



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales "ARAGON"

**PROYECTO PARA LA ILUMINACION DE UN  
CENTRO DE SERVICIO DE ACERO**

Sist. 29594

**T E S I S**  
Que para obtener el título de  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**FRANCISCO BAÑUELOS RUEDAS**

México, D. F.

1983



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.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON  
DIRECCION

FRANCISCO BAÑUELOS RUEDAS  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 13 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. CARLOS M. GONZALEZ CARPIO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "PROYECTO PARA LA ILUMINACION DE UN CENTRO DE SERVICIO DE ACERO", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., septiembre 11 de 1981.  
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería.  
Unidad Académica.  
Departamento de Servicios Escolares.  
Director de Tesis.  
SRR:TRTD:lla.

A mis queridos padres:  
Eutimio y Ma. Guadalupe  
Con respeto y profundo  
agradecimiento.

A mis hermanos: Gloria,  
José Angel, Javier, Jorge  
Ma. Guadalupe, Gilberto,  
Elisa y Blanca Estela.  
Con mucho cariño.

Al Sr. Luis Roberto Vera Martínez.  
Con profundo agradecimiento por su  
gran ayuda.

A mis maestros, compañeros  
y amigos de la Escuela Na-  
cional de Estudios Profe--  
cionales Aragón.

Al Ing. Carlos González Carpio M.  
por su gran ayuda en la realización  
de este trabajo.

A la Srta. Isidora González Islas  
por su gran ayuda en la mecanografía  
de este trabajo.

Con gratitud, cariño y respeto a mi

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

" POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU "

# I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION . . . . .	1
CAPITULO I. CONCEPTOS GENERALES . . . . .	3
I.1. El ojo humano . . . . .	3
I.2. Unidades de medición . . . . .	8
I.3. Propiedades ópticas de la materia . . . . .	23
CAPITULO II. FUENTES DE LUZ Y SUS CARACTERISTICAS . . . . .	27
II.1. Fuentes naturales . . . . .	28
II.2. Fuentes artificiales . . . . .	28
II.2.1. Lámparas incandescentes . . . . .	29
II.2.2. Lámparas de descarga eléctrica . . . . .	32
II.2.2.1. Lámparas fluorescentes . . . . .	34
II.2.2.2. Lámparas de mercurio . . . . .	39
II.2.2.3. Lámparas de haluros metálicos . . . . .	41
II.2.2.4. Lámparas de luz mixta . . . . .	42
II.2.2.5. Lámparas de vapor de sodio . . . . .	43
II.2.2.6. Lámparas de arco corto . . . . .	45
II.2.3. Otras lámparas . . . . .	46
CAPITULO III. LA ILUMINACION Y LA INGENIERIA INDUSTRIAL . . . . .	50
CAPITULO IV. NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES . . . . .	56
CAPITULO V. DESCRIPCION DE UN LUMINARIO Y	
CLASIFICACIONES . . . . .	61
V.1. Descripción y partes principales . . . . .	61
V.2. Clasificación de los luminarios . . . . .	66

<b>CAPITULO VI. CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LUMINARIOS</b>	
<b>Y METODOS DE CALCULO . . . . .</b>	74
<b>VI.1. Selección de luminarios . . . . .</b>	74
<b>VI.2. Métodos de cálculo . . . . .</b>	80
<b>VI.2.1. Método de lumen . . . . .</b>	80
<b>VI.2.2. Método de la cavidad zonal . . . . .</b>	85
<b>VI.2.3. Método de punto por punto . . . . .</b>	101
<b>VI.2.4. Iluminación con reflectores . . . . .</b>	111
<b>CAPITULO VII. ILUMINACION DEL CENTRO DE SERVICIO DE</b>	
<b>ACERO. . . . .</b>	117
<b>VII.1. Iluminación interior . . . . .</b>	125
<b>VII.2. Iluminación exterior . . . . .</b>	150
<b>CAPITULO VIII. CRITERIOS PARA LA SELECCION DE CIRCUITOS</b>	
<b>Y ELEMENTOS . . . . .</b>	170
<b>VIII.1. Selección de tableros de alumbrado . . . . .</b>	170
<b>VIII.2. Selección de voltajes . . . . .</b>	171
<b>VIII.3. Selección de conductores . . . . .</b>	174
<b>VIII.4. Selección de protecciones . . . . .</b>	178
<b>VIII.5. Control del alumbrado . . . . .</b>	180
<b>VIII.5.1. Interruptores . . . . .</b>	180
<b>VIII.5.2. Contactores . . . . .</b>	180
<b>VIII.5.3. Fotoceldas . . . . .</b>	180
<b>VIII.5.4. Relojes . . . . .</b>	181
<b>VIII.6. Selección de circuitos . . . . .</b>	182

	Pág.
<b>CAPITULO IX. ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b> . . . . .	184
IX.1. Clasificación . . . . .	184
IX.2. Lámparas de gas . . . . .	185
IX.3. Lámparas incandescentes con batería propia . . . . .	186
IX.4. Lámparas incandescentes con baterías centrales . . . . .	187
IX.5. Lámparas fluorescentes con batería propia . . . . .	188
IX.6. Lámparas fluorescentes con baterías centrales . . . . .	191
IX.7. Selección de una planta de emergencia .	191
<b>PRESUPUESTOS</b> . . . . .	194
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> . . . . .	201
<b>BIBLIOGRAFIA</b> . . . . .	202



## I N T R O D U C C I O N

El proyecto está basado o influenciado en las necesidades de la Siderurgica Mexicana (SIDERMEX) y su programa de expansión en su comercializadora AVIOS DE ACERO, S.A. (AASA).

El centro de servicio de acero, en construcción se encuentra ubicado en Azcapotzalco, D.F., en las calles Avenida de las Granjas y Deportivo La Reynosa.

En este lugar se realizarán las actividades de recepción, almacenaje, corte, doblado, venta y distribución, cuyas instalaciones requieren de diferentes niveles de iluminación para poder realizar eficazmente cada una de las actividades antes mencionadas. Los métodos de selección y calculo que se utilizan serán válidos para cualquier centro de servicio de acero o para zonas de actividad semejante.

Este centro de servicio contará con las siguientes áreas: almacenes en naves y patios, carga y descarga, producción, servicios, oficinas, casetas, estacionamiento, jardines, comedores, subestación eléctrica, vías de ferrocarril, etc.

Las áreas antes mencionadas necesitan un nivel de iluminación adecuado, el cual se dará, de acuerdo a lo especificado

por la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación y Reglamentos de Seguridad, así mismo se tomarán en cuenta los niveles de iluminación recomendados por la Sociedad de Ingeniería de Iluminación Norteamericana (IES).

Se debe hacer un análisis del tipo de lámparas y luminarios existentes para seleccionar los elementos más adecuados a cada área del centro de servicio de acero, teniendo en cuenta que una buena iluminación trae consigo grandes beneficios, como lo son economía, seguridad y comodidad.

Para el diseño de un buen sistema de alumbrado es necesario conocer los conceptos de iluminación más elementales, los tipos de lámparas y luminarios, métodos de cálculo y costo del alumbrado, pues solo así se podrá diseñar un sistema lo más confiable y económicamente posible.

## C A P I T U L O   P R I M E R O

### CONCEPTOS GENERALES

#### I.1. El ojo humano.

Es el ojo la parte de nuestro cuerpo, la que detecta o percibe lo que existe en nuestro alrededor. El ojo reacciona a la luz; todo objeto percibido se ve gracias a la luz, ya sea emitida por el objeto o reflejada por él. El ojo realiza su función a través de todas sus partes: párpado, iris, retina, pupila, córnea, fovea, cristalino, etc., dentro de cada una de sus funciones y limitaciones.

El ojo humano puede compararse con una cámara fotográfica. Ambos, es un hecho universalmente aceptado, son aparatos para formar imágenes. El proceso se inicia con la luz que entra al ojo trayendo consigo la información obtenida al tocar o traspasar los objetos que se encuentran en su camino. Esta luz atraviesa las diversas partes del ojo hasta que la imagen se refleja en la retina, del mismo modo que la cámara pone en la película la imagen captada. Ver fig. 1.

La cantidad de luz que entra en el ojo es graduada por el iris circular, cuyas fibras musculares regulan la abertura de una ventana llamada pupila. La córnea y el cristalino enfocan la imagen invertida en la retina. La cámara también

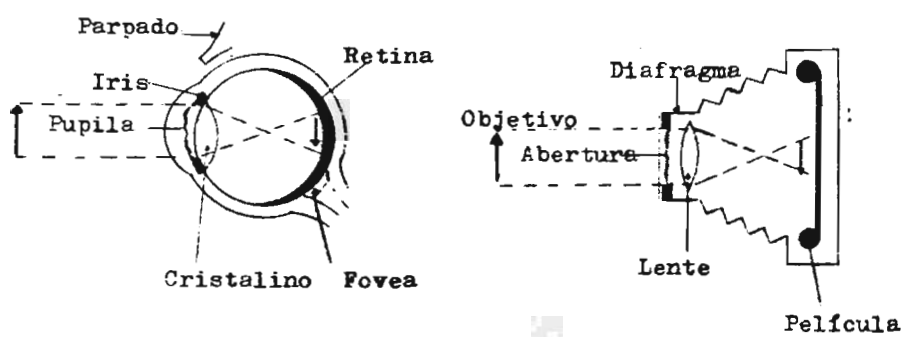


Fig.1. El ojo y la cámara.

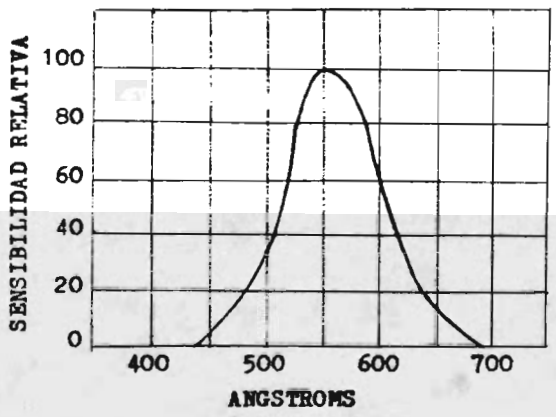


Fig.2. Sensibilidad luminosa del ojo.

tiene un iris, el diafragma, que controla la cantidad de luz - que entra por la abertura y un cristalino, el lente, que refleja la imagen en la película, el párpado corresponde al obturador de la cámara.

Por último, los rayos de luz enfocados por la córnea y el cristalino, llegan a un grupo de células sensibles a la luz: - bastoncitos y conos . El mayor número de conos está en la fovea; donde el ojo alcanza su mayor agudeza visual. Los conos se usan para la visión diurna. Los bastoncitos predominan fuera de la fovea; funcionan en la oscuridad. Los conos son sensibles al color; los bastones sólo captan imágenes y no los colores, esto es, registran las imágenes en blanco y negro.

El espectro electromagnético, que es el conjunto de toda la enorme gama de radiaciones de energía que se desplazan a - través del espacio en forma de ondas electromagnéticas, contiene la energía visible, energía a la que solamente responde el ojo humano. La luz visible se encuentra en el rango de 3800 y 7600 angstroms. Un angstrom es igual a  $10^{-8}$  cm.

La curva de sensibilidad del ojo se muestra en la fig. 2.

Con una longitud de onda de aproximadamente 5500 angstroms, se tendrá la máxima sensibilidad, que en el espectro electromagnético corresponde al amarillo verdoso.

La visibilidad del ojo es afectada por los siguientes facta

tores: dimensiones, brillo, contraste y el tiempo de enfoque.

Todas las cosas u objetos se miden por su tamaño comparativo, primordialmente; lo primero que detecta el ojo son las dimensiones. Los objetos grandes son los primeros que visualiza el ojo, ya que están muy relacionados el tamaño y el ángulo visual, este último depende de las dimensiones del objeto.

El brillo, luminancia o brillo fotométrico, es otro de los factores importantes en la visión. El brillo depende de la cantidad de luz que incida sobre el objeto y el porcentaje que éste refleje hacia el ojo.

El contraste no es otra cosa que la diferencia de color entre el objeto y su fondo, es muy importante tomar en cuenta este factor en todo proyecto de iluminación.

El tiempo es decisivo para la visibilidad, ya que los objetos pequeños, con poco brillo y sin contraste adecuado, requieren de más tiempo en la distinción del objeto y causan fatiga visual. Con una buena iluminación, es decir adecuada, se puede disminuir el tiempo de fijación y se aumenta la agudeza visual. Como se puede analizar, todos estos factores están muy ligados entre sí.

En estudios que se han hecho se ha encontrado que la mayoría de personas padecen o padecerán defectos visuales, así encontramos que los porcentajes de personas con visión defectuosa son los siguientes: menor de 20 años, el 23%; de 20 a 30 -

años el 39%; de 30 a 40 años el 48%; de 40 a 50 años el 71%; de 50 a 60 años el 82%; y mayores de 60 años el 95%. Es por eso tan importante que se tenga en mente que a buena iluminación corresponde una buena visión.

Es importante señalar también que los defectos estructurales del ojo, como miopía, hipermetropía y otros, se pueden afectar o aumentar con una mala iluminación, ayudando, por el contrario, una buena iluminación.

Los colores de la luz dependen de la longitud de onda y los que distingue el ojo son los que se encuentran, como ya hemos dicho, entre 3800 y 7600 angstroms, después de este último valor se encuentra la luz infrarroja o "por debajo del rojo" y antes de los 3800 se encuentra la ultravioleta o "por encima del violeta". Estos dos rayos, infrarrojos y ultravioleta, no son visibles, pero se deben considerar en el diseño de alumbrado.

## I.2. Unidades de medición

" La luz es, matemáticamente hablando, un vector, pues tiene magnitud, dirección y sentido.

La magnitud de la luz se expresa en diferentes unidades y términos, todos ellos interdependientes. Las primeras fuentes de alumbrado artificial, fueron seguramente las velas o candelas y lámparas de hidrocarburos.

Internacionalmente son conocidos los términos de candela o bujía, que provienen de la iluminación que proporcionaba una vela de características determinadas.

La bujía patrón o bujía internacional es la intensidad luminosa de la llama de cierta clase de bujía cuyos componentes fueron a su tiempo utilizados bajo ciertas especificaciones por convenio internacional. Hace tiempo se encontró que esta norma no era satisfactoria y ha sido sustituida por otra que dice que su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura de solidificación del platino de  $2042^{\circ}$  Kelvin y sea exactamente 600,000 bujías por metro cuadrado.

Una vela común y corriente de cera tiene, en dirección horizontal, una intensidad luminosa de una candela.

La candela metro<sup>2</sup> o lux es la cantidad de luz proyectada



por una candela sobre un área de un metro cuadrado de una esfera con un radio de un metro. Su equivalencia en el sistema inglés es la candela-pie o footcandle, y es igual a 10.76 luxes.

De acuerdo con el concepto de fuente puntual, "un lux es la iluminación de una vela patrón sobre una superficie de un metro cuadrado situado a una distancia de un metro de la fuente luminosa. Se puede expresar de la siguiente forma:

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

Donde:

E = Iluminación en luxes.

I = Intensidad luminosa en candelas.

D = Distancia de la fuente luminosa a la superficie en metros.

Como se puede ver la iluminación es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la fuente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la fuente luminosa y la superficie.

^ Cuando la superficie a iluminar este inclinada  $\theta$  grados de la normal, la fórmula anterior se ve afectada por el ángulo de incidencia y cambia a:

$$E = \frac{I \cos\theta}{D^2} *$$

\* El lumen es la cantidad total de luz emitida por la fuente, ya sea vela, foco, luminario u otro, es decir, abarca también este concepto la luz proveniente de una o varias fuentes luminosas. Así tenemos que:

$$\text{Lux} = \frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$$

De acuerdo con lo dicho anteriormente podemos establecer las siguientes definiciones:

Intensidad Luminosa.- Es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido demasiado pequeño, en una dirección determinada, su unidad es la candela y su fórmula:

$$I = ED^2$$

Donde:

E = Nivel de iluminación en lux

I = Intensidad luminosa en candelas

D = Distancia en metros entre la fuente y la superficie en cuestión.

Flujo Luminoso.- Es la cantidad de lux en luxes emitida y que incide sobre una superficie. Su unidad es el lumen. Su fórmula:

$$F = ES$$

Donde:

F = Flujo luminoso en lumens

E = Nivel de iluminación en lux

S = Superficie en metros cuadrados

Iluminación.- Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie. Su fórmula:

$$E = \frac{I}{D^2} = \frac{F}{S}$$

Brillo, luminancia o brillo fotométrico.- Es la luz emitida por el objeto que se ve, en determinada dirección y depende de la luz que reciba y de su poder de reflexión, es decir, lo que nuestros ojos ven es el brillo y no la luz; todos los objetos que vemos tienen brillo, que depende del tipo de material, forma y acabado. Su unidad es el Lambert o lumen por centímetro cuadrado o stilb, o candela por centímetro cuadrado: su fórmula:

$$B = \frac{F \times r}{S}$$

Donde:

r = factor de reflexión.

Una vez que hemos definido que es la luz y sus unidades básicas de medición, surge la pregunta: ¿Cuánta luz o cuántos focos necesitamos para iluminar nuestra casa, nuestras calles o nuestro jardín?

El nivel de iluminación que necesitamos para cada una de las áreas anteriores es determinado por varios factores, entre los más importantes está el tipo de actividad a realizar, y la comodidad o confort que se necesite para efectuar la actividad o trabajo.

Un nivel de iluminación adecuado es necesario para realizar las tareas visuales con rapidez, eficiencia, facilidad y seguridad. Debemos tomar en cuenta para la elección de un nivel luminoso, el tiempo durante el cual se va a realizar la tarea visual. Otros factores muy importantes son las condiciones ambientales y las condiciones físicas de los ojos del trabajador o trabajadores que desempeñan la labor visual.

Así pues, es lógico suponer que en una iglesia, no se necesitará el mismo nivel luminoso que el que se requiere en el quirófano de un hospital, ya que en una iglesia no es necesario tener una visión completa y exacta de los detalles de las personas u objetos que rodean al asistente, en cambio en el quirófano es necesaria la apreciación de todos los detalles en la parte a intervenir quirúrgicamente.

Los niveles de iluminación representativos proporcionados

por las fuentes de luz naturales son los siguientes:

Luz de la luna	0.10	lux
Luz de las estrellas	0.0002	lux
Luz del día (ventana al norte)	500-2000	lux
Luz del día a la sombra en exteriores	1000-10000	lux
Luz del sol (directamente)	50000-100000	lux

Los niveles de iluminación necesarios para realizar trabajos específicos se dan en las tablas de las siguientes páginas. Ver tabla No. 1.

Los valores típicos de fuentes artificiales se dan en las tablas No. 2 y 3 del Cap.II.

Tabla No. 1

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.L.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.L.I. 95%
<b>1. EDIFICIOS INDUSTRIALES.</b>					
ACERO (Véase Hierro y Acero)			EMPACADORAS DE CARNE		
ACUMULADORES, MANUFACTURA DE			Mateado (Rastro)	300	200
Moldeado celdas	500	300	Limpiado, desgrasado, cocido, moldeado, enlatado y empaquetado	1000	600
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE			ENCUADERNACION		
Molienda, prensa filtrado, hornos de secado, veclado y devastado	300	200	Doblado, ensamblado, empaque, cortado, punzonado y cocido	700	400
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo)	1000	600	Grabado en metales e inspección	2000a	1100a
Pintura y vidriado (Trabajo fino)	3000a	1700a	ENLATADORAS DE CONSERVAS		
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE			Clasificación inicial:		
Ensamblado bastidor	500	300	Jitomates	1000	600
Ensamblado Chasis	1000	600	Otras muestras	500	300
Ensamblaje final e inspección	2000a	1100a	Clasificación por color (cuartos de cortado)	2000a	1100a
Manufactura carrocería:			Preparación:		
Ensamblado	1000	600	Selección preliminar:		
Partes	700	400	Chavacanos y duravnos	500	300
Acabado e inspección	2000a	1100a	Jitomates	1000	600
AVIONES, MANUFACTURA DE			Acetilinas	1500	900
Partes:			Cortado y picado	1000	600
Producción	1000	600	Selección final	1000	600
Inspección	2000a	1100a	Enlatado:		
Acabado de piezas:			Enlatado en bandas, sin fin	1000	600
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	700	400	Enlatado estacionario	1000	600
CUARTO PINTURA	1000	600	Empacado a mano	500	300
Tratado sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas	1000	600	Acetilinas	1000	600
Soldadura:			Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Illuminación general	500	300	Manejo de envases:		
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000	Inspección	2000a	1100a
Subensamblado:			Etiquetado y empaquetado	300	200
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	1000	600	ENSAMBLADO		
ENSAMBLADO FINAL			Toco, fácil de ver	300	200
Colocación de motores, hélices, secciones ala y tren de aterrizaje	1000	600	Toco, difícil de ver	500	300
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600	Medio	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600	Fino	5000	3000
ASERRADEROS			Extrafino	10000	6000
Clasificación de la madera	2000	1700	ENSAYOS O PRUEBAS		
AZUCAR, REFINERIAS DE			General	500	300
Clasificación	500	300	Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	1100a
Inspección color	2000	1100	EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE:		
CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA DE			Impugnado	500	300
Area general de manufactura	500	300	Aislado, embobinado	1000	600
CARBON, VERTEDORES DE			Pruebas	1000	600
Quebradoras, carnicidos y limpiado	100	60	ESTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA	500	300
Selección	3000a	1700a	EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	300	200
CARPINTERIAS			FORJADO, TALLERES DE	500	300
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200	FUNDICIONES		
Excolado, capillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	500	300	Limpado	300	200
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	1000	600	Mechura de corazones:		
CERVECERAS, INDUSTRIAS			Finos	1000	600
Elaboración y lavado de barriles	500	300	Medianos	500	300
Uenado (de botellas, lates, barriles)	500	300	Inspección:		
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plantas Generadoras)			Fino	5000a	3000a
DULCES INDUSTRIAS			Mediana	1000	600
Departamento de Chocolate:			Moldeo	1000	600
Descascarado, selección, extracción, de aceite, quemado y refinación, alimentación	500	300	Mediano	1000	600
Limpieza del grano, selección inmersión, empaqueo y envoltura	500	300	Grande	500	300
Molienda	1000	600	Colado	500	300
Elaboración de crema:			Selección	500	300
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	Cubillote	200	100
Pastillas de goma y jaleas	500	300	Desmoldo	300	200
Decoración a mano	1000	600	GALVANOPLASTIA	300	200
Caramelos:			GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300	Taller de Servicio	1000	600
Corte y selección	1000	600	Reparaciones	200	100
Elaboración de pesos y envoltura	1000	600	Areas activas de tráfico		
			Garages para estacionamiento:		
			Entrada	500	300
			Espacio para circulación	100	100
			Espacio para estacionamiento	50	50
			GRANJAS		
			Establo y Gallinero	100	100
			GRABADO (CERA)	2000a	1100a

Tabla No. 1 (Continuación)

