / Luminaire: 28

Theoretical Spacing: 5.33

Maximum Spacing: 6.63

bfc: 1.20

Press (F1) for a HELP Screen.

En el resultado de No. de Luminarios es muy poca la diferencia a valor calculado por el Método de Lumen. Recordando nuestro valor de No. de Luminarios fue de 69.88 y el obtenido por PreCALA es de 66.10. La diferencia de tan sólo 5%. El siguiente paso consiste en colocar el área de nuestra nave industrial en CALAPRO;

No.	X	Y	Z
1.00	0.00	0.00	0.00
2.00	25.00	0.00	0.00
3.00	25.00	75.00	0.00
4.00	0.00	75.00	0.00
5.00	0.00	0.00	0.00

Reflectancias en porcentaje de las cavidades de la Nave Industrial:

- Pared Norte: 30%
- Pared Sur: 30%
- Pared Este : 30%
- Pared Oeste:30%
- Techo : 70%
- Piso: 20%

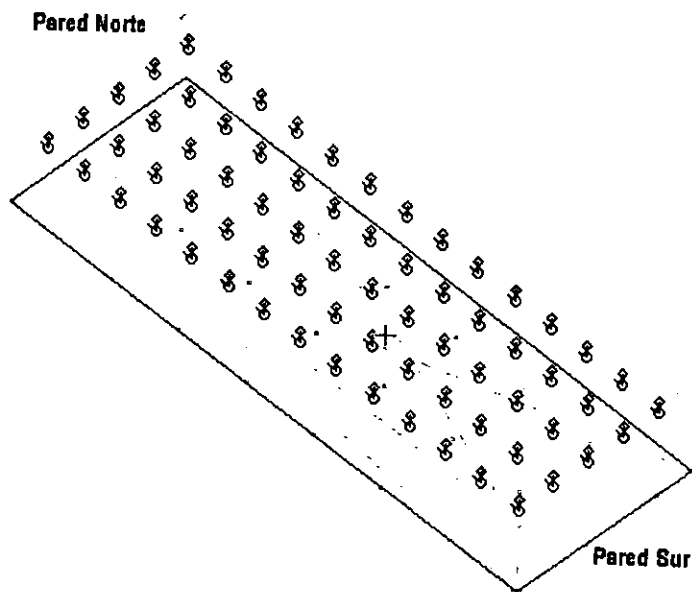
CAVITY	INSIDE % REF.	OUTSIDE % REF.
NORTH	30.00	0.00
SOUTH	30.00	0.00
EAST	30.00	0.00
WEST	30.00	0.00
TOP	70.00	0.00
BOTTOM	20.00	0.00

Enseguida se colocará los luminarios.

NO.	X-Loc.	Y-Loc.	Z-Loc.	NO.	X-Loc.	Y-Loc.	Z-Loc.
1.00	2.50	2.68	7.80	21.00	7.50	34.78	7.80
2.00	2.50	8.03	7.80	22.00	7.50	40.13	7.80
3.00	2.50	13.38	7.80	23.00	7.50	45.48	7.80
4.00	2.50	18.73	7.80	24.00	7.50	50.83	7.80
5.00	2.50	24.08	7.80	25.00	7.50	56.18	7.80
6.00	2.50	29.43	7.80	26.00	7.50	61.53	7.80
7.00	2.50	34.78	7.80	27.00	7.50	66.88	7.80
8.00	2.50	40.13	7.80	28.00	7.50	72.23	7.80
9.00	2.50	45.48	7.80	29.00	12.50	2.68	7.80
10.00	2.50	50.83	7.80	30.00	12.50	8.03	7.80
11.00	2.50	56.18	7.80	31.00	12.50	13.38	7.80
12.00	2.50	61.53	7.80	32.00	12.50	18.73	7.80
13.00	2.50	66.88	7.80	33.00	12.50	24.08	7.80
14.00	2.50	72.23	7.80	34.00	12.50	29.43	7.80
15.00	7.50	2.68	7.80	35.00	12.50	34.78	7.80
16.00	7.50	8.03	7.80	36.00	12.50	40.13	7.80
17.00	7.50	13.38	7.80	37.00	12.50	45.48	7.80
18.00	7.50	18.73	7.80	38.00	12.50	50.83	7.80
19.00	7.50	24.08	7.80	39.00	12.50	56.18	7.80
20.00	7.50	29.43	7.80	40.00	12.50	61.53	7.80