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>GUANTES, MANUFACTURA DE</b>			<b>LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:</b>		
Planchado y cortado	3000a	2000a	Checkado y selección	500	300
Tejido y clasificado	1000	600	Levado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Cosido e inspección	5000a	3000a	Inspección y desmanchado	5000a	3000a
<b>HANGARES</b>			Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Servicio de reparación únicamente	1000	600	Planchado	1500	900
<b>HIERLO, FABRICAS DE</b>			<b>LAVANDERIAS</b>		
Cuarto de compresores y máquinas	200	100	Levado	300	200
<b>HIERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE</b>			Planchado de blancos, pesado, hacer Restas, mercado	500	300
Hornos de hogar abierto			Planchado a máquina y selección	700	400
Patio de almacenaje	100	60	Planchado fino a mano	1000	600
Piso de carga	200	100	<b>LLANTAS DE HULE Y CAMARAS:</b>		
Rasbaladora de vaciados			<b>MANUFACTURA DE</b>		
Fosas de escoria	200	100	Preparación materia prima:		
Plataformas de control	300	200	Plasticación, molienda y Banbury	300	200
Patio de moldes	30	30	Presado en calandra	500	300
Colado	300	200	Preparación de la Tela:		
Almacenamiento de coladas	100	60	Corte y construcción de cajas	500	300
Bodega de pesado	100	60	Máquinas para las cámaras y recubierta	500	300
Reparaciones	300	200	Construcción de llantas:		
Patio de desmoldo	200	100	Llantas ácidas	300	200
Patio de Chatarras	100	60	Llantas neumáticas	500	300
Edificio de mezcla	300	200	Departamento de vulcanización:		
Edificio de Calcinación	100	60	Cámaras y llantas	700	400
Bola rompedora	100	60	Inspección final	2000a	1100a
Molinos de laminación de:			Envoltura	500	300
Lingote, planchas, soleras y láminas en caliente	300	300	<b>MOLINOS DE HARINA</b>		
Laminación en frío de placas	300	200	Rodillos, camidores, purificadores	500	300
Tubo, varilla alambra	500	300	Empacado	300	200
Fierro estructural y planchas	300	200	Control de producción	1000	600
<b>Molinos de laminación de hojalatas:</b>			Limpio, cargadores, andenes, tolvas	300	200
Erafado y galvanizado	500	300	<b>PAN, INDUSTRIAS DE</b>		
Laminación en frío	300	200	Cuarto de mezclado	500	300
Cuarto de motores y máquinas	300	200	Cuarto de fermentado	300	200
Inspección:			Formado:		
Rebabeo de lámina negra, lingotes y b-lletas	1000	600	Pan blanco	300	200
Hojalata y otras superficies brillantes	1000	600	Pastelitos y pan dulce	500	300
<b>HULE, PRODUCTO DE</b>			Cuernos de hornos	300	200
Preparación de la materia prima:			Rebano y otros ingredientes	500	300
Plasticación, molienda y Banbury	300	200	Decorado:		
Presado en calandra	500	300	Mecánico	500	300
Preparación de la tela:			Manual	1000	600
Corte y tubos flexibles	300	200	Básculos y termómetros	500	300
Productos por extrusión	300	200	Envoltura	300	200
Productos moldeados y vulcanización	500	300	<b>PAPEL MANUFACTURA DE</b>		
Inspección:	2000a	1100a	Bastidores, molinos, calandras	300	200
<b>JABONES, MANUFACTURA DE</b>			Acabado, corte, recorte y máquinas para hacer el papel	500	300
Palla, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200	Corteado a mano, lado húmedo de la máquina de papel	700	400
Troquelado, envoltura y empaque, Rebano y detergentes en polvo	500	300	Carrete máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
<b>LACTEOS, PRODUCTOS</b>			Envollado	1500	900
Industria líquida			<b>PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)</b>		
Cuarto mermitas y almecón botellas	300	200	Limpio, curtido y estrado, pellos	300	200
Botellas	500	300	Corte, descarnado y secado	500	300
Lavadoras botellas	f	f	Acabado	1000	600
Lavadoras latex	300	200	<b>PIEL, TRABAJO SOBRE</b>		
Equipo refrigeración	300	200	Planchado, trizado y barnizado	2000	100
Inspección:	1000	600	Clasificación, iguado, corte y cosido	3000	1700
Manómetros y tableros de medidores (sobre carátulas)	500	300	<b>PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE</b>		
Laboratorios	1000	600	Transportadores de bandas, espacios de descarga del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	100	60
Pasteurizadores	300	200	Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Separadores y cuartos refrigerados	300	200	Carnidores	200	100
Tanques, cubas	500	300	<b>PINTURAS, MANUFACTURA DE</b>		
Termómetro (sobre carátula)	300	200	Iluminación general	300	200
Cuarto para pesar (Iluminación gral)	300	200	Comparación de las mezclas con las muestras o patrones	2000	1100
Básculos	700	400	<b>PINTURAS, TALLERES DE</b>		
<b>LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:</b>			Pintura por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	500	400
Presas, guillotinas, troqueladores trabajo mediano de banco	500	300			
Punzadores y rechazado	500	300			
Inspección estofado y galvanizado	2000	1100			
Trizado	2000	1100			

Tabla No. 1 (Continuación)

	I.E.S. 95%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 95%	S.M.I.I. 95%
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla	500	300	TABACO, PRODUCTOS DE		
Azabado de pinturas a mano:			Secado, desmoldamiento (iluminación general)	300	200
Trabajo fino	1000	600	Clasificación y selección	2000a	1100a
Trabajo extra-fino (carrocerías, planos)	3000a	1700a	TALLERES MECANICOS		
PLANTAS GENERADORAS			Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusión de cenizas	100	60	Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, pulido mediano	1000	600
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	200	100	Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	6000a	3000a
Plataformas calderas	100	60	Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado fino	10000a	6000a
Plataformas quemador	200	100	TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60	Abridoras, mezcladoras, batientes	300	200
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transferencia	100	60	Cardas y estradoras	300	300
Condensadores, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60	Pabiladoras, velocas, tróviles y cañoneras	300	300
Cuartos de control:			Envolladoras y Engomadoras:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección del "Duplex" viendo hacia el operador:			Telas crudas	500	300
Tipo A.—Cuarto de control largo, 170 cms., sobre el piso	500	300	Mezclillas	1500	900
Tipo B.—Control de cuarto ordinario, 170 cms., sobre el piso	300	200	Inspección:		
Sección de "Duplex" viéndose desde cualquier ángulo	300	200	Telas crudas (voltadas a mano)	1000	600
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	300	300	Atado automático	1200a	900a
Áreas dentro de los tableros "Duplex"	100	60	Telares	1000	600
Pera posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60	Reposo y atado a mano	2000a	1100a
Alumbrado de emergencia en cualquier área	30	20	TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Tableros despachadores:			Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300	Clasificación	1000a	600a
Superficie vertical del tablero (1.25 M. sobre el piso viendo hacia el operador):			Cardado, peinado y repinado	500	300
Cuarto despachador sistema de carga	500	300	Estrado:		
Cuarto despachador secundario	300	300	Hilo blanco	500	300
Área para tanques de hidrógeno y bicáido de carbono	200	100	Hilo de color	1000	600
Laboratorio químico	200	300	Tróviles:		
Precipitadores	100	60	Hilo blanco	500	300
Casa de rejillas	200	100	Hilo de color	1000	600
Plataforma, sopladores de hollín o escoria	100	60	Torzales	500	300
Cabezales para vapor y válvulas	100	60	Devanado:		
Cuarto de interruptores de potencia	200	100	Hilo blanco	300	200
Cuarto para equipo telefónico	200	100	Hilo de color	500	300
Túneles o galerías para tubería	100	60	Urdidores:		
Sub-sótano (parte inferior turbina)	200	100	Hilo blanco	500	300
Cuarto de turbinas	300	200	Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Área para tratamiento de agua	200	100	Hilo de color	1000	600
Plataforma para visitantes	200	100	Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
PULIDOR Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIAL			Tejido:		
Momios, sales, tanques de hervido, secadoras, cationarias, cristalizadores por gravedad, esteracionarios	300	200	Telas blancas	2000a	1100a
Momios, máquinas, generadoras y destiladores, secadoras mecánicas, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos, decolorado	300	200	Telas de color	2000	1100
Tanques para cocción, extractores, coladores, nitadoras, celdas electrofónicas	300	200	Cuarto de telas crudas:		
SOMBREROS, MANUFACTURA DE			Quitar nudos de la tela	1300a	900a
Teñido, tensado, galeonado, limpiado y refinado	1000	600	Cosido	3000a	1700a
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a	Dobledo	500	300
Cosido	3000a	3000a	Acabado húmedo	1000a	600a
SOLDADURA			Teñido		
Iluminación general	500	300	Acabado en seco:		
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a	Despefuzado, acondicionamiento y planchado	700	600
			Cortado	1000	600
			Inspección	2000a	1100a
			Dobledo	700	400
			TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS.		
			Manufacturas:		
			Ramojado, teñido fuzax y preparación de torcidos	300	200
			Debanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasía, engomado:		
			Hilo claro	300	300
			Hilo obscuro	2000	1100
			Urdidores (seda)		
			En estrizola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora	1000	600
			Reposo en lisas y en al peine	2000a	1100a
			Tejido	1000	600
			TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	600



Tabla No. 1 (Continuación)

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%
<b>TELA, PRODUCTOS DE</b>					
Inspección tela	20000a	10000a			
Cortado	3000a	2000a			
Costura	500c	3000a			
Planchado	3000a	2000a			
<b>TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS</b>					
Fundición de tipo:					
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600			
Preparación de tipos, selección	500	300			
Fundición	500	300			
Impresión:					
Inspección de colores	2000a	1100a			
Linotipos y cajetas	1000	600			
Prensas	700	400			
Mesa de formación	1500	900			
Corrección de pruebas	1500	900			
Electrotipia:					
Moldeado, ruteado, acabado, nivelado, moldes y recortado	1000	600			
Galvanoplastia	500	300			
Fotografado:					
Grabado al ácido y montaje	500	300			
Ruteado, acabado, pruebas, entintado	1000	600			
<b>VIDRIO, FABRICAS DE</b>					
Cuarto de Hornos y mezcladoras, prensado, máquinas sopladoras y templado	300	200			
Esmerilado, cortado, piateado	500	300			
Esmerilado fino, biselado, pulido	1000	600			
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a			
<b>ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE</b>					
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200			
Barnizada, vulcanizado, calandras, cortado parte superior y suelas	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	3000a	1700a			
Marcado, ojalado, adelgazado, selección, remendado y contadores	3000a	1700a			
Costido:					
Materiales claros	500	300			
Materiales oscuros	3000a	2000a			
Hechura y acabado	2000	1100			
<b>2. OFICINA, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS</b>					
<b>AUDITORIOS</b>					
Para exhibiciones	300	200			
Para asambleas	150	100			
Para actividades sociales	50	50			
<b>BANCOS</b>					
Vestibulo (iluminación general)	500	300			
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900			
Garcera y Correspondencia	1500	900			
<b>BIBLIOTECAS</b>					
Sala de lectura	700	400			
Anaqueles	300	200			
Reparación de libros	500	300			
Archiveros y catalogar	700	400			
Mesa checadora de salidas y entradas de libros.	700	400			
<b>CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales)</b>					
<b>CLUBES</b>					
Salas de descanso y de lectura	300	200			
<b>CORREOS</b>					
Vestibulo, sobre mesas	300	200			
Correspondencia, selección, etc.	1000	600			
<b>CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)</b>					
Areas de asientos (público)	300	200			
Areas de actividades propias de la corte	700	400			
<b>EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA</b>					
<b>Policia:</b>					
Archivos de identificación			1500	900	
Celdas y cuartos para interrogatorios			300	200	
<b>Bomberos:</b>					
Dormitorios			200	100	
Sala recreativa			300	200	
Garaje carros bomba			300	200	
<b>ESCUELAS</b>					
Salones de clase			700	400	
Salones de dibujo (sobre rastreador)			1000a	500a	
Lectura de movimientos de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura			1500a	900a	
<b>GALERIAS DE ARTE</b>					
Iluminación general			300	200	
Sobre pinturas (focalizado)			300b	200b	
Sobre estatuas y otras exhibiciones			1000c	600c	
<b>IGLESIAS</b>					
Alter, retablos			1000a	600a	
Coro (D) y presbiterio			300a	200a	
Púlpito (iluminación adicional)			500a	300a	
Nave principal de la Iglesia (iluminación general)			150a	100a	
<b>Ventanales emplomados:</b>					
Color blanco			500	300	
Color mediano			1000	600	
Color oscuro			5000	3000	
Ventanal muy denso			10000	6000	
<b>MERCADOS</b>					
<b>Bodega y Cuartos de Almacenamiento:</b>					
Activos			200	100	
Inactivos			50	50	
Carnicerías, Barbacos, Pescaderías			500	300	
Cocinas (Areas de trabajo)			500	300	
Comedores			300	200	
Cuartos de máquinas			300	200	
Ferreterías y Accesorios eléctricos			500	300	
Lavadoras para verduras y varios			500	300	
Mecanías, vestidos y zapaterías			500	300	
Mueblerías y artículos para el hogar			500	300	
Papelarias, libros y juguetes			500	300	
Plataformas de descarga			200	100	
Sanitarios y baños			100	100	
Verduras, frutas, flores y plantas			500	300	
<b>MUSEOS (Véase Galerías de Arte)</b>					
<b>OFICINAS</b>					
Proyectos y diseños			2000	1100	
Contabilidad, auditoria, máquinas de contabilidad			1500	900	
Trabajos ordinarios de oficina, selección de correspondencia, archivado activo o continuo			1000	600	
Archivado interminente o discontinuado			700	400	
Sala de conferencias, entrevistas, salas de descanso, archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma protronada			300	200	
<b>PELLUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA</b>			1000	600	
<b>TEATROS Y CINES</b>					
Sala de espectáculos:					
Durante intermedios			50	50	
Durante exhibición			1	1	
Vestibulo			200	100	
Sala de descanso (foyer)			50	30	
<b>TERMINALES Y ESTACIONES</b>					
Salas de espera			300	200	
Oficina de boletos			1000	600	
Oficina de checar equipaje			500	300	
Vestibulo			100	60	
Andenes y Plataformas			200	100	
<b>3. HOSPITALES</b>					
<b>HOSPITALES</b>					
Sala de preparación y anestesia			300	200	
<b>Autopsia y Anfiteatro:</b>					
Mesa de autopsia			25000	14000	
Sala de autopsia (iluminación general)			1000	600	



Tabla No. 1 (Continuación)

	I.E.S. 99%	S.M.I.I. 95%		I.E.S. S.M.I.I. LUXES
Atracciones principales:			FERROCARRIL, PATIOS DE	
Con servicio de vendedoras	5000	3000	Derecepción	2
Autoservicio	10000	6000	Clasificación	3
<b>5. AREAS COMUNES</b>			<b>GASOLINERAS:</b>	
<b>BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	Alrededores brillantes:	
Inactivas	50	30	Acceso	30
Activas:			Calzada para coches	50
Piezas toscas	100	60	Áreas bombas de gasolina	300
Piezas medianas	200	100	Fachadas edificio (de vidrio)	300
Piezas finas	500	300	Área de servicio	70
<b>ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	Alrededores oscuros:	
<b>ESCALERAS</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	Acceso	15
<b>PASILLOS Y CORREDORES</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	Calzadas para coches	15
<b>BAÑOS Y TOCADORES</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	Área bombas de gasolina	200
Iluminación general	100	60	Fachadas edificio (de vidrio)	100
Espéjo	300g	200g	Área de Servicio	30
Dado que en el curso de 10 años, los niveles de Iluminación recomendados por el I.E.S., para Alumbrado Exterior, Áreas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. — Illuminating Engineering Society— México Chapter, aprobó recomendar los mismos niveles de Iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, con servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.			<b>JARDINES (p)</b>	
			Iluminación general	5
			Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
			Pared posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos	20
			Flores, jardines entre rocas	50
			Arboles y arbustos, cuando se quieren hacer destacar	50
			<b>MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE MUELLES</b>	<b>10</b>
			<b>PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)</b>	<b>200</b>
			<b>PLANTAS GENERADORAS</b>	
			Pasarelas	20
			Tiradero de ceniza	1
			Descarga de carbón:	
			Rampa (Zona de carga y descarga)	50
			Área almacenamiento chalana	5
			Vaciador de carros	50
			Volcador	50
			Área de almacenamiento de carbón	1
			Transportadores	20
			<b>Entradas:</b>	
			Edificio de servicio o generación:	
			Principal	100
			Secundaria	20
			Caseta de compuertas:	
			Entrada de peatones	100
			Entrada transportadores	50
			Cerca o alambrada	2
			Colectoras de entrega del aceite combustible	50
			Tanque de almacenamiento aceite	10
			Patio descubierta	2
			Plataformas-Caldera, cubierta de turbina	50
			Caminos:	
			Entre o a lo largo de los edificios	10
			Que no estén bordeados por edificios	5
			<b>Subestación:</b>	
			Iluminación general horizontal	20
			Iluminación vertical específica (sobre descenectadores)	20
			<b>PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA</b>	<b>200</b>
			Interior de los furgones	100
			<b>PRÉSIDIO, PATIOS DE</b>	<b>50</b>
			<b>TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS</b>	
			Alrededores brillantes:	
			Superficies claras	500
			Superficies oscuras	1000
			Alrededores oscuros:	
			Superficies claras	200
			Superficies oscuras	500
			<b>7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS</b>	
			<b>ALBERCA</b>	
			Iluminación general desde la planta alta	100
			Bajo el agua:	
			Exterior	5
			Interior	5

Tabla No. 1 (Continuación)

	I.E.S. SMALL LUXES	I.E.S. SMALL LUXES
ARQUERIA		
Bianco:		
Torneo	100r	
Recreativo	50r	
Línea de Hro:		
Torneo	100	
Recreativo	50	
BADMINTON		
Torneo	300	
Club	200	
Recreativo	100	
BASEBALL	Jardines	Cuadro
Ligas mayores	1000	1500
Ligas AA y AAA	500	750
Ligas A y B	300	500
Ligas C y D	200	300
Ligas semi-profesionales y regionales	150	200
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400
Sobre asientos, durante juego	20	400
Sobre asientos antes y después juego	50	
BASKETBALL	Jardines	Cuadro
Universitario y profesional		500
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores	300	
Sin espectadores	300	
Recreativo (exterior)	100	
BILLARES (sobre mesa)		
Torneo	300	
Recreativo	300	
Área general	100	
BOLIGNES		
Mesas:		
Torneo	200	
Recreativo	100	
Pinos:		
Torneo	500r	
Recreativo	300r	
BOX O LUCHA (ring)		
Campeonato	5000	
Profesional	2000	
Amateur	1000	
En asientos durante el encuentro	20	
En asientos antes y después del encuentro	50	
CARRERAS		
De motor (autos enanos o motocicletas)	200	
Bicicletas	200	
Caballos	200	
Ferros	200	
CROQUET		
Torneo	100	
Recreativo	50	
FRONTENIS		
Profesional	1000	
Aficionados	750	
Sobre asientos	50	
FRONTON O CESTA		
Profesional	1500	
Aficionados	1000	
Sobre asientos	100	
FRONTON A MANO		
Torneo	300	
Club	200	
Recreativo	100	
FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO		
(Indica: Distancia de la línea de banda a file más alejada de espectadores:		
Clase I más de 30 Mts.	1000	
Clase II entre 15 y 30 Mts.	500	
Clase III entre 9 y 15 Mts.	300	
Clase IV menos de 9 Mts.	200	
La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo en espectáculos de pege y televisados, la capacidad potencial de asientos de las gradas, es el		
factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se dé la siguiente clasificación: Clase I para más de 30,000 espectadores; Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores; Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.		
GIÑANASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)		
Exhibiciones, encuentros		300
Para recreación y ejercicio general		200
Asambleas		100
Bañes		50
Regaderas y vestidores		100
GOLF, CAMPOS DE PRACTICA		
Illuminación general sobre los "Tees"		100
A 1.85 Mts.		50r
Práctica en los "greens"		100
HOCKEY SOBRE HIELO		
Universitario o profesional		500
Liga amateur		200
Recreativo		100
PATINAJE		
Pista para patines de ruedas		50
Pistas para patinar sobre hielo (interior ó exterior)		50
Lagunas, estanque o área inundada		10
PING-PONG		
Torneo		500
Club		300
Recreativo		200
PLAYAS		
En tierra		10
A 50 Mts., de la orilla (en mar)		30r
PLAZA DE TOROS		
En el ruedo		1000
Pasillos, númeas, palcos, gradas		50
SHUFFLE BOARD		
Torneo		100
Recreativo		50
SKIES, RAMPA DE PRACTICA		5
SOFTBALL	Jardines	Cuadro
Profesional y de campeonato		
Semi-profesional	200	300
Ligas industriales	150	200
Recreativo	75	100
TENIS		
Torneo		300
Club		200
Recreativo		100
TIRO AL		
Sobre el blanco		500r
Línea de tiro		100
Área intermedia		50
Cabina de radio, vestíbulo pasajeros		100x
Monitor para pasajeros oficina sobrecargo		200
Área de navegación:		
Timonera (sobre puente de mando)		50
Cuerto de mapas		100
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación		500
Cuerto del radar		50
Cuerto de giroscopios		50
Cabina de radio		100u
Oficina del barco		200
Sobre escritorios y mesas de trabajo		500
Para teneduría de libros y auditoría		500
Cuerto de registro (cuaderno bitácora)		100
Sobre escritorio		500
Área de servicios		
Galera		200u
Lavandería		150u
Dampena		150u
Fregadero		150u
Preparación comida		200u
Almacén comida (sin y con refrigerador)		50
Carnicería		150u

Tabla No. 1 (Continuación)

	L.E.S. S.A.L.L. LUXES		L.E.S. LUXES S.A.L.L.
Imprenta	300u	<b>B. ALUMBRADO DE TRANSPORTES</b>	
Sastrería	500u	<b>AEROPUERTOS</b>	
Oficinas postales	200u	Plataforma frente hangares	10
Vestidores	30	Plataforma frente edificio de la terminal	
Central telefónica	100u	Área de estacionamiento	5
Cuarto para almacén	30	Área de carga	20
<b>Áreas de operación:</b>		<b>AUTOBUSES</b>	
Cuarto máquinas (áreas de trabajo)	100u	Urbanos	300
Cuarto calderas (áreas de trabajo)	100u	Foráneos	150
Cuarto ventiladores	30	<b>AUTOMOVILES</b>	
Cuartos grupos Motor-Generador	30	Sobre placas	5
Cuartos de generación y tablero de control	100	<b>AVIONES</b>	
Cuarto de montacargas	50	Compartimientos pasajeros:	
Tableros de control, iluminación vertical:		Iluminación general	50
Parte alta	300	Lecture (en asientos)	300
A 90 cms. desde el piso	100	<b>BARCOS</b>	
Cuarto del mecanismo del timón	30	Camarotes	50u
Cuarto de bombas	10	Liters, sobre plano de lectura	150
Tablero de medición y control (iluminación vertical):		Especjo, sobre cara	500
Sobre medidores	300	Baños	50
Túnel del eje	30	Pasillos y corredores	50
Bodega seca para cargamento (Unidad de ilumina permanente)	10u	Escaleras:	
Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u	Pasajeros	100
Talleres	200	Tripulación	50
Sobre trabajo	500	Entrada pasajeros	100u
Escotillas de la bodega:		Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100u
Área sobre escotilla	50	Cuartos de esparcimiento tripulación	200
Área adyacente a la cubierta	30	Sobre mesas	300
<b>CARROS DE FF.CC. PARA CORREO</b>		Comedor pasajeros	100u
Bultos de correo y cajas para cartas	300	Salón comedor, oficiales y tripulación	100
Almacenaje correo	150	Sobre mesas	150
<b>CARROS DE FF.CC. PARA PASAJEROS</b>		Bibliotecas	100
Escritura y lecturas:		Para lectura	300
General	200	Salones fumadores	5u
Sobre escritorio	500	Cubiertas cerradas	100
<b>Sección de baños</b>		Peluquería y salón de belleza	200
General:	150	Sobre la persona	500
Especjo	300	Salones de Cocktail y Cantina	50u
Sanitario	50	Salón de baile	50u
Carro comedor	150	Piscinas, playas interiores	100y
Cantina	100	Tiendas	200u
Áreas sociales	200	Teatros:	
Escalones y puertas	100	Durante el espectáculo	1
<b>TRANVIAS Y TROLEBUSES</b>	300	Intermedio	50
<b>TIRO AL PICHON</b>		Gimnasios	200
Blanco, a 50 Mts.	300u	Hospital:	
Líneas de tiro, general	100	Sala de operaciones	500u
<b>VOLLEYBALL</b>		Sala dental	300u
Torneo	200	Dispensario	300u
Recreativo	100	Sala de encamados	50u
<b>WATER POLO</b>		Oficina doctor	200u
Torneo	300	Sala de espera	100u
Club	200		
Recreativo	100		

- a. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos periodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- b. Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas.
- d. La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.
- e. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiobscuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantes desagradable.

Tabla No. 1 (Continuación)

- f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los Luxes producidos en un punto considerado.
- g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.
- h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.
- i. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuerto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.
- j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.
- k. O no menos de 1/5 del nivel de las áreas adyacentes.
- l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.
- m. La iluminación general de éstas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.
- n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.
- o. (A) Los valores recomendados son iluminación sobre la mercancía o aparatos. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical. (B) Áreas específicas en las cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.
- p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que éste es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas oscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático.
- q. Iluminación promedio recomendada (Luxes).

## CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA

## TRANSITO DE PEATONES

	Muy escaso (Menos de 150)	Escaso (150 a 500)	Mediano (500 a 1200)	Intenso (más de 1200)
Intenso	6	8	10	12
Mediano	4	6	8	10
Escaso	2	4	6	8

Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%.

Cuando la reflexión sea pobre (del orden de 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea raramente alta (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en servicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escaso y con tránsito de peatones escaso, y no menor de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

r. Vertical.

s. 600 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

t. 1000 lúmenes por metro cuadrado de superficie.

u. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada.

v. La instalación deberá ser tal, que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 luxes para embarques diurnos.

w. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, cantinas y comedores, los valores de Luxes pueden variar ampliamente, dependiendo de la atmósfera, deseada, los decorados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

### 1.3. Propiedades ópticas de la materia

Es conveniente mencionar algunas propiedades ópticas de la materia, para la mejor comprensión de temas subsiguientes.

**Reflexión.**- Es la devolución o retorno de radiación por una superficie sin cambios de los componentes monocromáticos que la integran.

La reflexión especular es cuando el rayo incidente con su ángulo de incidencia, respecto a la normal a la superficie de reflexión es igual al ángulo entre el rayo reflejado y la normal. Fig. 3a.°

La reflexión difusa, se da cuando la superficie es rugosa o no totalmente pulimentada y la reflexión de la luz se da en varias direcciones con diferentes ángulos. Fig. 3b.

Existe reflexión difusa dirigida y reflexión mixta. Los reflectores pueden ser planos, parabólicos, circulares, prismáticos, etc. Fig. 3c y 3d.

El factor de reflexión es la relación entre la luz que llega a una superficie y la luz reflejada por ella.

**Transmisión.**- Es el paso de rayos de luz a través de materiales transparentes o traslúcidos sin que se produzca ninguna alteración de la frecuencia de sus componentes monocromáticas.

El factor de transmisión es la relación entre la luz transmitida y la luz que incide en un material, pues el material absorbe una pequeña cantidad de luz.

Refracción.- Este fenómeno se da cuando la luz penetra en alguna superficie cambiando de velocidad y dirección en el proceso.

El índice de refracción es relación entre la velocidad de la luz en el espacio libre y su velocidad en el medio en cuestión.

Dispersión.- Es el fenómeno que se observa cuando un rayo de luz blanca atraviesa un prisma de cristal y se descompone en los colores del llamado espectro solar.

Difusión.- Es el cambio de la distribución espacial de un rayo de luz cuando este se desvía en muchas direcciones debido a una superficie o medio.

Difracción.- Es la Difusión de la luz alrededor de las orillas de un obstáculo.



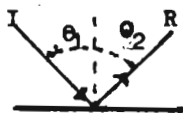


Fig.3a. Reflexión especular.  
 $\theta_1 = \theta_2$

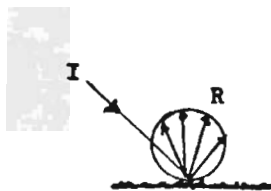


Fig.3b. Reflexión difusa



Fig.3c. Reflexión difusa dirigida.



Fig.3d. Reflexión mixta

" Dentro de estas propiedades, en cálculos de alumbrado, la reflexión es uno de los factores más importantes.

Los valores aproximados de reflexión de algunos materiales son los siguientes. (Valores para incidencia perpendicular).

MATERIAL	REFLEXION (%)
Aluminio, muy brillante	80 - 85
Aluminio, mate	55 - 65
Esmalte blanco	65 - 75
Yeso blanco y fresco	85 - 95
Papel, blanco, mate	70 - 80

MATERIAL	REFLEXION (%)
Papel blanco brillante	70 - 80
Espejo plateado	80 - 88
Encina pulida, clara	25 - 35
Madera contrach, rugosa	- 40
Granito	20 - 25
Caliza	35 - 55
Revoque de cal, claro	40 - 45
Revoque de cal, oscuro	- 25
Terciopelo negro	0.5
Cemento, hormigón, vistos	20 - 30
Ladrillo rojo nuevo	10 - 15
Cristal claro, liso	6 - 8
Cristal prismático	5 - 20
Tejido blanco	30 - 60
Cristal acrílico	16
Cristal termolux	37 - 48

## CAPITULO SEGUNDO

## FUENTES DE LUZ Y SUS CARACTERISTICAS

El hombre, así como muchas criaturas de la naturaleza, posee características que le permiten vivir y con ello controlar la naturaleza. Uno de sus sentidos más importantes es la vista, cualidad que le permite saber que hay en su derredor.

Siempre nos hemos preguntado ¿qué es la luz?. Un sinúmero de respuestas hemos escuchado y leído; hay quienes dicen que la luz es todo lo que vemos, lo que nos permite ver, etc, etc.

La definición técnica en general nos dice que la luz es una forma de energía radiante, que se mide de acuerdo con su capacidad para producir la sensación de visión.

La buena iluminación o luz adecuada está ligada a la buena visión y por lo tanto está concadenada con la salud del ojo humano.

Todos sabemos que nuestro planeta está iluminado por el sol, la luna y las estrellas, igualmente sabemos que el fuego produce calor y luz.

Las principales fuentes de luz son de dos tipos: naturales y artificiales.

## II. 1. Fuentes Naturales.

El Sol.- La energía solar es recibida por la atmósfera de la tierra y es aproximadamente 0.135 watts por centímetro cuadrado, y proporciona aproximadamente como máximo 100,000 luxes.

La Luna.- Tiene brillo únicamente por su propiedad de reflejar la luz del sol. Es por eso que su luminancia es baja o menor que la del sol; aproximadamente 0.25 candelas por centímetro cuadrado, es su reflectancia. La tierra recibe cuando mucho 0.01 footcandles en su superficie, (0.10 luxes).

Luz del cielo o estrellas.- Es la contribución de luz más baja que recibe la tierra, aproximadamente 0.0002 luxes.

## II. 2. Fuentes Artificiales.

Como su nombre lo indica son aquéllas que nos proporcionan luz mediante la colaboración de nosotros mismos, transformando energía de una forma a otra. Pertenecen a este tipo, desde una vela hasta una lámpara de descarga eléctrica.

El objetivo de una lámpara de cualquier tipo es producir luz. El rendimiento luminoso o eficacia luminosa de una fuente de luz, está expresado por:

$$\text{Eficacia luminosa} = \frac{\text{lumens emitidos}}{\text{watts absorbidos}}$$

## II.2.1 Lámparas Incandescentes.

Este tipo de lámparas producen luz mediante el calentamiento de un alambre o filamento de tungsteno. Su rendimiento es bajo, aproximadamente 15 lumens por watt.

Las partes principales de las lámparas incandescentes son cuatro: el filamento, el gas de relleno, la ampolla y el casquillo o base.

El filamento de este tipo de lámparas actualmente más usado, es el tungsteno, pues tiene un punto de fusión alto y un bajo porcentaje de evaporación. El carbón fue muy usado también, pero se le sustituyó casi totalmente por el tungsteno, ya que el carbón tiene un muy alto punto de fusión pero también un alto porcentaje de evaporación.

La ampolla es el bulbo que contiene al filamento y al gas de relleno, puede ser de vidrio claro, blanco o coloreado.

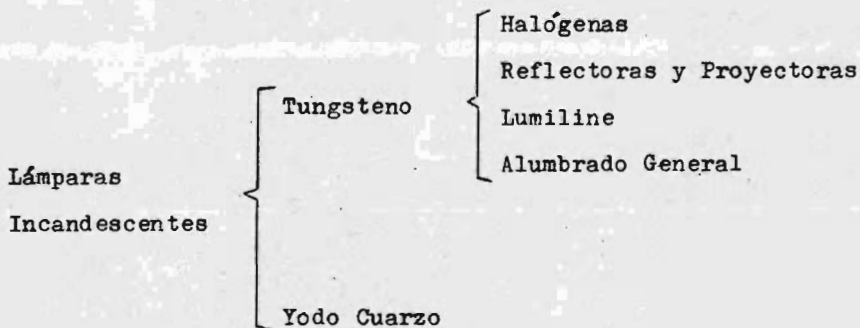
El gas de relleno es un gas inerte y sirve para reducir la evaporación del material del filamento; esto se logra por la presión que ejerce el gas sobre el filamento. Los gases más empleados son el nitrógeno y el argón, algunas ocasiones se emplea el kriptón, pero su costo es muy elevado.

Los casquillos pueden ser de rosca o de bayoneta, su función es la de conectar la lámpara con el portalámparas.

La mayoría de las lámparas de filamento irradian en forma de luz aproximadamente sólo del 10 al 12% de la energía absorbida.

El flujo luminoso de estas lámparas está muy ligado con su vida útil, pues el flujo luminoso depende de la temperatura que alcance el filamento. Igualmente la variación de la tensión de alimentación le ocasionará cambios en sus características nominales.

Dentro del grupo de lámparas incandescentes se encuentran varios tipos como se muestra en el siguiente esquema:



Halógenas.- Se le agrega al gas de relleno un gas halógeno (Yodo, Flúor, Bromo) para evitar el enegrecimiento. Se utilizan para alumbrado general, para iluminación por proyección, en proyectores de cine y sobre todo en los faros de automóviles.

Reflectoras y Proyectoras.- Tienen un acabado tipo espejo en una porción de la superficie interior de la ampolla, para reflejar los rayos de luz, hace que se proyecten en una sola dirección. Se usan para alumbrado decorativo, zonas industriales de techos altos, y un gran número de aplicaciones. Al igual que las proyectoras tienen un reflector hermético de alta eficacia, de aluminio o plata vaporizados y aplicados a la parte interior del bulbo. Las proyectoras se usan en automovilismo, aviación y donde se requiera un haz concentrado de luz.

Lumiline.- Su filamento se extiende a lo largo de un tubo y se conecta en los extremos. Se utilizan donde sea necesaria una fuente de luz lineal.

Para Alumbrado General.- Es el tipo más conocido, es el foco "casero". Tienen bulbos transparentes o esmerilados por dentro y revestidos con sílice blanca; con casquillos o rosca; son de uso general.

El modelo de lámpara incandescente más usado es el de la fig. 4.

Lámparas de yodo cuarzo o tungsteno halógenas.- Este tipo de lámparas pertenecen a la familia de las incandescentes. En los últimos años se le ha llamado lámpara de tungsteno halógeno.

Tienen una envoltura de cuarzo que le da construcción compacta y resistencia a los choques térmicos. Se emplea el yodo con el propósito de regenerar el tungsteno evaporado, pues al calentarse el filamento existe una evaporación de tungsteno que se mezcla con el yodo, pero al tocar esta mezcla gaseosa al filamento, se reintegra cada componente a su origen.

Es la fuente de luz más usada en los estudios de televisión y fotografía, también se usan en fotocopias, efectos especiales, faros de automóvil, aviación, etc.

## II. 2. 2. Lámparas de descarga eléctrica.

El principio general del funcionamiento de las lámparas de descarga en gas o descarga eléctrica, está basado en la producción de luz mediante la excitación de un gas o vapor metálico o mezcla de diferentes gases ó vapores, por medio del paso de una corriente eléctrica. El gas está contenido en algunos casos, en un tubo de descarga. La aplicación de una diferencia de potencial eléctrico ioniza el gas y se establece una corriente de electrones entre dos electrodos situados en los extremos de la ampolla o tubo de descarga. Los electrones del arco de descarga, pasan a enormes velocidades, entrando en colisión con los



átomos del gas o vapor y alteran la estructura atómica de estos átomos, y de acuerdo con la teoría cuántica de la luz, cuando los átomos alterados vuelven a su estado normal, desprenden energía luminosa.

Es necesario, para que se produzca la descarga, una tensión mínima de encendido. Después de la descarga, la corriente de electrones crece muy rápido pues no encuentra casi resistencia, es por esto, que es necesario conectar en serie una bobina autoinductiva, llamada balastro, que limita la corriente a un valor tal que conserva constante la descarga en el gas contenido en la ampolla o tubo de descarga.

Su clasificación es la siguiente:

Lámparas de descarga eléctrica	}	Lámparas fluorescentes	
		Lámparas de mercurio	
		Lámparas de haluros metálicos o aditivos metálicos	
		Lámparas de luz mixta	
		Lámparas de vapor de sodio	} Alta presión Baja presión
		Lámparas de arco corto	

### II. 2.2.1. Lámparas Fluorescentes.

Estas lámparas son relativamente nuevas, fueron introducidas comercialmente en 1938.

La luz es producida por polvos fluorescentes activados por energía ultravioleta generada por un arco de mercurio. Este tipo de lámpara es generalmente en forma de un tubo largo con un electrodo dentro, contiene vapor de mercurio a baja presión con una cantidad pequeña de gas inerte, generalmente argón, para el encendido. Fig. 5.

Cuando el voltaje apropiado es aplicado se produce un arco por la circulación de corriente entre los electrodos a través del vapor de mercurio.

Este arco o descarga genera luz visible, pero en mayor proporción genera radiación ultravioleta, esto es, radiación no visible. Esta luz ultravioleta excita luego los fósforos para emitir luz visible.

Estas lámparas tienen dos electrodos llamados fríos o calientes designados de acuerdo a su operación.

Los electrodos para incandescencia u operación de cátodo frío pueden consistir en cilindros de metal cerrados en el término, generalmente cubiertos con un material emisor. Las lámparas que operan con este tipo de cátodos, operan con corrien-

tes de pocos cientos de miliamperes, con una gran caída en el catodo, algunas veces excede los 50 volts.

El electrodo de catodo caliente se construye casi siempre de alambre de tungsteno o un alambre de tungsteno con un enrollamiento del mismo material pero más fino. Cuando la lámpara se encuentra en operación el alambre y su revestimiento alcanzan temperaturas de cerca de  $1100^{\circ}\text{C}$ , donde el electrodo emite grandes cantidades de electrones con una caída baja en el catodo, del orden de 10 a 12 volts. La corriente normal de operación del "catodo caliente" alcanza rangos arriba de los 1.5 amperes. Es por esto que se considera más eficiente este tipo de catodo.

Dentro de sus parámetros de funcionamiento nos encontramos con que tiene una eficacia de 43%, una vida de hasta 12,000 horas y su distribución de energía es en un típico blanco frío.

Los fósforos utilizados en este tipo de lámparas son de acuerdo al color de luz que se desee obtener, así tenemos que los siguientes fósforos producen los colores que se dan a continuación:

POSFORO	COLOR DE FLUORESCENCIA
Halofosfato de calcio	Blancos de diferentes temperaturas de color.
Tungsteno de magnesio	Blanco azulado.

FOSFORO	COLOR DE FLUORESCENCIA
Silicato de zinc	Verde
Tungsteno de calcio	Azul
Borato de cadmio	Rosa

Los materiales emisores con que se cubren los electrodos son generalmente estroncio, bario y óxido de calcio.

El encendido de las lámparas fluorescentes se da en dos etapas o estados. Primeramente, debe existir un voltaje suficiente entre el electrodo de la lámpara y un conductor cerca aterrizado como en la superficie del metal de la luminaria, ionizándose así el gas de la lámpara. Seguidamente debe existir un voltaje suficiente a través de la lámpara para extender la ionización por todas partes de la lámpara y desarrollar un arco.

Casi todas las lámparas de descarga eléctrica deben ser operadas con un sistema o mecanismo limitador de corriente, comúnmente llamado balastro, balastro o balasto, limita la corriente a el valor para el cual fue diseñada cada lámpara; también provee los requerimientos de encendido y voltaje de operación. También se le llama reactancia a este dispositivo.

Un balastro puede ser resistivo, inductivo, capacitivo o una combinación de ellos. Puede además por sí mismo o en combina-

ción con un dispositivo de arranque servir para encender la lámpara. El mecanismo de arranque puede estar integrado en el balastro

La vida de una lámpara fluorescente es afectada o influida por el número de encendidos, ya que una cantidad del material emisor es arrancado por el impacto del arco cada vez que la lámpara enciende. Igualmente una tensión alta o una baja afectan, reduciendo la eficacia y acortando la vida de la lámpara.

El brillo de este tipo de lámparas depende del diámetro del bulbo tubular y de la corriente de carga, es decir, varía con cualquiera de estos parámetros. Así mismo el efecto estroboscópico es imperceptible en frecuencias de uso normales, 50-60 ciclos por segundo. La eficacia de estas lámparas es más alta que las incandescentes y producen luz con acompañamientos de calor menores que las incandescentes, esto se debe a:

- a) 1 watt-hora en una fuente produce 1BTN= 860 calorías.
- b) Una lámpara fluorescente emite dos o tres veces más luz que una de incandescente con los mismos watts, esto es, generando el mismo calor.

Las lámparas fluorescentes tienen muchas aplicaciones. Se pueden usar para iluminación residencial, industrial, en escuelas, oficinas, comercial, para efectos decorativos, en entradas, señales de tráfico, señalización, seguridad, etc.

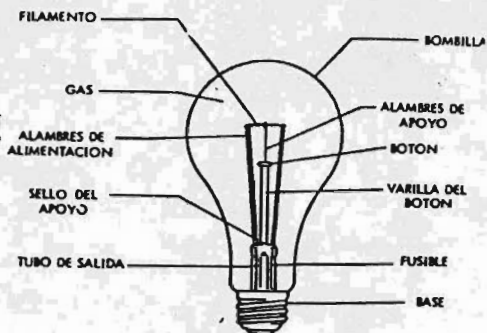


Fig.4. Lámpara incandescente

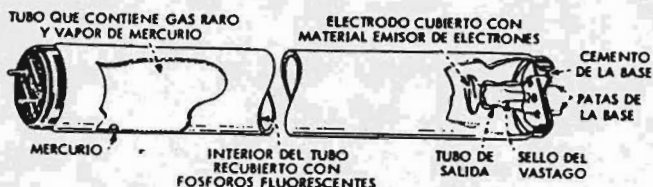


Fig.5. Lámpara fluorescente

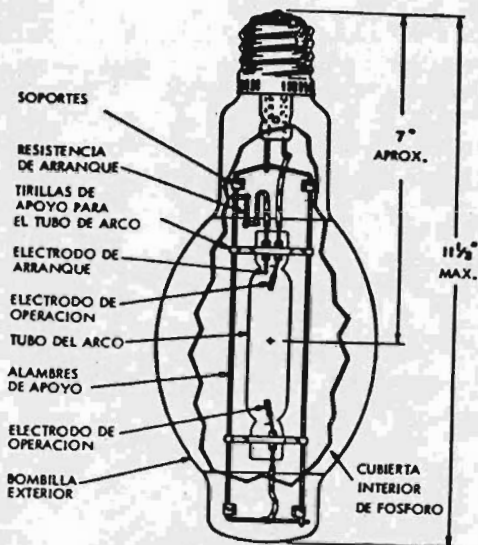


Fig.6. Lámpara de vapor de mercurio

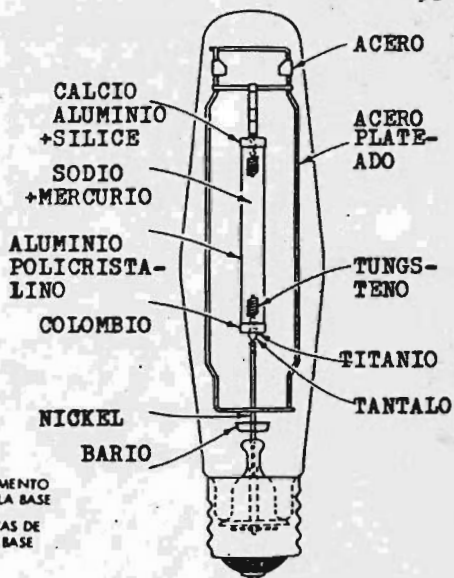


Fig.7. Lámpara de vapor de sodio alta presión.



Fig.8. Lámpara de vapor de sodio baja presión

## II. 2.2.2. Lámparas de Mercurio.

Esta lámpara consiste en dos bulbos, uno dentro de otro y el que está dentro es el más pequeño, este bulbo contiene en su interior vapor de mercurio y entre ambos bulbos se rellena con un gas inerte. El bulbo interior y el exterior son generalmente de cuarzo.

Su funcionamiento está basado en el desprendimiento de energía de los átomos alterados. Se aplica un voltaje entre las dos terminales del bulbo interior, ionizando el gas o vapor de mercurio, formándose de esta manera un flujo de electrones o arco eléctrico, que al efectuar una colisión en los átomos del gas, se altera su estructura propia, actuando en los niveles de electrones, los átomos por característica propia vuelven a su estado normal, esto es, los electrones regresan a su órbita o nivel, desprendiendo "fotones" o pequeños paquetes de energía luminosa.

Para facilitar el encendido, ya que el vapor de mercurio a temperatura ambiente pasa a ser líquido, se le agrega una pequeña cantidad de gas argón, pues este material se ioniza más rápidamente, es decir, el arco inicial salta velozmente empezando a emitir calor y vaporizando al mercurio que se comienza a convertir gradualmente en conductor.

La finalidad del bulbo exterior es proteger al interior

contra cambios de temperatura y a la vez sirve como filtro para eliminar longitudes de onda indeseables de la radiación producida por el arco, además, este bulbo se puede revestir en su interior de fósforo blanco que ayuda a convertir la energía ultravioleta en luz visible.

El mercurio vaporizado contenido en el bulbo interior está a una presión de  $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  y  $10^6 \text{ N/m}^2$ , esto es, durante su funcionamiento; a la temperatura ambiente el mercurio se encuentra en estado líquido.

Este tipo de lámparas se usa para alumbrado público, como fuentes de energía eritemática, como lámparas bactericidas y para producir ozono. En aplicaciones industriales se usa en acerías, fundición y materiales de aviación, estas lámparas se fabrican en color claro, colortone (todos los tipos cuyo color es diferente a las blancas), blanco de alta emisión y blanco normal, blanco de lujo y amarillo. En la fig. 6 puede verse el modelo más usado de esta lámpara.

El electrodo de encendido se usa para facilitar el arranque, ya que se forma primeramente un campo eléctrico entre el electrodo de encendido y el electrodo principal que se encuentra más cerca, provocando esto una ionización en el gas de encendido, saltando a continuación el arco entre los electrodos principales.



Tienen una vida útil de hasta 24,000 horas en potencias de 100 a 1000 watts y en potencias menores de 100 watts, 16,000 hrs. de vida.

#### II.2.2.3. Lámparas de Haluros Metálicos o Aditivos Metálicos.

Este tipo de lámparas es más bien una lámpara de mercurio con haluro metálico, es decir, se le agregan haluros metálicos al mercurio. Así, cuando la lámpara alcanza su temperatura de operación, los haluros metálicos son vaporizados parcialmente en el tubo de arco.

Estos haluros son generalmente compuestos de yodo con talio, indio y sodio que producen una sustancial mejora de eficacia y rendimiento en color. Las lámparas de mercurio con haluros metálicos, tienen una eficacia de 1.5 a casi dos veces más que las lámparas de mercurio; el rendimiento en color se refiere a la producción de luz blanca y poder ver los objetos del color que son sin deformación o degradación del mismo. Es decir, reproducen fielmente los colores.

Proporcionan generalmente por cada watt consumido de 75 a 90 lumens de luz blanca. Requieren un reactor especial y tienen una vida más corta que las de mercurio.

Su forma es compacta y se utilizan principalmente en campos de deporte, estacionamientos y zonas o centros de aglomeración urbana.

#### II.2.2.4 Lámparas de Luz Mezcla o Luz Mixta.

Consiste en una ampolla rellena de gas, revestida con una capa de fósforo y contiene dentro, el tubo de descarga de mercurio conectado en serie con un filamento de tungsteno.

Esta lámpara, mediante la capa de fósforo, convierte la radiación ultravioleta del tubo de descarga en otra visible. Además, la radiación visible del tubo de descarga y la luz cálida del filamento incandescente son agregadas a la proporcionada por la conversión realizada por la capa de fósforo. Estas dos radiaciones producen una luz blanca y difusa, con un aspecto cromático agradable.

Este tipo de lámpara es también llamada lámpara de mercurio con reactancia incorporada. Esta lámpara de descarga no necesita balastro, porque el filamento que posee actúa como él, estabilizando la corriente de la lámpara. Por lo tanto, pueden conectarse en las instalaciones para lámparas incandescentes, ofreciendo el doble de lumen/watt y una vida útil seis veces mayor.

Se utilizan en alumbrado residencial, industrial, interiores, exteriores, etc. Su vida útil es de aproximadamente 16,000 horas.

## II. 2.2.5. Lámparas de Vapor de Sodio.

En este tipo de lámparas la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica, a través de vapor de sodio.

Existen dos clases de estas lámparas: la de alta presión y la lámpara de baja presión. Ambas utilizan un tubo de descarga rodeado por una ampolla.

### a) Vapor de Sodio de Alta Presión.

En las de vapor de sodio a alta presión, al tubo de descarga se le agrega xenón para facilitar el encendido. Cuando la lámpara funciona con una presión entre 13 y 26 KN/m<sup>2</sup> en el interior del tubo queda remanente de sodio resultando así un vapor de sodio saturado, que sirve para compensar la absorción de las superficies interiores. La temperatura de funcionamiento es de 700°C y el tubo de descarga, de óxido de aluminio sintetizado o aluminio policristalino, está alojado en el interior de un bulbo o ampolla protectora de vidrio duro, en la que se ha hecho el vacío.

Su eficacia luminosa es de 130 lumer/watt aproximadamente. Tiene una vida útil de hasta 24,000 horas.

Su principal uso es en el alumbrado público y en el industrial con altura de montaje elevada. Tienen un rendimiento en color aceptable, con un tono de luz blanco dorado. El modelo más usual es el de la figura 7.

b) Lámpara de Sodio de Baja Presión.

En este tipo de lámparas la luz es producida de la misma manera que en todas las lámparas de descarga eléctrica.

Su tubo de descarga contiene sodio que se evapora a unos  $98^{\circ}\text{C}$  con una presión de pocos  $\text{N/m}^2$ . El gas para el encendido es neón con pequeñas adiciones de argón, xenón o helio. El tubo de descarga está revestido con óxido de indio. Ver fig. 8.

La luz producida por esta lámpara es casi monocromática. Consiste de una doble línea en la región amarilla del espectro con 589 y 589.6 nanómetros.

Es la lámpara de más eficacia lumínica conocida, 183 lumen/watt, y se usa en lugares donde no importa la reproducción correcta de los colores, pero si la percepción de contrastes; - tiene una distribución más suave y llana de luz que se distingue más a lo lejos.