NO.	X-Loc.	Y-Loc.	Z-Loc.	NO.	X-Loc.	Y-Loc.	Z-Loc.
41.00	12.50	66.88	7.80	61.00	22.50	24.08	7.80
42.00	12.50	72.23	7.80	62.00	22.50	29.43	7.80
43.00	17.50	2.68	7.80	63.00	22.50	34.78	7.80
44.00	17.50	8.03	7.80	64.00	22.50	40.13	7.80
45.00	17.50	13.38	7.80	65.00	22.50	45.48	7.80
46.00	17.50	18.73	7.80	66.00	22.50	50.83	7.80
47.00	17.50	24.08	7.80	67.00	22.50	56.18	7.80
48.00	17.50	29.43	7.80	68.00	22.50	61.53	7.80
49.00	17.50	34.78	7.80	69.00	22.50	66.88	7.80
50.00	17.50	40.13	7.80	70.00	22.50	72.23	7.80
51.00	17.50	45.48	7.80				
52.00	17.50	50.83	7.80				
53.00	17.50	56.18	7.80				
54.00	17.50	61.53	7.80				
55.00	17.50	66.88	7.80				
56.00	17.50	72.23	7.80				
57.00	22.50	2.68	7.80				
58.00	22.50	8.03	7.80				
59.00	22.50	13.38	7.80				
60.00	22.50	18.73	7.80				



Niveles de Iluminación de la Nave Industrial

536	654	725	752	745	773	785	764	785	773	745	752	725	654	536
503	570	700	725	669	752	750	688	758	752	669	725	700	570	503
487	595	688	713	656	739	746	676	746	739	656	713	688	595	487
535	648	727	753	740	780	787	759	787	780	740	753	727	648	535
516	584	713	739	691	765	772	710	772	765	691	739	713	584	516
478	565	670	705	686	731	738	696	738	731	686	705	670	565	478
528	634	721	747	727	774	781	746	781	774	727	747	721	634	528
523	621	718	744	715	771	778	735	778	771	715	744	718	621	523
474	560	677	703	691	728	735	671	735	728	691	703	677	560	474
520	607	715	741	702	767	774	721	774	767	702	741	715	607	520
530	645	723	749	726	776	782	765	782	776	726	749	723	645	530
480	568	681	707	669	732	739	689	739	732	669	707	681	568	480
510	579	706	731	675	757	764	695	764	757	675	731	706	579	510
538	649	722	748	740	774	781	768	781	774	740	748	722	649	538
488	550	687	712	649	738	744	668	744	738	649	712	687	550	488
491	583	687	712	651	738	744	670	744	738	651	712	687	583	491
525	645	716	741	704	767	774	763	774	767	704	741	716	645	525
494	560	687	712	654	737	743	673	743	737	654	712	687	560	494
465	537	659	682	631	706	712	650	712	706	631	682	659	537	465
502	612	687	709	684	732	738	711	738	732	684	709	687	612	502
472	547	654	676	629	696	702	644	702	696	629	676	654	547	472
397	491	574	593	671	671	616	685	676	611	671	593	574	491	397
345	405	483	498	466	514	518	478	518	514	466	498	483	405	345

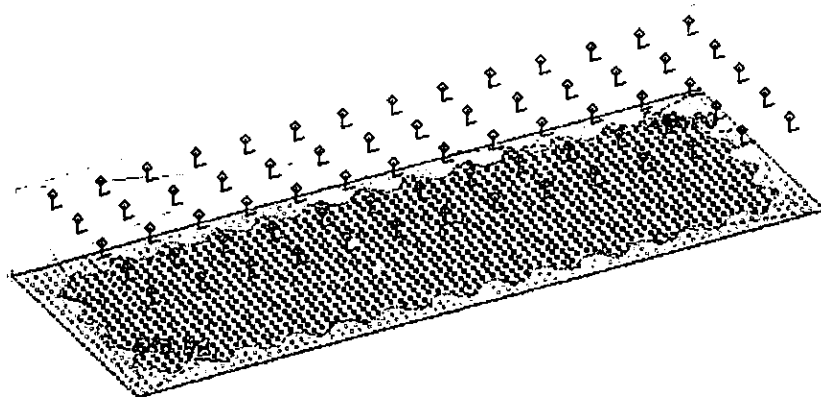
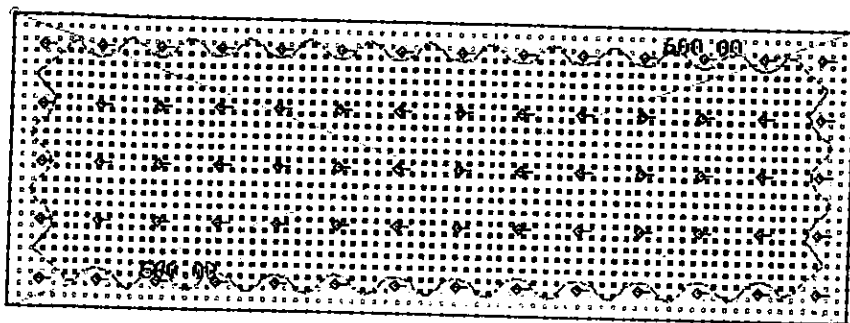
Pared Sur

Parte Central de la Nave Industrial.

530	640	723	749	733	776	782	752	782	776	733	749	723	640	530
480	577	684	707	678	738	740	688	740	733	678	707	681	577	480
514	588	711	737	685	764	770	704	770	764	685	737	711	588	514
535	650	726	752	742	779	786	761	786	779	742	752	726	650	535
490	550	699	715	661	741	748	671	748	741	661	715	690	550	490
499	565	697	722	664	748	755	683	755	748	664	722	697	565	499
535	654	725	752	745	779	785	764	785	779	745	752	725	654	535
503	570	700	725	669	752	758	688	758	752	669	725	700	570	503
487	555	688	713	656	739	746	676	746	739	656	713	688	555	487
535	648	727	753	740	780	787	759	787	780	740	753	727	648	535
516	594	713	739	691	766	772	740	772	765	691	739	713	594	516
478	585	679	705	686	731	738	696	738	731	686	705	679	585	478

Pared Norte

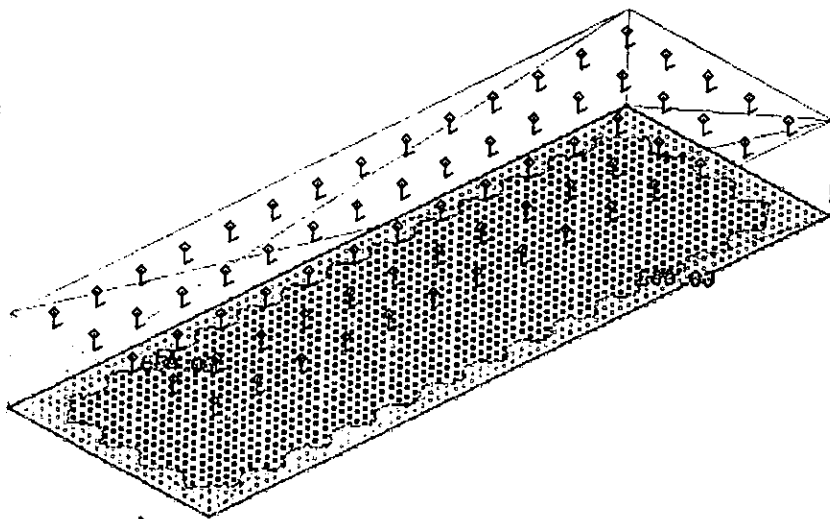
339	403	473	488	462	505	509	474	509	505	462	488	473	403	339
395	478	570	589	557	606	611	571	611	606	557	589	570	478	395
469	536	650	673	620	692	698	636	698	692	620	673	650	536	469
503	613	686	709	694	732	738	711	738	732	694	709	686	613	503
467	529	660	683	622	707	713	641	713	707	622	683	660	529	467
489	584	682	706	648	731	738	667	738	731	648	706	682	584	489
525	645	715	740	734	766	773	752	773	766	734	740	715	645	525
494	558	689	714	655	740	747	675	747	740	655	714	689	558	494
485	545	684	709	644	735	742	664	742	735	644	709	684	545	485
534	647	722	748	737	775	781	756	781	775	737	748	722	647	534
513	585	708	734	681	760	767	700	767	760	681	734	708	585	513
478	575	679	705	676	730	737	696	737	730	676	705	679	575	478
527	639	721	747	731	774	781	750	781	774	731	747	721	639	527