Se utiliza en autopistas, cruces, enlaces, túneles, puentes, zonas de clasificación en ferrocarriles, en alumbrados públicos y en alumbrados de seguridad en interiores de tiendas, durante la noche.

Este tipo de lámparas pueden reencender inmediatamente después de una interrupción eléctrica, aunque su total luminosidad se alcanza a los 7 o 15 minutos después del encendido.

## II. 2.2.6. Lámparas de Arco Corto.

Las lámparas de descarga en gas a alta presión y que tienen una longitud de arco pequeña comparada con el tamaño de los electrodos, son llamadas lámparas de arco corto o lámparas de arco compacto. El arco puede tener una longitud de  $1/3$  de milímetro, hasta cerca de 1 centímetro, dependiendo del uso, son utilizadas donde se desea una fuente de luz puntual y altamente brillante.

Este tipo de lámparas se construyen con un bulbo de cuarzo claro fundido, con forma esférica o elíptica, con dos portadores de corriente diametralmente opuestos y sellados.

Existen las de arco corto de mercurio, mercurio-xenón y xenón para reflectores. Necesitan un dispositivo especial para encender y limitar la corriente de operación, se necesita una balastro para las que operan con corriente alterna, y un sistema especial, que provea de pulsos, a las que operan en corriente directa. Se emplean en equipos de proyección, simulación de luz solar y otras.

## II. 2.3. Otras Lámparas.

Existen otros tipos de lámparas para usos especiales como las lámparas de radiaciones ultravioleta e infrarrojas, que considerando, que tienen aplicaciones muy específicas no las mencionaremos con detalle como las fuentes anteriores. Sin embargo, mencionaremos las siguientes:

### I. ULTRAVIOLETA.

- a) Lámparas actínicas (mercurio baja presión).- Se emplea en procesos fotoquímicos y para el endurecimiento de lacas.
- b) Lámparas de luz negra (fluorescentes, mixtas, etc).- Se usan en análisis y detección en industrias textiles, criminología, decoración, etc.
- c) Lámparas solares (luz mixta).- Para efectos de eritema.
- d) Lámparas germicidas (vapor de mercurio baja presión).- Germicida, eliminan organismos que se encuentran en el aire.
- e) Lámparas de ozono (vapor de mercurio).- Para producir ozono con una ampolla que transmite la radiación a 185 nm.

### II. INFRARROJAS.

Utilizan el principio de las incandescentes y tienen aplicaciones industriales, agropecuarias, el hogar, y para fines terapéuticos. En general se usan para radiar calor en una dirección deseada.

Existen otros tipos de lámparas especiales que no mencionaremos por no ser parte del objetivo del tema.

En un centro de servicio de acero, las actividades a desarrollar son del tipo industriales, es decir, no existen labores en las cuales sea necesario emplear lámparas del tipo experimentales u otras semejantes, tales como las de arco corto, infrarrojas, ultravioletas, etc.

Haciendo un resumen de las lámparas que se describieron en este capítulo obtenemos las tablas dadas a continuación. (Tablas No.2 y 3)

Lámpara	Lumens por Watt	Nivel de Vida (hrs)	Encendido Tipo	Reencendido Tipo	Fidelidad de Color	Control de Flujo Luminoso	Brillo	Altura de Montaje m.
Incandescente	15	2,000	Instantáneo	Instantáneo	Buena	Bueno	Muy Alto	2-6
Yodo Cuarzo	22	2,000	Instantáneo	Instantáneo	La Mejor	Bueno	Muy Alto	Varía
Fluorescente	62	12,000	Tarda pocos segundos	Tarda pocos segundos	Regular	Regular	Bajo	4-5'
Vapor de Mercurio	60	24,000	Tarda pocos segundos	Tarda pocos segundos	Regular	Bueno	Regular	4-15
Haluros Metálicos	80	7,500	Tarda pocos segundos	Tarda pocos segundos	Regular	Bueno	Regular	4-20
Luz Mixta	25	12,000	Casi Instantáneo	Casi Instantáneo	Regular	Bueno	Regular	2-8
Vapor de Sodio Alta Presión	110	24,000	Tarda pocos segundos	Tarda pocos segundos	Regular	Regular	Regular	8-20
Vapor de Sodio Baja Presión	150	20,000	Tarda pocos minutos	Tarda pocos minutos	La más Baja	Bajo	Bajo	8-20

**Tabla No. 2**

NOTA: Los valores de lumens por watt y nivel de vida se toman como un promedio de los proporcionados por los fabricantes, asimismo en las cantidades de lumens por watt está considerado el consumo de energía del balastro (Para las lámparas de descarga en gas).



Tabla No. 3

Lámpara	Dimensiones	Costo de Adquisición	Costo de Operación	Costo de Mantenimiento	Aplicaciones
Incandescente	pequeña	Bajo	Muy Alto	Regular	Generales
Yodo Cuarzo	Pequeña	Regular	Alto	Regular	Fotografía, Cine, etc.
Fluorescente	Grande	Regular	Regular	Regular	Comercial, Industrial, Oficinas.
Vapor de Mercurio	Pequeña	Regular	Regular	Bajo	Industrial, Alumbrado Público.
Haluros Metálicos	Pequeña	Regular	Bajo	Bajo	Campos Deportivos Estacionamientos.
Luz Mixta	Pequeña	Regular	Regular	Regular	Alumbrado General
Vapor Sodio Alta Presión	Regular	Alto	Bajo	Regular	Industrial, Alumbrado Público.
Vapor de Sodio Baja Presión	Regular	Alto	Muy Bajo	Regular	Alumbrado Público, de Seguridad, etc.

## CAPITULO TERCERO

## LA ILUMINACION Y LA INGENIERIA INDUSTRIAL.

El trabajo de una persona se puede clasificar de acuerdo con tres funciones:

- a) Obtención de la información.
- b) Toma de decisiones basadas en la información.
- c) La acción basada en las mismas.

Si se tiene o se otorga atención a la primera, se reeditarán en beneficios para la segunda y tercera función.

En general el medio ambiente físico, las áreas de trabajo, las condiciones atmosféricas, la iluminación, el ruido y otras variables afectan el rendimiento del trabajo del hombre. Es comprobable que las buenas condiciones de trabajo, aumentan la motivación (teniendo en cuenta que la motivación es interior, es decir, es un factor psicológico), disminuyendo la resistencia del hombre al esfuerzo.

Las condiciones adversas logran que el rendimiento en una persona sea bajo, lo cual reeditarán en una mala salud del trabajador y en el aspecto económico para la industria.

La buena iluminación industrial contribuye a satisfacer las necesidades humanas, porque ayuda a acrecentar la seguridad, limpieza, orden, control; facilita la visión y sirve para crear o

influir sobre una respuesta emocional.

Históricamente, las necesidades físicas en la industria han tenido un gran énfasis: diseñar sistemas de iluminación para su ministrar suficiente iluminación en el plano de trabajo con segur idad humana en la realización de la labor con un mínimo esfuerzo visual. En los años recientes se ha dado gran importancia en la seguridad y en la creación de lugares de trabajo atractivos. El uso inteligente de la luz puede mejorar o ayudar a mejorar el medio ambiente del campo visual -frecuentemente con poco o ningún costo adicional-, que en si mismo contribuye a la seguridad y a una percepción de un ambiente agradable.

La iluminación industrial, diseñada, operada y mantenida - apropiadamente, llega a ser una "Herramienta de Producción": un instrumento económico para la conservación humana y la energía eléctrica.

Si el ambiente de trabajo es agradable, la gente realiza sus labores con más gusto. Es por esto que en un proyecto de alumbrado se debe tener en cuenta que es necesaria una iluminación agradable, algunas ocasiones se pueden coordinar las combi naciones de colores, modelos de luz y el entramado o arreglos de mobiliarios con la selección de las fuentes de luz y las lumi narias.

La cantidad de luz y la calidad de la misma afectan al rendimiento del trabajo. Las tareas que dependen de la agudeza vi-

sual son imposibles cuando no existe suficiente luz y no puede mantenerse el paso esperado de la mano de obra.

Generalmente los trabajadores prefieren la luz solar a la artificial, aunque existan muchas desventajas prácticas al emplearla, tales como el control de la misma, bajar niveles cuando está muy nublado, etc.

Algunas fuentes de luz provocan sensaciones de severidad y frío (las de color azul), otras una sensación de calor (las ámbar), etc. Sin embargo, para evitar esto se pueden combinar la luz solar y la artificial, por medio de ventanas con pantallas transparentes o traslúcidas para filtrar e igualar la distribución de la luz natural y provocar sensación agradable.

El efecto más dañino de la iluminación mal diseñada es el resplandor ya sea directo o reflejado, pues causa incomodidad y puede afectar el rendimiento visual de una persona, pero se puede limitar con varias modalidades entre las cuales está el emplear luminarios adecuados y evitar los acabados brillantes en las superficies del plano de trabajo.

Los niveles de iluminación que generalmente recomiendan los manuales de ingeniería industrial son los que se dan en la siguiente tabla (Tabla No. 4)

Tabla No. 4

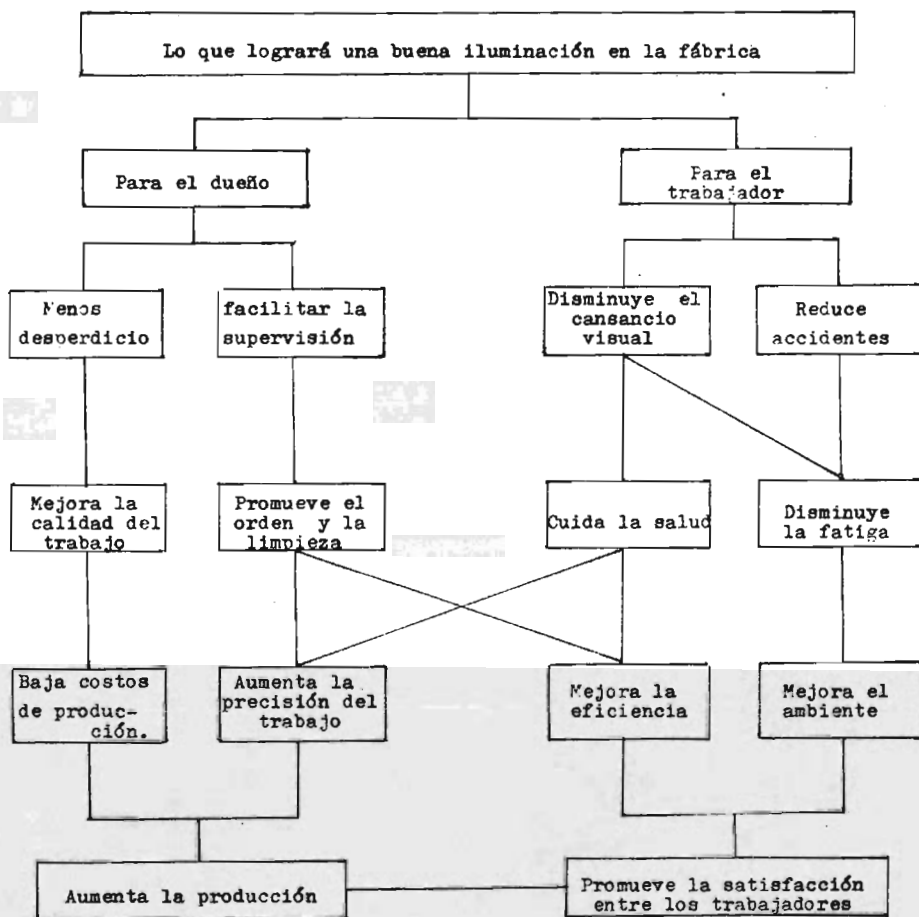
Condiciones del trabajo	Lux	Tareas o lugares específicos
Trabajo muy preciso, en que se necesita una exactitud máxima.	10,000	Mesa de operaciones para cirugía, trabajo muy fino de ensamble.
	5,000	Inspecciones muy difíciles.
	3,000	Trabajo fino de ensamble.
Tareas de precisión que implican detalles pequeños durante períodos prolongados.	2,000	Trabajo difícil de acabado e inspección, dibujo detallado, trabajo médico-dental, maquinado fino.
	1,500	Dibujo no detallado, operaciones de máquinas comerciales.
	1,000	Trabajo mediano de banco y máquinas, clasificación de correspondencia, archivo.
Tareas prolongadas en las que no es esencial la velocidad.	700	Estudio, costura, lectura de escritura clara o escritura en un pizarrón, mecanografía.
	500	Bosquejos, envoltura y etiquetado, pulido de cristales.
Tareas normales.	300	Taladrado, riveteado, limado, pintura de casetas y baños.
Tareas visuales ocasionales que no sean prolongadas.	200	Maquinado, escaleras y corredores.
	100	Embarque y recepción, auditorios.
Tareas visuales sencillas con un contraste bajo.	50	Almacén o bodega, vestíbulo de teatro durante el intermedio.

En general las ventajas que se tienen con una buena iluminación se pueden resumir en las siguientes:

- a) Mayor exactitud y calidad del trabajo.
- b) Una mejor calidad del producto.
- c) Mayor producción. Ver diagrama siguiente.
- d) Menos rechazo del producto.
- e) Menos costo de producción.
- f) El ojo es capaz de ver en forma más rápida y con mayor detalle.
- g) Los medidores o instrumentos se leen con mayor precisión.
- h) Mayor velocidad al realizar el trabajo.
- i) Los empleados de mayor edad, aunque sean física y mentalmente competentes, pueden tener defectos en la vista y necesitar más luz y/o anteojos correctores.
- j) El área de trabajo puede limpiarse con mayor facilidad.
- k) Mejores faenas de mantenimiento.
- l) El área parecerá más limpia y en mejores condiciones sanitarias.
- m) Mejor utilización del espacio disponible. Más eficiente disposición de las líneas de producción y la maquinaria.

- n) Mejor moral en los empleados.
- o) Menos trabajos regresados.
- p) Ayuda psicológica para aumentar la producción.
- q) Menos descuido.
- r) Mayor seguridad y menos accidentes.

Diagrama de las ventajas con una buena iluminación.





## C A P I T U L O   C U A R T O

## NORMAS Y REGLAMENTOS APLICABLES

Todo proyecto eléctrico mecánico, civil, etc., debe cubrir las especificaciones que marcan las leyes, así pues, existen normas de diverso tipo, para cada uso específico.

En México, la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN) a través de la Dirección General de Normas (DGN), es a quien corresponde la edición y vigilancia del cumplimiento de las normas establecidas.

Existen normas aplicables a los siguientes puntos:

- 1.- Niveles de Iluminación.
- 2.- Procedimientos de Cálculo.
- 3.- Manufactura de Lámparas.
- 4.- Manufactura de Luminarios.
- 5.- Procedimientos de Medición.
- 6.- Instalación de Equipo.
- 7.- Mantenimiento.

La Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A.C. (SMII) recomienda los niveles de iluminación adecuados a cada lugar y para cada tipo de trabajo.

El Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (CCONNIE) establece los parámetros e indicaciones

que se deben tomar en cuenta en la manufactura de lámparas de diverso tipo, luminarios, balastros, etc.

Las normas CCONNIE establecen e indican no sólo especificaciones para la manufactura de lámparas, sino también para balastros y luminarios, establecen abreviaturas y símbolos usados en planos y equipo eléctrico, métodos de medición, pruebas, etc.

Así tenemos que por ejemplo, la norma CCONNIE 16.5.1 de luminarios de uso general para interiores establece fundamentalmente las especificaciones mínimas de los luminarios desde el punto de vista de seguridad, para evitar daños a personas y a los lugares de instalación de los mismos, así como las especificaciones generales relacionadas a la construcción y calidad de los mismos.

Esta norma cubre alumbrado institucional, comercial, industrial y residencial, no cubriendo los luminarios a instalarse en los barcos, aviones, vehículos en general, subacuáticos, luminarios de lugares peligrosos y luminarios para aplicaciones especiales.

Se establecen en esta norma las características mecánicas, eléctricas, térmicas y los métodos de prueba

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN) a través de la Dirección General de Normas (DGN), establecen requisitos

en lo relativo a la construcción de luminarios, tales como especificaciones para pantallas y cubiertas combustibles, identificación de luminarios y espacio para alambrado.

Establecen entre otras cosas, para efectos de cálculo la carga mínima para cada salida de alumbrado, y los factores de demanda para diferentes locales.

Fijan normas que se deben acatar en toda instalación eléctrica, establecen requisitos de carácter general para conductores, canalizaciones y materiales accesorios.

Establecen requisitos a la localización de luminarios, cajas de salida para luminarios y cubiertas ornamentales, soportes para luminarios, alambrado de luminarios. Dictan disposiciones especiales para luminarios embutidos al ras de paredes y techos.

Para las instalaciones de emergencia para alumbrado, la DGN establece en estas normas las especificaciones para fuentes de alimentación, circuitos, control, protección contra sobrecorrientes, pruebas y mantenimiento de estos sistemas de emergencia.

La Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Los niveles de iluminación recomendados deben cumplir, también, con lo establecido por el gobierno, ya que la Ley Federal del Trabajo establece que las industrias deben cumplir con las disposiciones de seguridad e higiene que fijen las leyes y reglamentos

para prevenir enfermedades y accidentes en los centros o lugares en que se efectuen las labores.

Complementando lo anterior el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social establece que:

- a) Los centros de trabajo deberán tener iluminación suficiente y adecuada, que no produzca deslumbramientos o incomodidades para los trabajadores.
- b) En los lugares de trabajo en los que la interrupción de la iluminación artificial represente peligro para los trabajadores, se instalarán sistemas de iluminación eléctrica de emergencia.
- c) La iluminación de los accesos, escaleras, lugares destinados al tránsito o a servicios de los trabajadores y los que se utilicen para almacenes, deberán tener una intensidad mínima de 100 luxes, medidas a un plano horizontal sobre el piso a una altura de setenta y cinco centímetros.
- d) La iluminación de los planos de trabajo deberá tener la intensidad que se señala a continuación:
  - 1.- Para trabajos en los que no sea preciso apreciar detalles de 100 a 200 luxes.
  - 2.- Para trabajos en los que sea preciso apreciar detalles toscos o burdos de 200 a 300 luxes.

- 3.- Para trabajos en los que sea preciso apreciar detalles medianos, de 300 a 400 luxes.
- 4.- Para trabajos en los que sea indispensable apreciar detalles muy finos, de 500 a 1000 luxes.

## C A P I T U L O   Q U I N T O

### DESCRIPCION DE UN LUMINARIO Y CLASIFICACIONES

#### V.1. Descripción y Partes Principales.

Es bien sabido que la mayoría de las lámparas desnudas provocan deslumbramiento, que es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión y fatiga visual.

La protección de las lámparas ayuda a evitar el deslumbramiento y las protege contra agentes externos. Esta protección se hace mediante luminarios, también llamadas luminarias.

De acuerdo con las normas CCONNIE un luminario es un dispositivo o aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de abastecimiento.

La armadura es la estructura metálica o de algún otro material en la cual se arma el conjunto de piezas que componen un luminario. A la armadura también se le conoce como carcasa.

La canopía es la parte del luminario que sirve para sostenerlo o suspenderlo, sirve para ocultar la caja de conexiones y consta de los accesorios necesarios para llevar a cabo esta sujeción.

El difusor es el dispositivo que se usa para modificar la distribución especial de flujo luminoso de la fuente por medio del fenómeno de difusión.

La pantalla es el dispositivo de vidrio, plástico, o cualquier otro material opaco o traslúcido, destinado a evitar que se vea directamente la lámpara a determinados ángulos y/o controlar la luz.

El reflector es la parte que se usa para modificar la distribución especial del flujo luminoso de una fuente por medio del fenómeno de reflexión. También se emplea el término "reflector" para un luminario cuya función principal sea la de reflejar la luz de una lámpara.

El refractor es el dispositivo que se usa para modificar la distribución especial del flujo luminoso de una fuente por medio del fenómeno de refracción.

Los dispersores de calor son elementos que forman parte integral de la armadura cuya función es la de facilitar la disipación del calor.

Las partes mencionadas anteriormente son las principales en un luminario, pudiendo tener menos partes, o más, según sea el caso.

Complementando lo anterior, todo luminario debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Servir de soporte y de conexión eléctrica para las lámparas en su interior.
- b) Controlar y distribuir la luz emitida por las lámparas
- c) Mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites establecidos.
- d) Ser de fácil instalación y mantenimiento.
- e) Tener un aspecto agradable.
- f) Resultar económica.

Como puede apreciarse, la función primordial de una luminaria es el control de la luz, pues es más difícil conseguir calidad en la luz que cantidad de la misma. Los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son muchos, pero las relaciones de brillo, deslumbramiento, difusión y el color pueden considerarse como los más importantes.

El control de la luz, en este caso no considerado como encendido y apagado de la fuente, es la técnica para remodelar, la distribución de la luz propia de una fuente y producir una iluminación de más calidad, es decir, más útil sobre las superficies de trabajo y reducir el deslumbramiento directo y reflejado hacia los ojos. El control de la luz puede diseñarse y construirse dentro de la fuente, pero solo parcialmente, y económicamente no es costeable, pues cuando la lámpara llegara a su fin de vida útil como fuente de luz, también se tendría que cambiar el luminario integrado, sin embargo, estando separados,



el luminario puede ser permanente mediante un mantenimiento periódico.

Una fuente de luz generalmente emite luz en todas direcciones, la parte de luz que va hacia arriba puede ser dirigida hacia abajo por acción de la reflexión.

Al chocar un rayo de luz en una superficie plana, parte de su luz rebotará con una dirección que depende del ángulo de incidencia como se muestra en la fig. 9.

Generalmente no se usan reflectores planos, sino con superficies curvas de diferentes formas, la luz puede rebotar de muchas maneras, pero siempre sigue una sencilla regla: el ángulo de incidencia (llegada) es igual al ángulo de reflexión (salida).

En la práctica, todas las superficies presentan los dos tipos de reflexión, pero el reflector más eficiente no es de ninguno de los tipos mencionados, sino un medio óptico: el prisma reflector. En este tipo de reflector el rayo de luz entra por una cara y sale por la otra con una insignificante pérdida de intensidad. Fig. 10.

Un reflector bien diseñado redirige los rayos de luz de una lámpara hacia abajo en una forma útil, pero para un mejor control de la luz es necesario manejar los rayos luminosos que no son interceptados por el reflector, por medio de una pantalla refractora colocada debajo de la lámpara y el reflector,

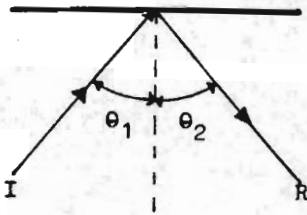


Fig.9. Reflexión especular.

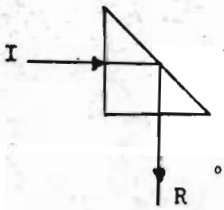


Fig.10a. Reflexión simple.

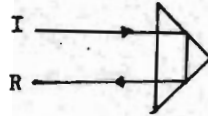


Fig.10b. Reflexión total interna.

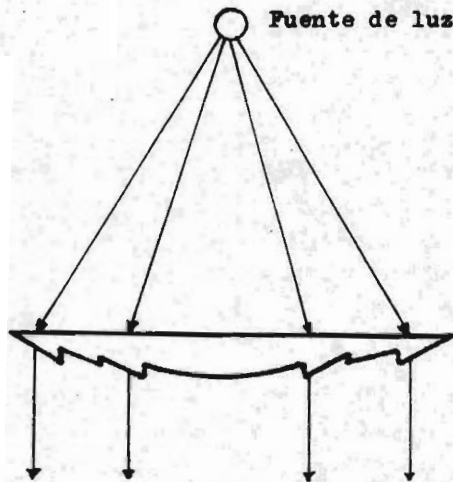


Fig. 11. Control de la luz hacia abajo por la acción de la pantalla refractora.

complementando así la acción del reflector, impidiendo también una visión directa de la propia fuente de luz. Otras funciones o propósitos de la pantalla refractora son la distribución o igualación de la brillantez sobre la superficie de la pantalla y creando una gran variedad de distribuciones fotométricas para satisfacer requerimientos de visión. Fig. 11.

## V.2. Clasificación de los luminarios.

Los luminarios o luminarias se clasifican de diversas formas, conforme al lugar, país o asociación, o bien de acuerdo con su distribución luminosa, uso, condiciones de trabajo, etc.

La clasificación más general se basa en la distribución de la luz encima o debajo de una horizontal, es decir, clasificación con arreglo a la distribución vertical de la luz, y es en la forma siguiente:

- a) Directa.- Entre el 90 y 100% de la luz se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal.
- b) Semidirecta.- Del 60 al 90% de luz es dirigida hacia abajo y del 10 al 40% por encima de la horizontal.
- c) General Difusa.- En este caso, del 40 al 60% de luz se dirige hacia abajo con respecto a una horizontal. También se le conoce como directa-indirecta.
- d) Semi-Indirecta.- Del 10 al 40% de luz está dirigida hacia abajo y del 60 al 90% de luz se dirige hacia arriba en ángu-

los respecto a la horizontal.

- e) Indirecta.- El 90% de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, por encima de la horizontal.

Esta clasificación, dada por la CIE (International Commission on Illumination), se resume en la siguiente tabla. (No. 5)

CLASE DE LUMINARIA	% DISTRIBUCION DEL FLUJO RESPECTO A LA HORIZONTAL	
	COMPONENTE HACIA ARRIBA	HACIA ABAJO
Directa	0 - 10	90 - 100
Semidirecta	10 - 40	60 - 90
General Difusa	40 - 60	40 - 60
Directa Semidirecta	40 - 60	40 - 60
Semi-indirecta	60 - 90	10 - 40
Indirecta	90 - 100	0 - 10

Los otros métodos para clasificar las luminarias son los siguientes:

1.- Por la distribución de la componente directa.- Esa forma de clasificación se usa en EEUU y es para iluminación industrial. Esta clasificación es según la distribución lumínica de su componente directa y en función de la relación espacio permisible/altura de instalación y es de la siguiente forma:

- a) Muy concentradora.- Con una relación espacio/altura de hasta 0.5 .

- b) Concentradora.- Relación espacio/altura de 0.5 a 0.5 .
- c) Dispersión Media.- Con relación espacio/altura de 0.7 a 1.0
- d) Dispersión Normal.- Relación espacio/altura de 1.0 a 1.5 .
- e) Gran Dispersión.- Por encima de 1.5 su relación espacio/altura.

La relación espacio/altura de montaje, que se tratará más ampliamente en el Capítulo VI, es la relación de espaciamiento entre luminarios y entre la altura de montaje, para lograr una uniformidad de nivel luminoso en el área o zona a iluminar. Esta relación espacio/altura de montaje se fija de acuerdo con la curva de distribución luminosa propia de cada luminario la cual depende de varios factores, entre ellos la forma del reflector, acabado del mismo, posición de la fuente respecto al difusor y al reflector, etc.

2.- La IES (Illuminating Engineering Society) Británica clasifica las luminarias en 10 grupos, basándose en su distribución de intensidad luminosa debajo del plano horizontal. Cada distribución se define por su fórmula correspondiente, como se muestra a continuación:

CLASE DE LUMINARIA	DISTRIBUCION
BZ1	$I \propto \cos^4 \theta$
BZ2	$I \propto \cos^3 \theta$
BZ3	$I \propto \cos^2 \theta$

CLASE DE LUMINARIA	DISTRIBUCION
B Z 4	$I \propto \cos^{1.5} \theta$
B Z 5	$I \propto \cos \theta$
B Z 6	$I \propto (1+2 \cos \theta)$
B Z 7	$I \propto (2+ \cos \theta)$
B Z 8	I CONSTANT.
B Z 9	$I \propto (1+\sin \theta)$
B Z 10	$I \propto \sin \theta$

Donde I= Intensidad Luminosa (Potencia en Candelas)


$\alpha$  = Absorptancia=  $d\phi_a/d\phi_o$





$\phi_a$ = Flujo Absorbido

$\phi_o$ = Flujo Incidente

$\theta$ = Angulo entre la línea de la visión y la normal a la superficie en consideración.

3.- Por las Condiciones de Trabajo.- La IEC (International Electrotechnical Commission), las clasifica según el grado de protección que ofrecen las luminarias contra la penetración de la humedad y el polvo.

CLASE DE LUMINARIA	SIMBOLO	DESCRIPCIONES
0		Sin protección contra el agua.
2	 Antigoteo	Protección contra gotas de líquido. Las gotas no perjudicarán cuando la

CLASE DE LUMINARIA	SIMBOLO	DESCRIPCIONES
3	 Antilluvia	<p>luminaria se balancee hasta un ángulo de <math>15^{\circ}</math> con la vertical.</p> <p>Protección antilluvia. No afectará la lluvia caída con un ángulo de hasta <math>60^{\circ}</math> con la vertical.</p>
4	 Antisalpicadura	<p>Protección contra salpicaduras. El líquido salpicado desde cualquier dirección no afectará.</p>
5	 Antichorro	<p>Protección contra chorro de agua proyectada por una manguera desde cualquier dirección, en condiciones establecidas no será nociva.</p>
6	 Antiinmersión.	<p>Protección contra inmersión. El agua no entrará en la luminaria en condiciones establecidas de presión y tiempo.</p>

4.- Por Protección Eléctrica.- La CEE (International Commission on Rules for the Approval of Electrical Equipment) las clasifica de acuerdo con la protección que ofrezcan contra derivaciones eléctricas de la siguiente manera:

- a) Clase 0.- Luminaria con aislamiento normal, pero sin toma de tierra ni de aislamiento de conjunto doble o reforzado.
- b) Clase I.- Tienen por lo menos un aislamiento normal y toma de tierra.

- c) Clase II.- Con doble aislamiento o aislamiento reforzado sin toma de tierra.
- d) Clase III.- Con diseño especial para conexión de circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a tensiones distintas a la mencionada.

Las luminarias también las clasifican usando la terminología Cut-off (CO), Semi-cut-off (SCO) y Non-cut-off (NCO). Estos términos se definen por métodos distintos: La CIE los define así:

CLASE	DIRECCION DE INTENSIDAD MAXIMA	VALOR MAXIMO PERMISIBLE DE INTENSIDAD LUMINOSA EMITIDA EN EL ANGULO DE:	
		90°	80°
		Cut-off	0 - 65°
Semi-cut-off	0 - 75°	50cd/1000 lm	100cd/1000 lm
Non-cut-off	—————	1000cd-valor absoluto	

La clasificación de la IES de USA de luminarias para el alumbrado público es la siguiente:

CLASE	VALOR MAXIMO ADMISIBLE DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EMITIDA EN:	
	90°	80°
Cut-off	25cd/1000 lm	100cd/1000 lm
Semi-cut-off	50cd/1000 lm	20cd/1000 lm
Non-cut-off	—————	—————



Las luminarias pueden clasificarse también de otras muchas formas, como por su comportamiento y protecciones ópticos. Algunas veces se clasifican por el tipo de fuente que alojan, por ejemplo, fluorescente o incandescente. También por el uso para el cual fue diseñada y construída tales como industrial o exposición comercial, inclusive el método empleado en la instalación es otro factor que define una luminaria (colgante, de brazo, etc.).

Como un ejemplo de clasificación de luminarias por el uso para el cual fueron diseñadas, tenemos las siguientes:

Comerciales.- Equipadas con lámpara fluorescente en su mayor parte. También se usan los reflectores de espejo, para con centrar la luz. Se utilizan paneles refractores, paneles difusores.

Industriales.- Equipadas con lámparas fluorescentes en lugares donde la altura de instalación es de aproximadamente 6 m. Existen tipos de luminarias para naves altas, para lugares pe ligrosos, para sitios con temperaturas elevadas, para lugares car gados de humedad y polvo.

Luminarias para Iluminación de Vías Públicas.- Equipadas con fuentes de luz de varios tipos, en áreas residenciales se usan diferentes tipos de luminarias a las usadas en carreteras o autopistas de intenso tráfico. Generalmente todas las lámparas usadas en vías públicas están incorporadas a un sistema óp-

tico que contiene un reflector de espejo, para dirigir el flujo en la dirección deseada. El portalámparas, el balastro y el condensador suelen formar un paquete dentro de la carcasa o armadura.

Luminarias para Iluminación de Grandes Superficies o Iluminación por Proyección.- Estas luminarias son proyectores con lámparas de diverso tipo, pueden ser portalámparas a prueba de lluvia, con vidrio frontal.

Luminarias para Iluminación Concentrada e Iluminación hacia el suelo.- Son pequeñas luminarias que pueden estar integradas a la lámpara, es decir, lámparas con espejo interior, para las de iluminación concentrada. Cuando se quiere dirigir la iluminación hacia el suelo, se emplean diferentes tipos de lámparas, reflectores, lentes, diafragmas y diferentes rejillas de diferentes configuraciones, también se puede orientar su luz hacia las paredes o superficies verticales.

La elección del tipo más ideal para una aplicación, depende de las características físicas del lugar, del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se quieren conseguir.

## C A P I T U L O   S E X T O

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE LUMINARIOS Y  
METODOS DE CALCULO

## VI.1. Selección de Luminarios.

Suando se trata de selección de los luminarios, fuentes de luz y del equipo en general, deben tomarse en cuenta aspectos como los siguientes: necesidades, diseño arquitectónico, actividades y economía en instalación y operación.

Para la selección de las fuentes de luz, deben analizarse sus características funcionales, sus factores económicos, es decir, sus ventajas y desventajas.

Así tenemos, por ejemplo, que las lámparas fluorescentes tienen una superficie más extensa y es ventajosa desde el punto de vista de bajo brillo y mínimo deslumbramiento; las incandescentes despiden más calor; las lámparas de sodio a baja presión producen una luz monocromática, etc.

Las luminarias deben seleccionarse, principalmente por sus características de distribución adecuadas a las necesidades existentes, teniendo en cuenta que cualquier control aplicado a la emisión luminosa de una lámpara desnuda se traduce en absorción de luz.

La apariencia externa de una luminaria es importante, pues

debe existir armonía en el aspecto físico del lugar a instalar y el de la luminaria.

Es necesario analizar las características generales del equipo para hacer una selección apropiada. Actualmente los fabricantes hacen las recomendaciones en la selección del equipo, proporcionando además, datos propios de cada elemento.

Un resumen de datos a considerar en un análisis para seleccionar luminarios es el siguiente:

- a) Tipo de fuente de luz.- Considerar lúmenes por watt, medida de lámparas, calidad de color, vida de la lámpara y costo de reemplazo.
- b) Distribución fotométrica.- El tipo de luminario seleccionado debe cumplir con la distribución fotométrica deseada. Así como con el control de brillantez, eficiencia y debe guardar proporción con el sistema.
- c) Lúmenes iniciales y mantenidos requeridos.- Es necesario considerar los factores de pérdida y densidad de iluminación deseada.
- d) Calidad de materiales.- Las superficies reflectoras deberán sostener su capacidad de reflexión, el medio difusor deberá ser durable, altamente traslúcido, con la rigidez necesaria y limpia apariencia, el gabinete metálico construido con el calibre necesario para que resista deformaciones debido a esfuerzos propios del peso

del mismo.

- e) Lugar donde se van a emplear.- Es necesario determinar el tipo de área o lugar donde van a utilizarse y por lo tanto donde van a montarse, es decir, saber si es área sucia, limpia, intemperie, etc., para así determinar el tipo de luminario, a prueba de polvo, a prueba de agua, etc.
- f) Facilidad de mantenimiento.- Deben proporcionar la mayor facilidad de limpieza y disponibilidad de remoción de paneles, lámparas, balastras, etc., es posible obtenerla y hay que exigirla.
- g) Apariencia.- Los luminarios deberán armonizar en lo estético, con la arquitectura del local y la decoración, guardando la mejor proporción con las líneas más sencillas.
- h) Características eléctricas.- Deben considerarse las características eléctricas, tales como voltajes, frecuencias, etc.
- i) Costo.- El costo de las unidades no debe pasarse por alto, haciendo un análisis de la rentabilidad del equipo a utilizar.

La forma de preparar un análisis de rentabilidad se hace tomando en cuenta los siguientes factores básicos entre dos sistemas:

- 1.- Descripción del Sistema de Alumbrado.
- 2.- Datos básicos (vida de la lámpara, etc.,)
- 3.- Costo inicial.
- 4.- Cargas anuales fijas.
- 5.- Costo anual de conservación.
- 6.- Costo total y fijo.

Para mayores detalles ver la tabla siguiente: (Tabla No.6)

Tabla No. 6

## ANALISIS DE RENTABILIDAD

FACTORES BASICOS	SISTEMAS	
	a	b
1.- Tipo de lámpara (filamento, mercurio, fluorescente, de precalentamiento "slimline", etc.)		
2.- Descripción de la lámpara		
3.- Tipo de luminaria		
4.- Número de lámparas por luminaria		
5.- Emisión luminosa inicial (lumens) por luminaria		
6.- Vida de la lámpara		
7.- Potencia absorbida, incluido el equipo auxiliar por luminaria		
8.- Coeficiente de utilización		
9.- Factor de mantenimiento		
10.- Número de luminarias		
11.- Nivel luminoso medio mantenido (lux)		
12.- Costo de energía		
13.- Horas de servicio anual estimadas		
14.- Costo neto de cada una de las luminarias		
15.- Costo neto adicional de los accesorios de cada luminaria		
16.- Costo estimado de los conductores e instalación de cada luminaria		
17.- Costo inicial neto de cada lámpara		
18.- Costo inicial neto de las lámparas por luminaria (4x17)		
19.- Costo inicial total por luminaria (14+15+16+18)		
20.- Costo inicial total (10x19)		

Tabla No. 6 (Continuación)

## ANALISIS DE RENTABILIDAD

FACTORES BASICOS	SISTEMAS	
	a	b
21.- Costo inicial de las luminarias sin lámparas (14+15+16)		
22.- Costo inicial total sin lámparas (10x21)		
23.- Cargas anuales finas (%.... del 22)		
24.- Número de lámparas repuestas por año (4x10x13÷6)		
25.- Costo anual de la reposición de las lámparas (17x24)		
26.- Costo anual de reemplazamiento de accesorios		
27.- Costo total anual de reposición de materiales (25+26)		
28.- Mano de obra estimada de reposición de una lámpara		
29.- Mano de obra total de reposición de lámparas (24x28)		
30.- Costo estimado de la limpieza de una luminaria		
31.- Número de limpiezas anuales		
32.- Costo anual de la limpieza (10x30x31)		
33.- Costo anual total del trabajo de mantenimiento (29+32)		
34.- Costo total anual de mantenimiento		
35.- Costo anual de la energía eléctrica (7x10x12x13:1000)		
36.- Costo total anual de la conservación (34+35)		
37.- Costo total anual (23+26)		
38.- Costo relativo anual		
39.- Costo anual por lux (37:11)		
40.- Costo anual relativo por lux		



ENEP ARAGON



## VI.2. Métodos de Cálculo.\*

Existen varios métodos para calcular el número de lámparas que proporcionarán el nivel de iluminación deseado. Los métodos son utilizables para iluminación general, local y general localizado, dependiendo de cada caso en particular.

### VI.2.1. Método de lumen.

Este método es el que generalmente se usa para una iluminación uniforme en áreas amplias. Está basado en la relación de lumen con luz, es decir, en la siguiente fórmula:  $\text{lux} = \text{lumen/m}^2$

Se recomienda seguir los siguientes pasos:

- 1º) Selección del nivel luminoso en el área nave a iluminar (NI)
- 2º) Selección del tipo de lámparas y luminarias.
- 3º) Determinación de las proporciones del salón por iluminar, es decir, proporciones entre largo ancho y alto, a esto se le conoce como índice de cuarto. **Tabla No. 7.**
- 4º) Determinar el coeficiente de utilización (CU). El fabricante proporciona este parámetro, usando el índice de cuarto y los porcentajes de luz reflejada por paredes, techo y piso, estos porcentajes dependen del color y acabado de los mismos. Cuando no se tengan estos porcentajes, se recomienda usar los de la siguiente tabla: **(Tabla No. 8)**

Tabla No. 7

		Altura de techo en metros Para alumbrado semi-indirecto e indirecto													
		2.75	3.25	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.30	8.25	10.05	11.90	14.65	19.20
Ancho del Local (m.)	Largo del Local (m.)	2.15	2.45	2.75	3.05	3.35	3.65	3.95	4.55	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10
2.45	3.05	H	I	J	J	J	J	J							
	3.65	H	I	J	J	J	J	J							
	4.20	G	H	I	J	J	J	J							
	4.87	G	H	I	I	J	J	J							
	5.48	G	H	I	I	J	J	J	J						
	6.10	G	H	I	I	J	J	J	J						
	7.30	G	H	I	I	J	J	J	J	J					
	9.15	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J				
	10.65	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J	J			
	12.20	F	G	H	I	I	J	J	J	J	J	J			
15.25	F	G	H	H	I	J	J	J	J	J	J				
3.05	3.05	H	H	I	I	J	J	J							
	3.65	G	H	I	I	J	J	J							
	4.20	G	H	I	I	J	J	J							
	4.87	F	H	H	I	I	J	J							
	5.48	F	H	H	I	I	J	J							
	6.10	F	G	H	I	I	J	J	J						
	7.30	F	G	H	I	I	J	J	J	J					
	9.15	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	10.65	F	F	G	H	H	H	I	J	J	J	J			
	12.20	F	F	G	H	H	H	I	J	J	J	J	J		
15.25	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J			
18.30	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J			
21.35	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J	J			
3.65	6.10	F	G	G	H	I	I	J	J	J	J				
	7.30	E	F	G	G	H	I	I	J	J	J				
	9.15	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J				
	10.65	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J			
	12.20	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J	J			
	15.25	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J	J	J		
	18.30	E	F	F	G	G	H	H	J	J	J	J	J		
	21.35	O	O	O	G	G	H	H	I	I	J	J	J	J	
	24.40	O	O	O	F	F	H	H	I	I	J	J	J	J	
	30.50	O	E	F	F	H	H	H	I	I	J	J	J	J	
4.20	4.20	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J				
	4.87	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J				
	5.48	F	G	H	H	I	I	J	J	J	J				
	6.10	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	7.30	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J				
	9.15	E	F	F	G	H	H	H	J	J	J				
	10.65	E	F	F	G	G	H	H	J	J	J	J			
	12.20	O	O	F	F	G	H	H	I	I	J	J	J		
	15.25	O	O	E	F	F	H	H	I	I	J	J	J	J	
	18.30	O	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J	
21.35	O	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J		
24.40	O	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J		
30.50	O	E	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J		
4.85	4.87	E	F	G	H	H	I	I	J	J	J				
	5.48	E	F	G	H	H	H	I	J	J	J				
	6.10	E	F	G	H	H	H	I	J	J	J				
	7.30	E	F	F	G	H	H	H	J	J	J				
	9.15	E	F	F	F	G	H	H	J	J	J	J			
	10.65	O	O	F	F	F	H	H	I	I	J	J	J		
	12.20	O	O	F	F	F	H	H	I	I	J	J	J		
	15.25	O	O	F	F	F	H	H	I	I	J	J	J	J	
	18.30	C	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J	
	21.35	C	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J	J
24.40	C	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J	J	
30.50	C	O	E	F	F	H	H	H	H	J	J	J	J	J	
5.50	5.48	E	F	F	G	H	H	I	J	J	J				
	6.10	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J				
	7.30	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J				
	9.15	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J				
	10.65	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J			
	12.20	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J			
	15.25	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J		
	18.30	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	
	21.35	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	J
	24.40	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	J
30.50	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	J	
36.60	O	O	F	F	H	H	I	J	J	J	J	J	J	J	

Tabla No. 7 (Continuación)

		Índice de claridad (Clasificación de los coeficientes de reflexión)																
		Altura de techo en metros Para alumbrado semi-indirecto e indirecto.																
Ancho del local (m.)	Largo del local (m.)	2.75	3.20	3.65	4.10	4.55	5.00	5.50	6.40	7.70	9.25	10.65	11.90	14.05	19.20	23.75	28.30	
		2.15	2.45	2.75	3.05	3.30	3.65	3.95	4.55	5.20	5.80	7.00	8.25	10.05	13.10	16.15	19.20	
6.10	6.10	E	E	F	G	G	H	H	I	J	J	J						
	7.30	D	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J						
	9.15	D	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J						
	10.65	D	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J						
	12.20	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J					
	15.25	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J				
	18.30	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J			
	21.35	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	J		
	24.40	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	
	30.50	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	J
36.60	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	J	
42.70	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	J	
7.30	7.30	D	E	F	F	G	G	H	I	J	J	J						
	9.15	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J						
	10.65	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J						
	12.20	C	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J						
	15.25	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J				
	18.30	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J			
	21.35	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J		
	24.40	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	
	30.50	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	J	J
	36.60	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
42.70	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J	
9.15	9.15	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J					
	10.65	B	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J					
	12.20	B	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J					
	15.25	B	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J					
	18.30	B	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J					
	21.35	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	30.50	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	36.60	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	42.70	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
10.65	10.65	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J				
	12.20	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J				
	15.25	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	18.30	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
	21.35	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	24.40	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	30.50	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	36.60	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	42.70	A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
	12.20	12.20	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J			
15.25		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
18.30		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J		
21.35		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
24.40		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
30.50		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
36.60		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
42.70		A	B	C	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	J	J
15.25		15.25	A	A	B	C	D	D	E	E	F	F	G	H	I	J	J	
		18.30	A	A	B	C	C	C	C	D	D	D	D	H	I	J	J	
	21.35	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	
	24.40	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	30.50	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	36.60	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	42.70	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	51.80	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	60.95	A	A	B	B	C	C	C	C	D	D	D	H	I	J	J	J	J
	8.30	8.30	A	A	A	B	B	C	C	D	D	D	E	F	F	G	G	
21.35		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
30.50		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
36.60		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
42.70		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
51.80		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
60.95		A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	D	D	D	D	D		
24.40		24.40	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G	
		30.50	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G	
		36.60	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G	
	42.70	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G		
	51.80	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G		
	60.95	A	A	A	A	B	B	C	C	C	D	D	E	F	F	G		
	30.50	30.50	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F	
		45.70	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F
		60.95	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	D	E	F
		36.60	36.60	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D
48.80			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E
60.95			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	C	C	D	E

Tabla No. 8

## % DE REFLEXIONES RECOMENDADAS

SUPERFICIE	LUGAR				
	HOSPITALES	OFICINAS	PLANTAS INDUSTRIALES	ESCUELAS	RESIDENCIAS
Techo	80-92	80-92	80-90	70-90	60-90
Paredes	40-60	40-60	40-60	40-60	35-60
Piso	20-40	21-39	20 como mínimo	30-50	15-35

El coeficiente de utilización es la relación o cociente entre el número de lumens existentes en el plano de trabajo y el número total de lumens de la lámpara:

$$CU = \frac{\text{lumens en el plano de trabajo}}{\text{lumens de la lámpara}}$$

Es un factor que tiene en cuenta la eficacia y la distribución del luminario, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de paredes, techo y piso. El plano de trabajo se considera generalmente a una altura de 0.75 centímetros sobre el suelo.

- 5º) Determinación del coeficiente o factor de mantenimiento (CM). Este es coeficiente de depreciación luminosa por suciedad del luminario, se refiere a la acumulación de suciedad en la luminaria, que depende del

grado de suciedad de la zona en que se utilizará. El fabricante de lámparas lo proporciona.

6°) Determinación del coeficiente o factor de depreciación luminosa (CD), conocido también como factor de depreciación en lumens por la lámpara. Es el porcentaje de lumens iniciales producidos al 70% de la duración clasificada. También este dato lo da el fabricante.

7°) " Calcular el número de lámparas y el número de unidades de alumbrado o luminarias con las siguientes fórmulas:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)} \times \text{NI (luxes)}}{\text{CU} \times \text{CM} \times \text{CD} \times \text{lumens de cada lámpara}}$$

$$\text{Número de unidades de alumbrado} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Número de lámparas por luminaria}}$$

8°) Distribución o localización. Una vez que se han hecho los cálculos anteriores, se procede a la distribución o localización de los luminarios de acuerdo con las dimensiones del local y cuidando que la relación separación/altura de montaje, que recomienda el fabricante se cumpla. Esta relación se explicó en el capítulo anterior, y se describe con más amplitud en las hojas siguientes.

### VI.2.2. Método de la Cavidad Zonal.

Este método es una modificación del método por lumens; cabe aclarar que también se le conoce como "método de los lumens", "método de lumen", "método de la iluminación promedio" y desde luego como "método de cavidad zonal".

Esta forma de cálculo se utiliza para calcular la iluminación promedio de todos los puntos del plano de trabajo en iluminación interior, es decir dentro de un área cerrada como un salón de clases, oficina, etc. Mediante esta modificación al método de los lumens se pueden obtener resultados más exactos que con el empleo del método original de los lumens.

Este sistema de cavidad zonal divide el local en cuestión en tres cavidades: techo, habitación y piso. Ver fig. 12. El usar las reflexiones de estas tres cavidades es la causa de la posibilidad de poder obtener calculos más exactos.

La cavidad del techo Hct es el espacio limitado por el techo, las partes superiores de las paredes y un plano imaginario que atraviesa las unidades de alumbrado.

La cavidad del cuarto Hcl es el espacio limitado por el plano que atraviesa las unidades de alumbrado, el plano de trabajo y la porción correspondiente de las paredes comprendidas entre estos dos planos.

La cavidad del piso Hcp es el espacio limitado por el plano de trabajo, el piso y las partes inferiores de las paredes comprendidas entre el plano de trabajo y el piso.