# Resultados

SKETCH  
POINTS  
LAYOUT  
PRINT  
File  
Edit  
View  
Setup  
Options  
Help

U-120  
J-GAP  
U-PARA  
Digital  
REDACT  
Reglar  
U-120  
Totales  
Digital  
Mex-SI  
Add(A)  
Locate  
Sub(S)  
EDIT(E)



Resultados de interés

AREA 1 (THREAT):  
Avg:638.56 Min:190.95 Max:792.01 Avg/Min:3.34 Max/Min:4.15 C.I.15  
TOTAL III. LIGHTMETER:Perpendicular AREA:1 PTS O.C.:1.00 UI:8

Tenemos un nivel de iluminación promedio (Average) excelente de 638.56 lx, y una uniformidad de 84%, lo que significa que el proyecto fue todo un éxito.

## **Conclusiones**

### **Proyecto:**

Hemos llegado al final de los cálculos y como era de esperarse los resultados fueron casi iguales mediante el uso del método tradicional para el calculo de iluminación, como el uso de programas especiales de iluminación. Estas herramientas son de gran importancia para el ingeniero especializado en el área ya que además de exactitud, ahorramos considerable tiempo para el calculo punto por punto.

En el calculo punto por punto sólo analizamos 6 puntos representativos de la Nave Industrial, y como promedio del nivel de iluminación fue de 588.2 lx, pero 6 puntos de acuerdo a las dimensiones de nuestra área sólo significa un valor aproximado. El programa CALAPRO estimó 2352 puntos en la Nave industrial con un nivel de iluminación de 638.56 lx, y una uniformidad del 84%, estos resultados favorecen al objetivo al cual queríamos llegar.

### **Generales:**

En nuestros tiempos de cambios continuos y acelerados, en lo que se está planeando hoy posiblemente tenga que ser modificado el día de mañana, es necesario que al realizar un proyecto de iluminación se busque la mayor flexibilidad y adaptación posibles.

Al terminar éste presente trabajo me queda un sentimiento de satisfacción que seguramente servirá como guía muy practica para aquellos que necesiten realizar un proyecto de iluminación y no tenga ni una idea de cómo hacerlo.

Este trabajo les dará los conceptos fundamentales que se necesite para comenzar hacer diseños de iluminación. La industria de la iluminación está a la par de la industria de la computación, ya que cada año aparecen nuevas e interesantes tecnologías.

Todo los datos técnicos recopilados en este trabajo de seminario son verídicos proporcionados por la empresa Holophane S.A de C.V . El objetivo fue considerar éste proyecto lo más realmente posible para aquellos que quieran desempeñarse en ésta área.

## ***Bibliografía***

- Folleto: "Principios y Niveles de Iluminación en México"  
Holophane S.A de C.V.
- Lighting Hand Book.  
I.E.S (Illuminating Engineering Society).
- Revista ENLACE "Luz y Forma"  
Noviembre de 1995.
- "Catálogo Condensado"  
Holophane S.A de C.V 1997.
- Folleto : "Luminarios Industriales Prism-pack V"  
Holophane S.A de C.V.
- Instalaciones Eléctricas  
Neagu Bratu Serbán. Alfaomega 1992.
- Catalogo "Sistemas de Iluminación"  
Crouse-Hinds Domex S.A de C.V. 2000
- Folleto " Iluminación avanzada"  
General Electric S.A de C.V. 1999.