Utilizando el método de cavidad zonal los pasos a seguir para el cálculo del número de unidades de alumbrado necesarias para proporcionar un nivel luminoso adecuado en un local, son los que se recomiendan a continuación:

- 1º) Determinar el tipo de trabajo que se desarrollará en el local para seleccionar el nivel luminoso adecuado.
- 2º) Selección del tipo de lámparas y luminarios.
- 3º) Determinar las características físicas del área. Es to incluye dimensiones del local, valores de reflexión, localización del plano de trabajo.
- 4º) Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Incluye el factor de depreciación de luz de la lámpara debido al cambio de características del material a través de sus horas de vida y el fac tor de depreciación del luminario debido a la acumu lación de polvos en el mismo y la acumulación de polvo en las paredes, piso y techo del local. Estos factores también pueden tomarse como uno solo o por separado. Estos datos los proporcionan los fabrican tes o existen tablas como las que recomienda usar el

IES de E.E.U.U. Tabla No. 9.

- 5°) Calcular las relaciones de cavidad. La relación de cavidad del local se calcula con la siguiente fórmula:

$$RCL = \frac{5 H (L+A)}{LA}$$

Donde: H= Altura de la cavidad  
L= Largo de la cavidad  
A= Ancho de la cavidad

De esta manera se calcula cualquiera de las relaciones de cavidad, ya sea del techo, cuarto o piso. A continuación se dan las fórmulas.

$$\text{Relación de cavidad del techo} = \frac{5Hc_t(L+A)}{LA} = RCT$$

$$\text{Relación de cavidad del cuarto} = \frac{5Hc_l(L+A)}{LA} = RCL$$

$$\text{Relación de cavidad del piso} = \frac{Hc_p(L+A)}{LA} = RCP$$

También se pueden calcular mediante el uso de la tabla. Ver la tabla de relaciones de cavidad. Tabla No.10

- 6°) Determinar las reflectancias efectivas correspondientes a techo y piso. Si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo no será necesario efectuar este cálculo pues se pueden usar los valores, estimados o medidos, de las reflectancias de las superficies para determinar el coeficiente de



utilización. Ver Tabla No. 11.

- 7°) Usar las tablas de fabricantes para encontrar el coeficiente de utilización de las unidades de alumbrado que se van a utilizar.
- 8°) Calcular el número de luminarios necesario para proporcionar el nivel luminoso adecuado mediante la siguiente fórmula:

Número de Unidades de alumbrado=

$$\frac{A \times NI}{(\text{lámparas/unidad de alumbrado}) \times LL \times CU \times CD \times CM}$$

Donde:

A= Area del local ó piso.

NI= Nivel luminoso deseado.

CU= Coeficiente ó factor de Utilización.

CM= Coeficiente ó factor de Mantenimiento.

CD= Coeficiente ó factor de Depreciación.

LL= Lumens por Lámpara.

También se puede usar la siguiente:

$$\text{Número de unidades de alumbrado} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámparas/unidades de alumbrado}}$$

Algunos aspectos importantes en los cálculos para el diseño de un buen sistema de alumbrado son los de a continuación:

En general los factores que causan pérdidas de luz o bajan la eficiencia de una lámpara son los siguientes:

- a) Temperatura ambiente inadecuada de la lámpara.
- b) Voltaje inapropiado de suministro a la lámpara.
- c) Factor del balastro.
- d) Depreciación de la superficie de la luminaria en lo que respecta a reflectancia y transmitancia.
- e) Suciedad o polvo en las superficies del área.
- f) Depreciación de los lumens de la lámpara.
- g) Depreciación por suciedad en el luminario.
- h) Fallas de las lámparas.

Con el fin de simplificar cálculos generalmente solo se toman en cuenta los factores de depreciación de lumens de la lámpara y del luminario debido al polvo.

El factor de utilización como ya se mencionó el método de cálculo de los lumens, es un factor que depende de la distribución luminosa de la luminaria, rendimiento de la misma, reflectancia de paredes, piso y techo del local, dimensiones del local y disposición de las luminarias. Cuando se carece de los datos del fabricante pueden usarse los indicados en la Tabla No.12.

Las luminarias también se clasifican en seis categorías y se consideran cinco grados de suciedad del ambiente: muy

limpio, limpio, medio, sucio y muy sucio. De aquí que el factor de mantenimiento, que se determina por especificaciones del fabricante, se pueda determinar también por la categoría a la cual pertenece la luminaria. Ver tabla no. 9.

Como ejemplo del uso de estas categorías analicemos la curva del grado de suciedad del ambiente sucio en la categoría I, si suponemos que la luminaria se limpiará cada 18 meses entonces el factor de depreciación por suciedad de la luminaria será de 0.8.

Es común en la práctica tomar el dato de factor ó coeficiente de mantenimiento como el resultado de multiplicar el factor de depreciación de lumens de la lámpara por el factor de depreciación del luminario.

El espaciamiento máximo entre luminarios lo da el fabricante, dependiendo del tipo de distribución del luminario ya sea extensiva o ancha o concentrada y en función de la altura de montaje. Sin embargo la distribución de las luminarias dentro de un área puede determinarse tomando en cuenta los puntos en los que se necesita más luz, o también si el nivel luminoso del área se requiere uniformemente distribuido.

En el caso de que se requiera un nivel luminoso lo más uniforme posible, la distribución deberá ser la más adecuada,

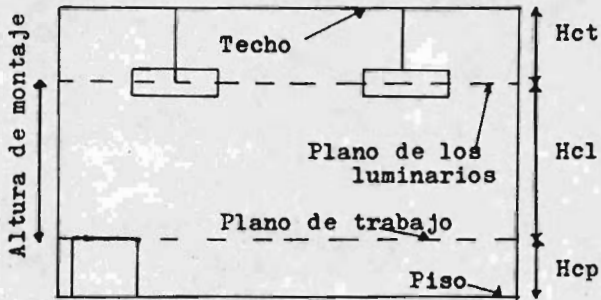


Fig. 12. Cavidades.

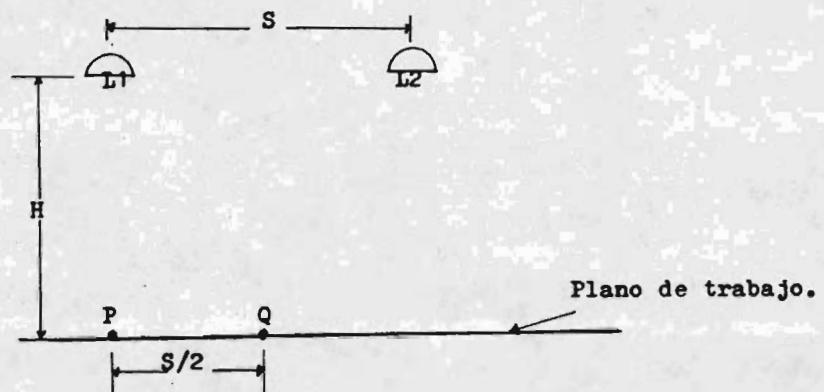


Fig.13. Arreglo con dos luminarios.

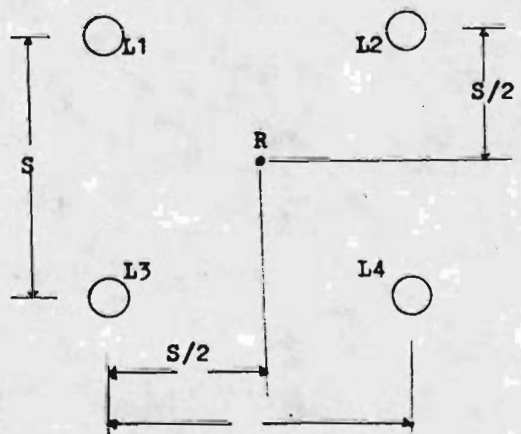


Fig.14. Arreglo con 4 luminarios.

aunque la iluminación uniforme cien por ciento, no es fácil de lograr, sin embargo es considerada uniforme si los valores máximo y mínimo en varios cálculos o lecturas no pasa de  $\pm 16\%$  del promedio.

También es recomendado que la relación entre la iluminación máxima, bajo los luminarios y la mínima, en lugares situados entre dos luminarios no debe ser nunca mayor de  $3/2$ , y tratar de acercarse siempre a la unidad.

Para llevar a cabo una aceptable uniformidad las lámparas no deben de estar ni muy lejos ni muy cerca de las paredes. La relación máximo espaciamento-altura de montaje de las luminarias S/MH está basada en la comparación del nivel luminoso de un punto directamente bajo el luminario con un punto a la mitad de la distancia entre dos luminarios adyacentes, distancia medida entre sus dos ejes, considerando únicamente el efecto de las dos luminarias adyacentes.

También se puede determinar el S/MH usando un punto en el cuadro de un arreglo de cuatro luminarios como se ve en las figs. 13 y 14.

El espaciamento máximo entre luminarios en relación a la altura de montaje se puede ejemplificar con lo siguiente:

Al seleccionar un luminario se observa en los datos propios del mismo que la relación S/MH es 1.5, esto quiere de-

cir que la distancia de espaciamento entre un luminario y otro no debe exceder a 1.5 veces la altura de montaje.

Otra forma de calcular el espaciamento entre cada luminario, para una distribución de unidades de alumbrado, es calculando primero el área promedio del luminario con las siguientes fórmulas:

$$\frac{\text{Área total}}{\text{No. de luminarios}} = \text{Área promedio del luminario} = \text{Área/luminario}$$

$$\text{Espaciamento promedio} = \sqrt{\text{Área/luminario}}$$

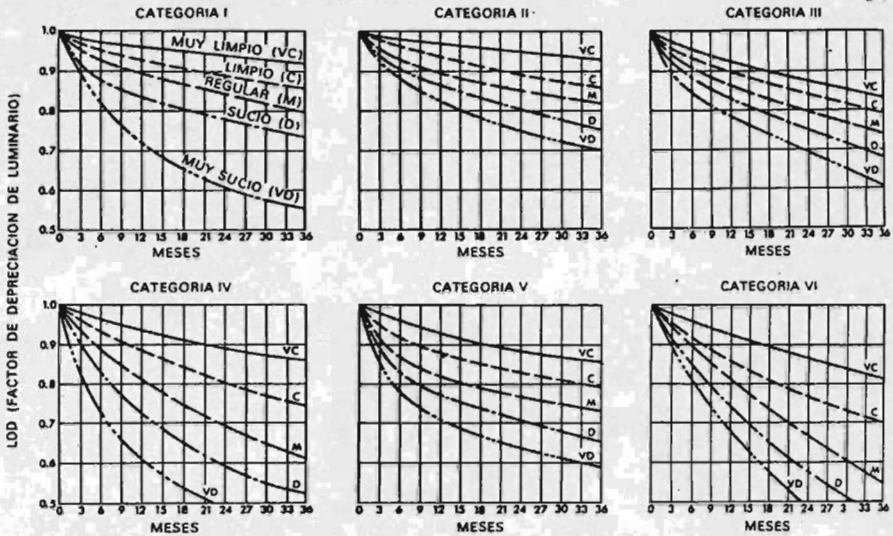
Una vez hechos estos cálculos se procede a calcular el número aproximado de luminarios en cada hilera, se puede encontrar dividiendo la longitud del local entre el espaciamento promedio y posteriormente se divide el ancho del local entre el espaciamento promedio.

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{\text{largo del local}}{\text{espaciamento promedio}}$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{\text{ancho del local}}{\text{espaciamento promedio}}$$

Es necesario checar estos últimos resultados con los especificados por el fabricante.

Tabla No. 9



Factor de Depreciación de Luminarios (Según Categorías).

Categoría de mantenimiento	Parte superior	Parte inferior	Categoría de mantenimiento	Parte superior	Parte inferior
I	1. Nada	1. Nada	IV	1. Transparente sin aberturas. 2. Translúcido sin aberturas. 3. Opaco sin aberturas.	1. Nada 2. Rejillas
II	1. Nada 2. Transparente con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas. 3. Translúcido con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas. 4. Opaca con 15% o más de luz hacia arriba a través de las aberturas.	1. Nada 2. Rejillas o reflectores.	V	1. Transparente sin aberturas. 2. Translúcido sin aberturas. 3. Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas 2. Translúcido sin aberturas
III	1. Transparente con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas. 2. Translúcido con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas. 3. Opaca con menos del 15% de luz a través de las aberturas.	1. Nada 2. Rejillas o reflectores.	VI	1. Nada 2. Transparente sin aberturas. 3. Translúcido sin aberturas. 4. Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas 2. Translúcido sin aberturas 3. Opaco sin aberturas





Tabla No. 11

Porcentaje de las reflectancias efectivas de techo o piso para varias combinaciones de reflectancias

% de reflectancia base*	40	30	20	10	0
% de reflectancia de pared	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
Relación de cavidad					
0.2	40 40 39 39 39 38 38 37 30 36	31 31 30 30 29 29 28 28 27	21 20 20 20 20 19 19 19 17	11 11 11 10 10 10 10 06 06 09	02 02 02 01 01 01 01 00 00 0
0.4	41 40 39 39 38 37 36 34 34 34	31 31 30 30 29 28 28 27 20 25	22 21 20 20 20 19 19 18 18 10	12 11 11 11 11 10 10 09 09 08	04 03 03 02 02 02 01 01 00 0
0.6	41 40 39 38 37 36 34 33 32 31	32 31 30 29 28 27 26 26 25 23	23 21 21 20 19 19 18 18 17 15	13 13 12 11 11 10 10 06 06 08	05 05 04 03 03 02 02 01 01 0
0.8	41 40 38 37 36 35 33 32 31 29	32 31 30 29 28 26 25 25 23 22	24 22 21 20 19 19 18 17 16 14	15 14 13 12 11 10 10 06 06 07	07 06 05 04 04 03 02 02 01 0
1.0	42 40 38 37 35 33 32 31 29 27	33 32 30 29 27 25 24 23 22 20	25 23 22 20 19 18 17 16 15 13	16 14 13 12 12 11 10 06 06 07	08 07 06 05 04 03 02 02 01 0
1.2	42 40 38 36 34 32 30 29 27 25	33 32 30 28 27 25 23 22 21 19	25 23 22 20 19 17 17 16 14 12	17 15 14 13 12 11 10 06 07 06	10 08 07 06 05 04 03 02 01 0
1.4	42 39 37 35 33 31 29 27 25 23	34 32 30 28 26 24 22 21 19 18	26 24 22 20 18 17 16 15 13 12	18 16 14 13 12 11 10 09 07 06	11 09 08 07 06 04 03 02 01 0
1.6	42 39 37 35 32 30 27 25 23 22	34 33 29 27 25 23 22 20 18 17	26 24 22 20 18 17 16 15 13 11	19 17 15 14 12 11 09 08 07 06	12 10 09 07 06 05 03 02 01 0
1.8	42 39 36 34 31 29 26 24 22 21	35 33 29 27 25 23 21 19 17 16	27 25 23 20 18 17 15 14 12 10	19 17 15 14 13 11 09 08 06 05	13 11 09 08 07 05 04 03 01 0
2.0	42 39 36 34 31 28 25 23 21 19	35 33 29 26 24 22 20 18 16 14	28 25 23 20 18 16 15 13 11 09	20 18 16 14 13 11 09 08 06 05	14 12 10 09 07 05 04 03 01 0
2.2	42 39 30 33 30 27 24 22 19 18	36 32 29 26 24 22 19 17 15 13	28 25 23 20 18 16 14 12 10 08	21 19 16 14 13 11 09 07 06 05	15 13 11 09 07 06 04 03 01 0
2.4	43 39 35 33 29 27 24 21 18 17	36 32 29 26 24 22 19 16 14 12	29 26 23 20 18 16 14 12 10 08	22 19 17 15 13 11 09 07 06 05	16 13 11 09 08 06 04 03 01 0
2.6	43 39 35 32 29 26 23 20 17 15	36 32 29 25 23 21 18 16 14 12	29 26 23 20 18 16 14 11 09 08	23 20 17 15 13 11 09 07 06 04	17 14 12 10 08 06 05 03 02 0
2.8	43 39 35 32 28 25 22 19 16 14	37 33 29 25 23 21 17 15 13 11	30 27 23 20 18 15 13 11 09 07	23 20 18 16 13 11 09 07 05 03	17 15 13 10 08 07 05 03 02 0
3.0	43 39 35 31 27 24 21 18 16 13	37 33 29 25 22 20 17 15 12 10	30 27 23 20 17 15 13 11 09 07	24 21 18 16 13 11 09 07 05 03	18 16 13 11 09 07 05 03 02 0
3.2	43 39 35 31 27 23 20 17 15 13	37 33 29 25 22 19 16 14 12 10	31 27 23 20 17 15 12 11 09 08	25 21 18 16 13 11 09 07 05 03	19 16 14 11 09 07 05 03 02 0
3.4	43 39 34 30 26 23 20 17 14 12	37 33 29 25 22 19 16 14 11 09	31 27 23 20 17 15 12 10 08 06	26 22 18 16 13 11 09 07 05 03	20 17 14 12 09 07 05 03 02 0
3.6	44 39 34 30 26 22 19 16 14 11	38 33 29 24 21 18 15 13 10 09	32 27 23 20 17 15 12 10 08 05	26 22 19 16 13 11 09 06 04 03	20 17 15 12 10 08 05 04 02 0
3.8	44 38 33 29 25 22 18 16 13 10	38 33 28 24 21 18 15 13 10 08	32 28 23 20 17 15 12 10 07 05	27 23 19 17 14 11 09 06 04 02	21 18 15 12 10 08 05 04 02 0
4.0	44 38 33 29 25 21 18 15 12 10	38 33 28 24 21 18 14 12 09 07	33 28 23 20 17 14 11 09 07 05	27 23 20 17 14 11 09 06 04 02	22 18 15 13 10 08 05 04 02 0
4.2	44 38 33 26 24 21 17 15 12 10	38 33 28 24 20 17 14 12 09 07	33 28 23 20 17 14 11 09 07 04	28 24 20 17 14 11 09 06 04 02	22 19 16 13 10 08 06 04 02 0
4.4	44 38 33 28 24 20 17 14 11 09	39 33 28 24 20 17 14 11 09 06	34 28 24 20 17 14 11 09 07 04	28 24 20 17 14 11 08 06 04 02	23 19 16 13 10 08 06 04 02 0
4.6	44 38 32 28 23 19 16 14 11 08	39 33 28 24 20 17 13 10 08 06	34 29 24 20 17 14 11 09 07 04	29 25 20 17 14 11 08 06 04 02	23 20 17 13 10 08 06 04 02 0
4.8	44 38 32 27 22 19 16 13 10 08	39 33 28 24 20 17 13 10 08 05	35 29 24 20 17 13 10 08 06 04	29 26 20 17 14 11 08 06 04 02	24 20 17 14 11 08 06 04 02 0
5.0	45 38 31 27 22 19 15 13 10 07	39 33 28 24 19 16 13 10 08 05	36 29 24 20 16 13 10 08 06 04	30 25 20 17 14 11 08 06 04 02	25 21 17 14 11 08 06 04 02 0
6.0	44 37 30 25 20 17 13 11 08 05	39 33 27 23 18 15 11 08 06 04	36 30 24 20 16 13 10 08 05 02	31 26 21 18 14 11 08 06 03 01	27 23 18 15 12 09 06 04 02 0
7.0	44 36 29 24 19 16 12 10 07 04	40 33 26 22 17 14 10 08 05 03	36 30 24 20 16 12 09 07 04 02	32 27 21 17 13 11 08 06 03 01	28 24 19 15 12 09 06 04 02 0
8.0	44 35 28 23 18 15 11 09 06 03	40 33 26 21 16 13 09 07 04 02	37 30 23 19 16 12 08 06 03 01	33 27 21 17 13 10 07 05 03 01	30 25 20 15 12 09 06 04 02 0
9.0	44 35 26 21 16 13 10 08 05 02	40 33 25 20 15 12 09 07 04 02	37 29 23 19 14 11 08 06 03 01	34 28 21 17 13 10 07 05 02 01	31 25 20 15 12 09 06 04 02 0
10.0	43 34 25 20 15 12 08 07 05 02	40 32 24 10 14 11 08 06 03 01	37 29 22 18 13 10 07 05 03 01	34 28 21 17 12 10 07 05 02 01	31 25 20 15 12 09 06 04 02 0

\* Techo, piso, o piso de la cavidad.

Tabla No. 11 (Continuación)

Porcentaje de las reflectancias efectivas de techo o piso para varias combinaciones de reflectancias

% de reflectancia base*	90	80	70	60	50
% de reflectancia de pared	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0	90 80 70 60 50 40 30 20 10 0
Relación de cavidad					
0.2	89 88 88 87 80 85 85 84 84 82	79 78 78 77 77 76 76 75 74 72	70 69 68 68 67 67 66 66 65 64	60 59 59 59 58 57 56 56 55 53	50 50 49 49 48 48 47 46 46 44
0.4	88 87 80 85 84 83 81 80 79 78	79 77 76 76 74 73 72 71 70 68	69 68 67 66 65 64 63 62 61 58	60 59 59 58 57 55 54 53 52 50	50 49 48 48 47 46 45 44 42 42
0.6	87 86 84 82 80 79 77 76 74 73	78 76 76 73 71 70 68 66 65 63	69 67 65 64 63 61 59 58 57 54	60 58 57 56 55 53 51 51 50 46	50 48 47 46 45 44 43 42 41 38
0.8	87 85 82 80 77 75 73 71 69 67	78 75 73 71 69 67 65 63 61 57	68 66 64 62 60 58 56 55 53 60	59 57 56 56 54 51 48 47 46 43	50 48 47 45 44 42 40 39 38 36
1.0	86 83 80 77 75 72 69 66 64 62	77 74 72 69 67 65 63 60 57 56	68 65 62 60 58 56 53 52 50 47	59 57 55 53 51 48 45 44 43 41	50 48 46 44 43 41 38 37 36 34
1.2	85 82 78 75 72 69 66 63 60 57	76 73 70 67 64 61 58 55 53 51	67 64 61 59 57 54 50 48 46 44	59 56 54 51 49 46 44 42 40 38	50 47 45 43 41 39 36 35 34 29
1.4	85 80 77 73 69 65 62 59 57 52	76 72 68 65 62 59 55 53 50 48	67 63 60 58 55 51 47 45 44 41	59 56 53 49 47 44 41 39 38 36	50 47 45 42 40 38 35 34 32 27
1.6	84 79 75 71 67 63 59 56 53 50	75 71 67 63 60 57 53 50 47 44	67 62 59 56 53 47 46 43 41 38	59 55 52 48 45 42 39 37 36 33	50 47 44 41 39 36 33 32 30 26
1.8	83 78 73 69 64 60 56 53 50 48	75 70 66 62 58 54 50 47 44 41	66 61 58 54 51 46 42 40 38 35	58 55 51 47 44 40 37 35 33 31	50 45 40 38 35 31 30 28 25
2.0	83 77 72 67 62 56 53 50 47 43	74 69 64 60 56 52 48 45 41 38	66 60 56 52 49 45 40 38 36 33	58 54 50 46 43 39 36 33 31 29	50 46 43 40 37 34 30 28 26 24
2.2	82 76 70 65 59 54 50 47 44 40	74 68 63 58 54 49 45 42 38 35	65 60 55 51 48 43 38 36 34 32	58 53 49 45 42 37 34 31 29 28	50 46 42 38 36 33 29 27 24 22
2.4	82 76 69 64 58 53 48 45 41 37	73 67 61 56 52 47 43 40 38 33	65 60 54 50 46 41 37 35 32 30	58 53 48 44 41 36 32 30 27 26	50 46 42 37 35 31 27 25 23 21
2.6	81 74 67 62 56 51 46 42 38 35	73 66 60 55 50 45 41 38 34 31	65 60 54 49 45 40 36 33 30 28	58 53 48 43 39 35 31 28 26 24	50 46 41 37 34 30 26 23 21 20
2.8	81 73 66 60 54 49 44 40 36 34	73 65 59 53 48 43 39 36 32 29	65 60 53 48 43 38 33 30 28 26	58 53 47 43 38 34 29 27 24 22	50 46 41 36 33 29 25 22 20 19
3.0	80 72 64 58 52 47 42 38 34 30	72 65 58 52 47 42 37 34 30 27	64 58 52 47 42 37 32 29 27 24	57 52 46 42 37 32 28 25 23 20	50 45 40 36 33 28 24 21 19 17
3.2	79 71 63 56 50 45 40 36 32 28	72 65 57 51 46 40 35 33 28 25	64 58 51 46 40 36 31 28 25 23	57 51 45 41 36 31 27 23 22 18	50 44 39 35 31 27 23 20 18 16
3.4	79 70 62 54 48 43 38 34 30 27	71 64 56 49 44 39 34 32 27 24	64 57 50 45 39 35 29 27 24 22	57 51 45 40 35 30 26 23 20 17	50 44 39 35 30 26 22 19 17 15
3.6	78 66 61 63 47 42 36 32 28 25	71 63 54 48 43 38 32 30 25 23	63 56 49 44 38 33 28 25 22 20	57 50 44 39 34 29 25 22 19 16	50 44 39 34 29 25 21 18 16 14
3.8	78 66 60 61 46 45 40 35 31 27 23	70 62 63 47 41 36 31 28 24 22	63 56 49 43 37 32 27 24 21 19	57 50 43 38 33 29 24 21 19 15	50 44 38 34 29 26 21 17 15 13
4.0	77 69 58 61 44 39 33 29 25 22	70 61 63 46 40 35 30 26 22 20	63 55 48 42 36 31 26 23 20 17	57 49 42 37 32 28 23 20 18 14	50 44 38 33 28 24 20 17 15 12
4.2	77 62 57 50 43 37 32 28 24 21	69 60 52 45 39 34 29 25 21 18	62 55 47 41 35 30 25 22 19 16	56 49 42 37 32 27 22 19 17 14	50 43 37 32 28 24 20 17 14 11
4.4	76 61 56 49 42 35 31 27 23 20	69 60 51 44 38 33 28 24 20 17	62 54 46 40 34 29 24 21 18 15	56 49 42 36 31 27 22 19 16 13	50 43 37 32 27 23 19 16 13 12
4.6	76 60 55 47 40 35 30 26 22 19	69 59 50 43 37 32 27 23 19 15	62 53 45 39 33 28 24 21 17 14	56 49 41 36 30 26 21 18 16 13	50 43 36 31 26 22 18 15 13 10
4.8	75 59 54 46 39 34 28 25 21 18	68 58 49 42 36 31 26 22 18 14	62 53 45 38 32 27 23 20 16 13	56 48 41 34 29 25 21 18 15 12	50 43 36 31 26 22 18 15 12 09
5.0	75 59 53 45 38 33 28 24 20 16	68 58 48 41 35 30 25 21 18 14	61 52 44 36 31 26 22 19 16 12	56 48 40 34 28 24 20 17 14 11	50 42 35 30 25 21 17 14 12 09
6.0	73 61 49 41 34 29 24 20 16 11	66 55 44 38 31 27 22 19 15 10	60 51 41 35 28 24 19 16 13 09	55 45 37 31 25 21 17 14 11 07	50 42 34 29 23 19 15 13 10 08
7.0	70 58 45 38 30 27 21 18 14 08	64 53 41 35 28 24 19 16 12 07	58 48 38 32 26 22 17 14 11 06	54 43 36 30 24 20 16 12 09 06	49 40 32 27 21 18 14 11 08 06
8.0	68 55 42 35 27 23 18 15 12 06	62 50 38 32 25 21 17 14 11 05	57 46 35 29 23 19 15 13 10 05	53 42 33 28 22 18 14 11 08 04	49 40 30 25 19 16 12 10 07 03
9.0	66 52 38 31 25 21 16 14 11 05	61 49 36 30 23 19 15 13 10 04	56 45 33 27 21 18 14 12 09 04	52 40 31 26 20 16 12 10 07 03	48 39 29 24 18 16 11 09 07 03
10.0	65 51 36 29 22 19 15 11 06 04	59 46 33 27 21 18 14 11 08 03	55 43 31 25 19 16 12 10 06 03	51 39 29 24 18 15 11 09 07 02	47 37 27 22 17 14 10 08 00 02

\* Techo, piso, o piso de la cavidad.

Tabla No. 11. (Continuación)

Factores utilizados para reflectancias efectivas de piso diferentes al 20%

% de reflectancia Efectiva de cavidad de techo, Pcc	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10

Para 30% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)

Relación de cavidad de local	80				70				50			30			10		
1	1.022	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.006
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.028	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002

Para 10% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)






Relación de cavidad de local	80				70				50			30			10		
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999

Para 0% de reflectancia efectiva de cavidad de piso (20% = 1.00)

Relación de cavidad de local	80				70				50			30			10		
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.978	.988	.998
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999



Tabla No. 12  
Coeficientes de Utilización

Tipo de luminario	Distribución típica y % de lúmenes de la lámpara		RCR <sup>a</sup>	80		70		50		30		10		0		wDRC <sup>c</sup>				
	Cat. de Mant.	Máximo espaciamiento S/MH		1	80	10	50	10	50	10	50	10	50	10	0					
			Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso (p <sub>cc</sub> = 20)																	
 Unidad de distribución amplia con lente plano y lámpara acabado perla.	V	1.4	0	.63	.63	.63	.62	.62	.62	.59	.59	.59	.56	.56	.56	.54	.54	.54	.53	
			1	.58	.56	.54	.57	.55	.54	.54	.53	.52	.52	.51	.50	.50	.50	.49	.48	.14
			2	.53	.50	.48	.62	.49	.47	.50	.48	.46	.48	.47	.45	.47	.45	.44	.43	.13
			3	.48	.45	.42	.47	.44	.42	.46	.43	.41	.44	.42	.40	.43	.41	.40	.39	.12
			4	.44	.40	.37	.43	.40	.37	.42	.39	.37	.41	.38	.36	.40	.38	.36	.35	.12
			5	.40	.36	.33	.39	.36	.33	.38	.35	.33	.37	.35	.32	.36	.34	.32	.31	.11
			6	.36	.32	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.34	.31	.29	.33	.31	.29	.28	.11
			7	.33	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.28	.26	.31	.28	.26	.30	.28	.26	.25	.10
			8	.30	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.26	.23	.28	.25	.23	.28	.25	.23	.22	.10
			9	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.26	.23	.21	.26	.23	.20	.25	.22	.20	.19	.09
		10	.25	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.24	.20	.18	.23	.20	.18	.17	.09	
 Unidad de empotrar con difusor de vidrio.	V	1.3	0	.61	.61	.61	.60	.60	.60	.57	.57	.57	.54	.54	.54	.51	.51	.51	.50	
			1	.53	.51	.48	.52	.50	.47	.49	.47	.46	.47	.45	.44	.45	.44	.42	.41	.23
			2	.46	.42	.39	.45	.42	.39	.43	.40	.38	.41	.39	.37	.39	.37	.35	.34	.20
			3	.40	.36	.33	.40	.35	.32	.38	.34	.31	.36	.33	.31	.36	.32	.30	.29	.18
			4	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.32	.29	.26	.31	.28	.26	.25	.16
			5	.32	.27	.24	.31	.27	.24	.30	.26	.23	.29	.25	.23	.28	.25	.22	.21	.15
			6	.29	.24	.20	.28	.24	.20	.27	.23	.20	.26	.22	.20	.25	.22	.19	.18	.13
			7	.26	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.20	.17	.23	.20	.17	.22	.19	.17	.16	.12
			8	.23	.19	.16	.23	.18	.15	.22	.18	.15	.21	.18	.15	.20	.17	.15	.14	.11
			9	.21	.17	.14	.21	.16	.14	.20	.16	.13	.19	.16	.13	.19	.15	.13	.12	.11
		10	.19	.15	.12	.19	.15	.12	.18	.14	.12	.18	.14	.12	.17	.14	.12	.11	.10	
 Lámpara de descarga de alta intensidad clara refractor de plástico entre el controlente y la lámpara.	V	1.3	0	.78	.78	.78	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.67	.67	.67	.65	
			1	.71	.69	.68	.70	.68	.66	.67	.66	.64	.65	.64	.62	.62	.62	.61	.59	.17
			2	.65	.62	.59	.64	.61	.58	.62	.59	.57	.60	.58	.56	.58	.56	.55	.54	.16
			3	.59	.55	.52	.58	.55	.52	.57	.53	.51	.55	.52	.50	.53	.51	.49	.48	.15
			4	.54	.50	.47	.54	.50	.46	.52	.49	.46	.51	.48	.45	.49	.47	.45	.43	.14
			5	.50	.45	.42	.49	.45	.41	.48	.44	.41	.47	.43	.41	.46	.43	.40	.39	.13
			6	.46	.41	.37	.45	.40	.37	.44	.40	.37	.43	.39	.37	.42	.39	.36	.35	.13
			7	.41	.37	.33	.41	.36	.33	.40	.36	.33	.39	.35	.33	.38	.35	.32	.31	.12
			8	.38	.33	.30	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.28	.12
			9	.35	.30	.27	.34	.30	.27	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.25	.11
		10	.32	.27	.24	.31	.27	.24	.31	.27	.24	.30	.26	.24	.30	.26	.23	.22	.11	
 Luminario tipo cerrado con lámpara incandescente.	V	1.4	0	.85	.85	.85	.83	.83	.83	.79	.79	.79	.76	.76	.76	.73	.73	.73	.71	
			1	.78	.76	.74	.76	.74	.73	.73	.72	.70	.71	.69	.68	.68	.67	.66	.65	.17
			2	.71	.68	.65	.70	.67	.64	.68	.65	.63	.65	.63	.61	.63	.62	.60	.59	.16
			3	.65	.61	.57	.64	.60	.57	.62	.59	.56	.60	.57	.55	.59	.56	.54	.53	.16
			4	.60	.55	.51	.59	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.52	.50	.54	.51	.49	.48	.15
			5	.54	.49	.45	.54	.49	.45	.52	.48	.45	.51	.47	.44	.50	.46	.44	.43	.14
			6	.49	.44	.40	.49	.44	.40	.47	.43	.40	.46	.42	.40	.45	.42	.39	.38	.14
			7	.44	.39	.35	.44	.39	.35	.43	.38	.35	.42	.38	.35	.41	.37	.35	.33	.14
			8	.40	.35	.31	.40	.35	.31	.39	.35	.31	.38	.34	.31	.38	.34	.31	.30	.13
			9	.37	.31	.28	.36	.31	.28	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.26	.13
		10	.33	.28	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25	.32	.28	.25	.31	.27	.24	.23	.12	
 Reflector con ventilación. Distribución concentrada con lámpara clara de descarga de alta intensidad.	III	0.7	0	.92	.92	.92	.90	.90	.90	.86	.86	.86	.82	.82	.82	.78	.78	.78	.76	
			1	.87	.85	.83	.85	.83	.82	.81	.80	.79	.78	.77	.76	.75	.75	.74	.72	.11
			2	.81	.79	.76	.80	.77	.75	.77	.75	.73	.75	.73	.72	.72	.71	.70	.69	.10
			3	.77	.73	.71	.76	.72	.70	.73	.71	.69	.71	.69	.67	.68	.66	.65	.64	.10
			4	.73	.69	.66	.72	.68	.65	.70	.67	.64	.68	.66	.64	.67	.65	.63	.62	.09
			5	.69	.65	.62	.68	.64	.61	.66	.63	.61	.65	.62	.60	.64	.61	.59	.58	.09
			6	.65	.61	.58	.64	.61	.58	.63	.60	.57	.62	.59	.57	.61	.58	.56	.55	.09
			7	.62	.57	.54	.61	.57	.54	.60	.56	.54	.59	.56	.53	.58	.55	.53	.52	.09
			8	.58	.54	.51	.58	.54	.51	.57	.53	.51	.56	.53	.51	.55	.52	.50	.49	.09
			9	.55	.51	.48	.55	.51	.48	.54	.50	.48	.53	.50	.48	.53	.50	.48	.47	.08
		10	.53	.49	.46	.52	.48	.46	.52	.48	.46	.51	.48	.45	.50	.47	.45	.44	.08	

<sup>a</sup> p<sub>cc</sub> = % de reflectancia efectiva de cavidad de techo.  
<sup>b</sup> p<sub>w</sub> = % de reflectancia de paredes.  
<sup>c</sup> RCR = Relación de cavidad de local.  
<sup>d</sup> Máximo espaciamiento S/MH = Relación de espaciamiento máximo del luminario a altura de montaje.

### V.2.3. Método de Punto por Punto.

Este método de cálculo se usa generalmente para cálculos de iluminación para tareas visuales específicas, o para calcular la iluminación directa sobre un punto en el cual es despreciable la cantidad de luz reflejada. Es aplicable para cálculos de iluminación interior y exterior.

El cálculo de la iluminación en un punto ya sea horizontal, vertical o en un plano inclinado consiste en calcular dos partes: la componente directa y la reflejada.

Cuando se trata de calcular la componente directa, es decir, sin tomar en cuenta las reflexiones de otros agentes físicos que no pertenecen a la luminaria, se pueden usar varias formas de cálculo que se basan en la "Ley inversa de los cuadrados", la cual dice que la iluminación en un punto es directamente proporcional a la intensidad luminosa de una fuente dada e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Ver fig. 15.

Si se considera la fuente como "fuente puntual", es cuando la ley inversa de los cuadrados es aplicable, es decir, que la mayor dimensión de la fuente no sea mayor a un quinto de la distancia entre la fuente y el punto en cuestión. En este caso pueden usarse los arreglos de la fig. 16 y las siguientes fórmulas:

$$\text{Lux en plano horizontal} = \frac{I}{H^2} \cos^3 \theta$$

$$\text{Lux en plano vertical} = \frac{I \cos^2 \theta \text{ seno}}{H^2}$$

Donde:

I= Intensidad luminosa en un ángulo  $\theta$  (dada en las hojas de datos fotométricos del fabricante).

H= Altura de montaje de la fuente de luz.

Existen tablas para facilitar el cálculo de iluminación en un punto basadas en las fórmulas anteriores. Ver tab. No.13 Es con frecuencia más conveniente el uso de tablas, por ser más rápido que el cálculo mediante las fórmulas anteriores. Se usan mediante el siguiente procedimiento:

- 1°) Calcular el ángulo  $\theta$  de los arreglos de la figura anterior mediante fórmulas trigonométricas.
- 2°) Mediante la hoja de datos fotométricos o curva de distribución, determinar la intensidad luminosa en la dirección del punto que se trata. Ver fig. 17.
- 3°) Multiplicar la intensidad en candelas por el factor multiplicador que aparece en la casilla correspondiente y dividir el resultado por la intensidad luminosa (100 candelas) en que se basa dicha tabla. El resultado de estas operaciones es la iluminación en el punto en cuestión.

Tabla No. 13

TABLA DE CALCULO DEL NIVEL LUMINOSO SEGUN EL METODO PUNTO POR PUNTO
En la de la parte superior - Angulo promedio de recepcion de luz y su verticalidad.
En la de la parte inferior - Luz sobre el plano horizontal para la iluminacion luminosa de la superficie de piso designada.

Table with columns for distance (0 to 15.00) and rows for height (0.80 to 8.00). Includes sub-headers for 'LUX POR CADA 100 CANDELAS' and 'ALTIMETRO DE LA FUENTE DE LUZ SOBRE LA SUPERFICIE METRICO'.

TABLA DE CALCULO DEL NIVEL LUMINOSO SEGUN EL METODO PUNTO POR PUNTO

Table with columns for distance (0.30 to 3.00) and rows for height (0.80 to 8.00). Includes sub-headers for 'LUX POR CADA 100 CANDELAS' and 'ALTIMETRO DE LA FUENTE DE LUZ SOBRE LA SUPERFICIE METRICO'.

Las Tablas de la parte superior y inferior son para el uso de un punto de luz que emite un haz de luz en un cono de luz de 30 grados. Para otros angulos de haz de luz, consulte la Tabla No. 14.



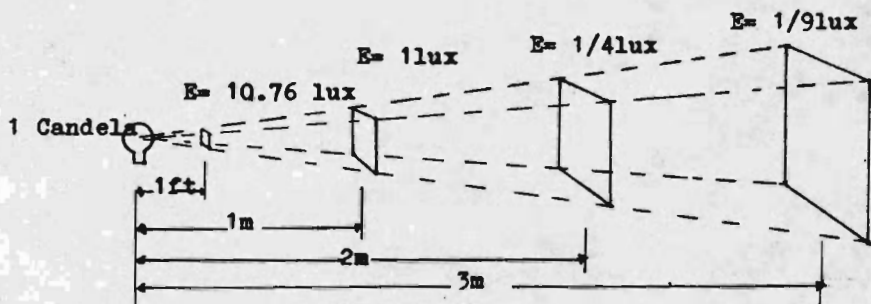


Fig.15. Ley inversa de los cuadrados



Fig.16. Iluminación horizontal y vertical bajo fuentes puntuales.

Es necesario calcular el nivel luminoso en varios puntos, sobre todo los que se consideran como más críticos, los cuales se pueden elegir mediante un arreglo gráfico.

Cuando se diseña un buen sistema de alumbrado se toma en cuenta el factor distribución de la luz, esta distribución se hace de diversas formas, según el objetivo, por eso es necesario saber interpretar las presentaciones gráficas de las intensidades en distintas direcciones de un luminario y de las fuentes de luz.

Una curva de distribución luminosa se genera mediante mediciones realizadas alrededor de una fuente luminosa, es decir, considerando que se encuentra en una esfera de radio  $R$  y que se divide esta en diferentes ángulos. Las mediciones en candelas/ $m^2$  representan la iluminación producida sobre la superficie interna de la esfera imaginaria. Esto es, hay que aplicar la fórmula  $I = E \cdot D^2$ . Esta curva de distribución se toma en un solo plano y define el rendimiento luminoso de la luminaria en ese plano.

La distancia de medición debe ser larga, entre más larga mejor. La distancia de medición  $R$  deberá ser por lo menos cinco veces la más grande dimensión del luminario.

Las curvas de distribución se emplean para calcular los niveles de iluminación por la fórmula del inverso de los cuadrados, que da el nivel de iluminación de un punto en parti-

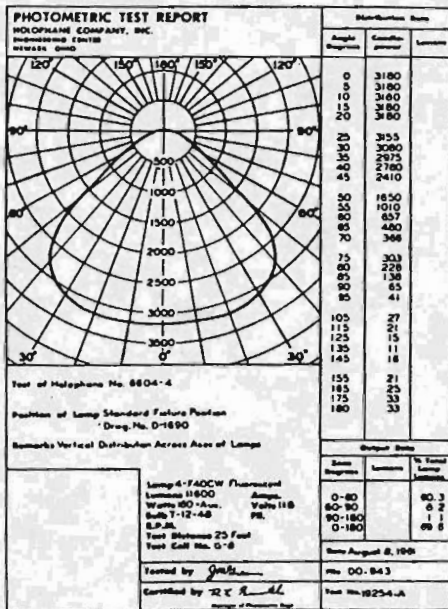


Fig. 17. Diagrama isocandela de un luminario fluorescente.

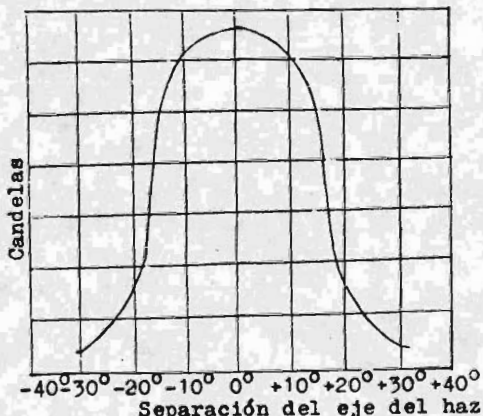


Fig. 18. Diagrama isocandela de un proyector.



Fig. 19. Diagrama isolux de un luminario de alumbrado público.

cular, o para desarrollar los coeficientes de utilización para determinar el nivel de iluminación promedio sobre un área en general.

En las figuras 18 y 19 se dan ejemplos de algunos tipos de curvas de distribución luminosa.

Para el cálculo de la componente reflejada se consideran dos cosas: la componente reflejada en superficies horizontales y la componente de iluminación reflejada sobre superficies verticales.

Estas dos componentes se calculan usando la fórmula general del método por lumen, sustituyendo los coeficientes de radiación reflejada por el coeficiente de utilización.

Así pues, la componente de iluminación reflejada en superficies horizontales se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Lux (reflejados sobre una superficie horizontal)} = \frac{\text{Lámparas por luminario} \times \text{lumens por lámpara} \times \text{CRR} \times \text{CM} \times \text{CD}}{\text{Area por luminario (sobre el plano de trabajo)}}$$

Donde: CRR = Coeficiente de Radiación Reflejada =  $(Lp + MP (CLt - CLp))$ .

CM = Coeficiente de Mantenimiento.

CD = Coeficiente de Depreciación.

A su vez:

CLp = Coeficiente de luminancia de la pared

CLt = Coeficiente de luminancia de la cavidad del  
techo

Mp = Multiplicador de posición local.

Los coeficientes CLp y CLt se obtienen de las hojas de datos de fabricante en la misma forma que se elige el CU en el método de lumen.

El Mp está en función de la relación de cavidad del local y de la ubicación del punto en cuestión en el local. La IES recomienda usar el diagrama rectangular, designando la colocación del punto en el local con una letra y un número, esto es, se hace la suposición que se divide el cuarto en letras y números. Ver fig. 20.

En el diagrama de la fig. 20 cada cuadro representa un 10% de la longitud o ancho. Cada letra representa otro 10% de la longitud de largo. Así pues el punto A0 corresponde a una esquina y al punto P1, el punto P2 o F5 corresponde al centro.

Después de localizar el punto en el local, se procede a utilizar la tabla de multiplicadores de posición de local, usando la relación de cavidad de local, y el número de posición y letra del diagrama rectangular. Ver tabla no. 14.

El coeficiente de radiación directa de la pared CRDP se da en las tablas que el fabricante proporciona.

La componente de iluminación reflejada por superficies verticales se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Iluminación Reflejada (vertical)} = \frac{\text{Lámparas por luminario} \times \text{lumens por lámpara} \times \text{coeficiente de radiación reflejada} \times \text{CM} \times \text{CD}}{\text{Area por luminario (sobre el plano de trabajo)}}$$

Donde el coeficiente de radiación reflejada es:

$$\text{Coeficiente de Radiación Reflejada} = \frac{\text{CLp}}{\text{Reflectancia Media de la Pared}} - \text{CRDP}$$

El coeficiente de radiación directa de la pared CRDP se da en tablas que el fabricante proporciona.

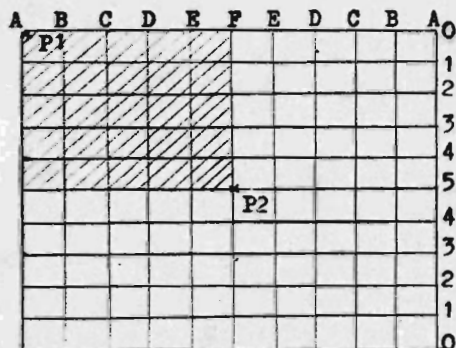


Fig.20

Tabla No. 14

RCL  
Puntos a lo largo  
del cuarto

		A	B	C	D	E	F
0	1	.24	.42	.17	.48	.48	.48
	2	.24	.36	.42	.44	.46	.46
	3	.23	.32	.37	.40	.42	.42
	4	.22	.28	.32	.35	.37	.37
	5	.21	.25	.28	.31	.33	.33
	6	.20	.23	.25	.28	.29	.30
	7	.18	.21	.23	.23	.25	.26
	8	.17	.18	.21	.22	.22	.23
	9	.15	.17	.18	.19	.20	.20
	10	.14	.16	.16	.17	.18	.18
1	1	.42	.74	.81	.83	.84	.84
	2	.36	.51	.60	.63	.66	.68
	3	.32	.40	.48	.51	.53	.57
	4	.28	.33	.40	.42	.44	.48
	5	.25	.29	.33	.36	.38	.42
	6	.23	.26	.29	.31	.33	.36
	7	.21	.23	.25	.28	.29	.30
	8	.18	.20	.23	.25	.26	.26
	9	.17	.18	.20	.21	.22	.23
	10	.16	.17	.18	.19	.19	.20
2	1	.47	.81	.90	.92	.93	.93
	2	.42	.60	.68	.72	.78	.81
	3	.37	.48	.58	.61	.61	.67
	4	.32	.40	.48	.50	.52	.57
	5	.28	.33	.40	.42	.44	.48
	6	.26	.29	.35	.37	.38	.40
	7	.23	.26	.30	.32	.33	.34
	8	.21	.23	.26	.27	.28	.29
	9	.18	.20	.23	.24	.25	.25
	10	.16	.18	.19	.21	.22	.22
3	1	.48	.83	.92	.94	.95	.95
	2	.44	.63	.72	.77	.82	.85
	3	.40	.51	.61	.65	.69	.71
	4	.35	.42	.50	.54	.58	.61
	5	.31	.36	.42	.46	.49	.52
	6	.28	.31	.37	.39	.41	.43
	7	.25	.28	.32	.34	.35	.36
	8	.22	.25	.27	.29	.30	.30
	9	.19	.21	.24	.25	.26	.26
	10	.17	.19	.22	.23	.23	.23
4	1	.48	.84	.93	.95	.96	.97
	2	.46	.66	.76	.82	.85	.86
	3	.42	.53	.64	.69	.73	.75
	4	.37	.44	.52	.58	.62	.64
	5	.33	.38	.44	.49	.52	.54
	6	.29	.33	.38	.41	.43	.45
	7	.26	.29	.33	.35	.37	.37
	8	.22	.26	.28	.30	.31	.32
	9	.20	.22	.25	.26	.26	.27
	10	.18	.19	.22	.23	.23	.24
5	1	.48	.84	.93	.95	.97	.97
	2	.46	.68	.83	.85	.86	.87
	3	.42	.57	.67	.71	.75	.77
	4	.37	.48	.57	.61	.64	.66
	5	.33	.42	.48	.52	.54	.56
	6	.30	.36	.40	.43	.45	.47
	7	.27	.30	.34	.36	.37	.38
	8	.23	.26	.29	.30	.31	.32
	9	.20	.23	.25	.26	.27	.27
	10	.18	.20	.22	.23	.24	.25

## Puntos a lo ancho del cuarto

#### VI. 2.4. Iluminación con Reflectores.

La iluminación con reflectores es un método de cálculo para áreas exteriores. A este sistema se le conoce bajo dos nombres: "Iluminación por Proyección" o "Iluminación por Inundación".

Las áreas en las que más se aplica este sistema son las siguientes:

- a) Zonas extensas al aire libre.
- b) Zonas de estacionamiento de aeronaves.
- c) Edificios y monumentos.
- d) Parques y jardines.
- e) Campos deportivos.

Pasos para la selección de equipo.

- 1.- Determinar el nivel luminoso.- Se debe determinar de acuerdo con las recomendaciones de la Illuminating Engineering Society (IES) o la tabla de la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A. C.
- 2.- Seleccionar el tipo de lámpara.- Es necesario hacer un análisis comparativo para seleccionar la fuente de luz más apropiada al lugar y tipo de tarea a realizar. La tabla del capítulo II puede ayudar.
- 3.- Selección del tipo de reflector o luminario.- Existen varios tipos de reflectores, según la abertura



del haz luminoso.

Históricamente se han considerado dos tipos básicos de reflectores: para uso rudo y servicio general.

4.- Determinar el coeficiente de utilización del haz.-

Se le llama coeficiente de utilización del haz al porcentaje del haz luminoso que incide en el área por iluminar, puede variar entre 60 y 90%, aunque algunos fabricantes toman esta variación entre 60 y 100%. Si el haz es más amplio de lo necesario, una cantidad excesiva de luz caerá fuera de la superficie por iluminar y el coeficiente será bajo, es decir, mientras mayor sea la superficie por iluminar, mayor es el coeficiente.

La determinación precisa del coeficiente de utilización del haz (CUB) , sólo es posible después de haber seleccionado los puntos a los que ha de dirigirse la luz.

Si tenemos un área, por ejemplo una fachada o anuncio, y queremos utilizar el sistema de iluminación por proyección, utilizando el arreglo de la figura 21 y la curva isocandela de un luminario de haz abierto. Fig. 22. Procedemos a localizar los puntos en el diagrama isocandela, se unen éstos y se suman las cantidades de lumen dadas en la curva, se dividen éstas sumas entre los lúmenes totales

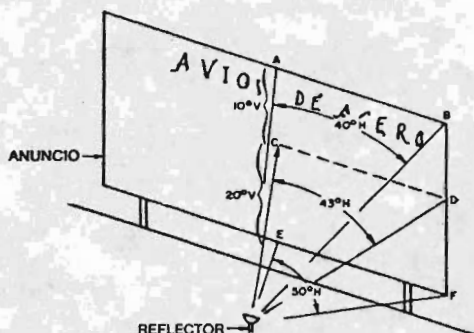


Fig.21

### Curva de Distribución Luminosa

Equipo Probado.  
 Tipo-ADE-12  
 Reflector - Haz Abierto  
 Reflector Aux. - Ninguno  
 Lentes - Plano Transparente  
 Lámpara  
 Watts - 300 Bulbo-PS-30  
 Volts - 115 Tipo Fil.-C-9  
 Lumens - 5950  
 L.C.L. - 15.24 cm  
 Resultados:  
 Prom. Máx Bujias - 3039  
 Lumens Haz Luminoso - 2748  
 Eficiencia Haz Lum. - 46.2%  
 Difusión del Haz Lum.:  
 H-140° V-64°  
 Máx. en Bujias 3310

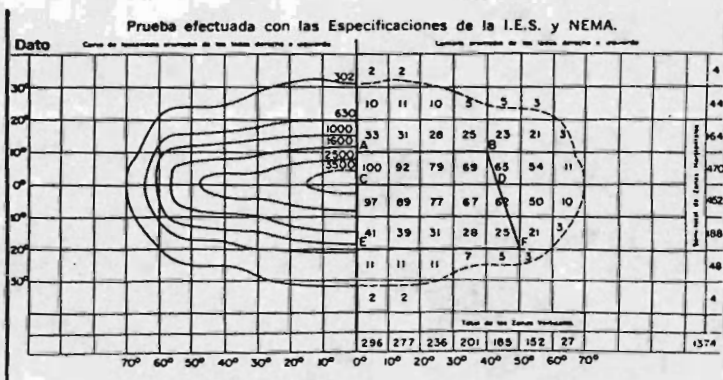


Fig.22. Los puntos indicados con letras en el anuncio corresponden a los indicados en la curva de distribución luminosa. El coeficiente de utilización es la relación de los lumens que caen dentro de la línea ABFE entre los lumens del haz luminoso.

dados también en la curva, el resultado obtenido se rá el coeficiente de utilización del haz.

- 5.- Estimar el factor de conservación (FM). Se deben considerar las pérdidas por depreciación luminosa a lo largo de la vida de la lámpara y también las pérdidas debido a la acumulación de polvo en la fuente de luz, el reflector y la tapa de vidrio. El factor varía generalmente entre 0.65 y 0.85, este dato lo proporciona el fabricante.
- 6.- Determinar el número de reflectores.- Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Número de Proyectorios necesarios} = \frac{\text{Superficie por Iluminar} \times \text{Nivel luminoso}}{\text{Lumenes del Haz} \times \text{CBU} \times \text{FM}}$$

También puede calcularse, obteniendo primero el flujo luminoso total dirigido hacia la fachada o área por iluminar:

$$\phi \text{ Total} = \frac{AE}{n}$$

Donde:  $\phi$  = Flujo luminoso.

A = Superficie del área

E = Nivel luminoso

n = Factor de utilización y pérdidas de luz

Después se calcula el número de reflectores de la

siguiente manera:

$$\text{Número de reflectores} = \frac{\emptyset \text{ Flujo Luminoso Total}}{\emptyset \text{ Flujo Luminoso por Reflector}}$$

Otro método para calcular el número de reflectores es el método de "Punto por punto", es decir, se calcula la intensidad luminosa en candelas que debe ser irradiada por la fuente luminosa en determinada dirección para producir el nivel luminoso deseado.

Esta intensidad se calcula de las siguientes formas:

$$\text{a) } I = Ed^2 \text{ . ( Ver fig. 23a.)}$$

$$\text{b) } I = \frac{Eh^2}{\text{Sen}\theta^2 \text{ cos}\theta} \text{ (Ver fig. 24b.)}$$

Donde:

E = Iluminación vertical en la fachada en lux

h = Altura en metros entre el plano de montaje de los reflectores y el punto donde el centro del haz de luz incide en la fachada.

$\theta$  = Angulo con el cual el haz de luz incide en la fachada.

Mediante el uso de diagramas de intensidad luminosa o tablas y conociendo el valor de la intensidad luminosa requerida, se puede determinar el tipo de reflector necesario.

Este método de cálculo de candelas, sirve también para comprobar la uniformidad de nivel luminoso en el área, una vez que se ha usado el método de lúmenes.

Si con las fórmulas de método de punto por punto calculamos el nivel luminoso, tendremos que utilizar las curvas isocandela o tablas de datos fotométricos, de la misma manera como se describe en la explicación de este método, en éste capítulo.

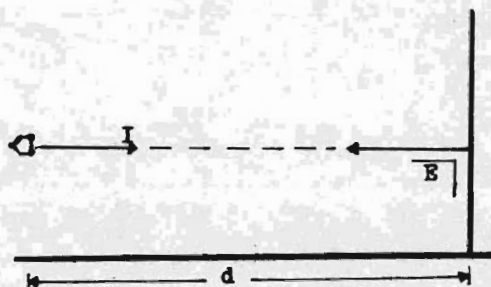


Fig. 23a.

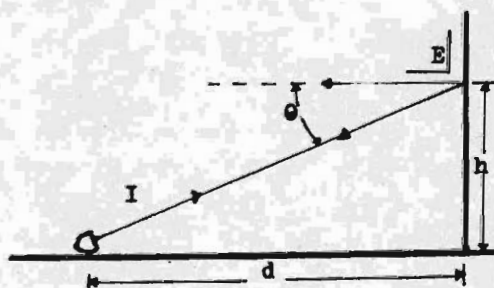


Fig. 23b.

## CAPITULO SEPTIMO

## ILUMINACION DEL CENTRO DE SERVICIO DE ACERO

Como ya se mencionó en la introducción, este centro contará con varias zonas de diferente tipo de actividades. Fig.24.

Los trabajos a desarrollar en cada área y edificio son los siguientes:

Oficinas.- Aquí se realizarán funciones de lectura, archivo, contabilidad, auditoría, etc., utilizando máquinas de escribir y calculadoras.

Caseta de básculas.- Es el lugar donde se encuentran las personas que observarán la lectura de las básculas, se imprimirán boletos de pesaje, se utilizarán calculadoras y máquinas de escribir para facturación y otras.

Taller de mantenimiento de vehículos.- Se realizarán aquí las funciones de reparación general, incluyendo montaje y desmontaje de piezas, pruebas, inspección, etc.

Almacén de producto terminado.- Aquí se realizarán las funciones de acomodo o estiba de producto semi-procesado y producto terminado.

Almacén de materia prima.- Se almacenarán en este lugar

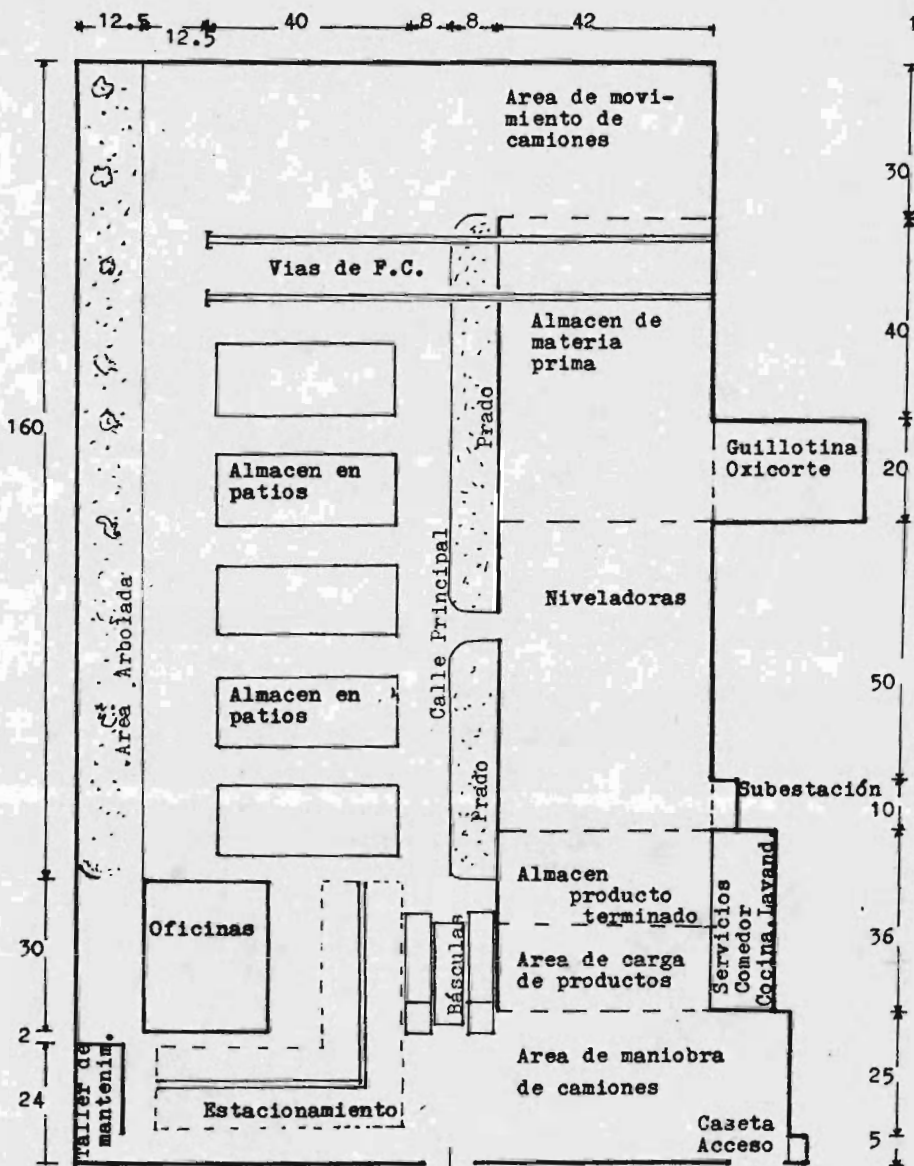


Fig.24.

"AVIOS DE ACERO". Planta de conjunto.  
 Escala 1:1000 (Las cotas rigen sobre la escala)  
 Acotaciones: En metros.

las materias primas que provienen del exterior del Centro de Servicio de Acero para el maquilado.

Area de carga de productos.- Se cargarán en este lugar los productos terminados que se transportarán en camiones.

Subestación eléctrica.- Es una subestación reductora y tendrá por lo tanto, tableros de control para la distribución de energía eléctrica en las diferentes zonas.

Niveladora de placa.- Es aquí donde los rollos de hoja lata, lámina, y placa, se cortarán en secciones según se necesite, es decir, el rollo puede cortarse en diferentes dimensiones para obtener el ancho de las hojas según las indicaciones del cliente.

Guillotina.- Se tendrán guillotinas para el corte de varilla a diferentes medidas; en este lugar se procederá a doblar la varilla en los casos necesarios.

Oxicorte.- En esta área se cortará hojalata, lámina y placa, a la medida que los clientes la soliciten. El rollo se montará en un carrete y se procede al desdoblado, desoxidado y corte.

Almacén en patios.- Se almacenarán aquí diferentes productos tales como varilla, ángulo, alambón, etc. Será un área de almacenamiento activa.



Areas de movimientos y maniobras de camiones.- Es el lugar donde los camiones esperarán su turno de carga y descarga y realizarán las maniobras de acomodo para la carga y descarga de materiales.

Vías de ferrocarril.- Llamadas "escape particular", será la sección donde circulen los carros de ferrocarril usados para el transporte de material en las etapas de recepción y distribución.

Area de carga y descarga de ferrocarril.- Como en proyecto de obra civil no existen vías para poder llevar los carros de ferrocarril hasta todas las naves y patios de almacenaje, entonces las funciones de carga y descarga serán en las vías del escape en cualquier sección.

Caseta de acceso.- Es el lugar donde se registrarán la entrada de personal y clientes.

Taller de mantenimiento de vehículos.- En este lugar se realizarán labores de armado y desarmado de maquinaria.

Lavandería.- Para el uso de los obreros, tipo ordinario.

Comedores.- Serán comedores de tipo general para el personal de la empresa.

Cocina.- Tipo general para la preparación de alimentos.

Baños.- Tipo general con excusados, mingitorios, lava-

bos y espejos generales.

Regaderas.- Serán regaderas generales.

Estacionamiento.- Será de tipo general para vehículos de la empresa y clientes.

Calles.- Usadas para tránsito de peatones y vehículos.

Áreas arboladas y jardines.- Serán áreas de ornato y se realizarán en ellas funciones de jardinería.

Las dimensiones de cada una de estas áreas se dan en el plano de conjunto y en la sección de cálculos para cada una de ellas.

Es necesario recordar que la iluminación debe ser diferente para cada tipo específico de actividad, así pues, el trabajo realizado en la industria cubre una gama de actividades mucho más variada que el de las oficinas y escuelas.

El sistema de alumbrado está determinado principalmente por la naturaleza del trabajo a realizar, la forma del espacio que se ilumina y el tipo de estructura del techo.

Los fabricantes recomiendan, mediante estudios, los tipos de lámparas y luminarias a emplear de acuerdo con las necesidades. Es claro que, por ejemplo, en lugares donde existen vapores, se utilicen o recomiende instalar luminarios a

prueba de vapor.

Para el caso de las zonas del Centro de Servicio de Acero, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos en cada área:

a) Naves de gran altura.- Las fuentes de luz deben colocarse también a gran altura, esto se hace, con el fin de mantener las fuentes de luz fuera del campo de las grúas, montacargas, etc. Desde el punto de vista técnico, económico y de mantenimiento, se pueden usar en este tipo de áreas cualquiera de los tipos de lámparas de alto rendimiento (vapor de mercurio, vapor de sodio alta presión, etc.).

b) Oficinas.- El alumbrado de oficinas puede diseñarse de un modo más esquemático que el de otras instalaciones por que la altura de techo es casi siempre la misma, el plano de trabajo es casi siempre el mismo, las tareas visuales son bien definidas, etc. Generalmente se recomiendan luminarios con lámparas fluorescentes por tener rendimiento luminoso aceptable, y una distribución de luz más amplia evitando las sombras.

c) Sanitarios y regaderas.- Tal como en oficinas, las actividades a realizar son bien definidas y el tipo de luminarias recomendadas para las regaderas, son las luminarias a prueba de vapor.

d) Áreas exteriores.- Las tareas visuales son muy variadas y por tanto los niveles luminosos recomendados también. Pueden emplearse luminarias montadas en postes, paredes, piso, etc., pueden ser luminarias del tipo para iluminación de calles, parques, y también pueden emplearse reflectores, dependiendo de las necesidades. Deben montarse fuera del campo de acción de maquinaria, vehículos, etc.

La elección del tipo más adecuado de lámpara se puede hacer con ayuda de las tablas del capítulo II y con un estudio comparativo entre dos o más fuentes.

Es necesario aclarar que para las tareas en las naves de producción, almacenaje, no se necesita una gran distinción de detalles y colores para los trabajos a realizar, lo mismo sucede en los patios de almacenaje, calles, jardines, estacionamiento y en general en áreas exteriores.

Una vez que se han estudiado los diferentes métodos de calcular de iluminación y determinado el tipo de lámpara y luminario más adecuados, se procede a realizar los cálculos del número y distribución de las lámparas en cada una de las áreas del Centro de Servicio.

Los niveles de iluminación que se requieren pueden ser seleccionados de las tablas de niveles que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, A. C. (SMII),

y la Illuminating Engineering Society de U.S.A. (ver tablas de estos niveles en el Capítulo I), y que para nuestro caso serán los siguientes:

AREAS INTERIORES	NIVELES RECOMENDADOS (Luxes)	
	IES	SMII
Oficinas	1,000	600
Caseta de básculas	1,000	600
Almacén de producto terminado	200	100
Almacén de materia prima	200	100
Area de carga de producto	200	100
Taller mecánico	1,000	600
Subestación eléctrica	300 (SEPAFIN)	
Caseta de acceso	700	400
Comedores	300	200
Lavandería	500	300
Cocina	300	200
Baños, regaderas	300	200
Niveladora de placa	500	300
Guillotina	500	300
Oxicorte	500	300
	IES	
	SMII	
	LUXES	
AREAS EXTERIORES		
Almacén en patios (activos)	200	

<u>AREAS EXTERIORES</u>	<u>IES SMII LUXES</u>
Estacionamiento	50
Areas arboladas	20
Calles	50
Areas de movimientos y maniobras de camiones	50
Vías de ferrocarril	50
Area de carga y descarga de ferrocarril	200

Cualquiera de los valores anteriormente expuestos cumplen también con lo establecido por el reglamento general de seguridad e higiene en el trabajo de nuestro país.

En lo que respecta al nivel luminoso necesario en una subestación eléctrica tomaremos el indicado en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas de SEPAPIN (300 luxes).

Los valores dados por la SMII son menores que los recomendados por la IES de U.S.A., pero son aplicables para nuestro caso, pues la SMII ha acordado recomendar, los niveles anteriormente expuestos, como valores aplicables en forma económica en México.

#### VII.1 Iluminación Interior

La iluminación interior del centro de servicio, comprende el alumbrado de las siguientes zonas:

- a) Oficinas
- b) Caseta de básculas
- c) Subestación eléctrica
- d) Caseta de acceso
- e) Comedores
- f) Cocina
- g) Regaderas
- h) Baños
- i) Lavandería
- j) Almacén de materia prima
- k) Almacén de producto terminado
- l) Area de carga de productos
- m) Niveladoras de placa
- n) Guillotina
- o) Oxicorte
- p) Taller de mantenimiento de vehículos

En todas estas áreas, se considerará la altura de montaje de los luminarios igual a la altura del techo con respecto al piso, pues desconociendo dimensiones de mobiliario y equipo de trabajo, se tendrá el caso más extremo que es suponer que la tarea se desarrolla al nivel del suelo, excepto otra indicación.

Igualmente consideraremos las reflectancias de techo, paredes y piso como las recomendables: reflectancia de techo

= 80%; reflectancia de paredes = 50%; reflectancia de piso = 20%, excepto otra indicación.

a) Oficinas

Datos

Largo (L) = 30 m.

Ancho (A) = 24 m.

Altura (H) = 2.70 m.

Area (S) = 720 m<sup>2</sup>.

Nivel luminoso (NI) = 600 luxes

Reflectancias de techo, paredes y piso = 80%, 50% y 20% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con cuatro lámparas de 38w c/u, 127 VCA, 60 Hz. De 60x122cm.

Tipo embutir. 11600 lumens.

Ambiente: Limpio

Indice de cuarto: A

Coefficiente de Utilización (CU) = 0.79

Coefficiente de Mantenimiento (CM) = 0.86

Coefficiente de Depreciación (CD) = 0.91

Relación espaciamento máximo/Altura de montaje (RS/MH) = 1.7

Espaciamento máximo = 1.7 x 2.70 = 4.59 m.

No. de luminarios =  $\frac{720 \times 600}{0.79 \times 0.86 \times 0.91 \times 11600} = 60.23 \approx 60$

Area promedio por luminario =  $\frac{720}{60} = 12 \text{ m}^2$ .



Espaciamiento promedio =  $\sqrt{12} = 3.46$  m.

Número de luminarios a lo largo =  $\frac{30}{3.46} = 8.67$

Número de luminarios a lo ancho =  $\frac{24}{3.46} = 6.93$

Se propone que se instalen 7 hileras de 9 luminarios cada una.

Si usáramos lámparas incandescentes de un consumo aproximadamente igual a la potencia consumida por el luminario anterior tendríamos lo siguiente:

Watts por lámpara = 200

Lumens por lámpara = 3,500

CU = 0.57

CD = 0.93

CM = 0.86

Número de lámparas =  $\frac{720 \times 600}{0.57 \times 0.86 \times 0.93 \times 3500} = 270.74$

Si comparamos este último resultado con el que obtuvimos usando luminarios fluorescentes vemos que se necesitarían 4 veces más el número de lámparas incandescentes que el número de luminarios fluorescentes, lo cual indica que se consumiría más energía, necesitándose más accesorios como salidas, más alambrado, y un transformador en la subestación de capacidad mucho más elevada.

Esto nos da una idea de cuántas lámparas incandescentes necesitaríamos, para proporcionar el nivel luminoso adecuado, en cada una de las otras áreas.

b) Caseta de básculas

Datos

L = 20 m.

A = 4 m.

H = 2.80 m.

S = 80 m<sup>2</sup>.

NI = 600 luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso = 80%, 50% y 20% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38Wc/u 127VCA, 60Hz, de 30x122 cm. Tipo sobreponer. 5,800 lumens.

Ambiente: Regular

Indice de cuarto: D

CU = 0.63

CM = 0.8

CD = 0.91

RS/MH = 1.7

Espaciamiento máximo =  $1.7 \times 2.70 = 4.59$  m.

No. de luminarios =  $\frac{80 \times 600}{0.63 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 18.04 \approx 18$

Area promedio por luminario =  $\frac{80}{18} = 4.44$  m<sup>2</sup>.

Espaciamiento promedio =  $\sqrt{4.44} = 2.108$  m.

No. de luminarios a lo largo =  $\frac{20}{2.108} = 9.48$

No. de luminarios a lo ancho =  $\frac{4}{2.108} = 1.897$

Pueden distribuirse en dos hileras de nueve luminarios cada una.

### c) Subestación eléctrica

#### Datos

L = 10 m.

A = 6 m.

H = 3 m.

S = 60 m<sup>2</sup>.

NI = 300 luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso = 80%, 50%, 20% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W c/u 127 VCA, 60Hz de 30x122m. Tipo industrial. 5800 lumens.

Ambiente: Regular

Indice de cuarto: E

CU = 0.60

CM = 0.8

CD = 0.91

RS/MH = 1.3

Espaciamiento máximo = 1.3x3 = 3.9

$$\text{No. de luminarios} = \frac{60 \times 300}{0.6 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 7.10 \approx 7$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{60}{7} = 8.57 \text{ m}^2.$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{8.57} = 2.92 \text{ M.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{10}{2.92} = 3.42$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{6}{2.92} = 2.054$$

Pueden instalarse 2 hileras de 4 luminarios cada uno o tomar en cuenta que el equipo de la subestación es alto y se instala en un extremo, y de acuerdo con eso, pueden centrarse entre el extremo del equipo de la subestación y el muro.

d) Caseta de acceso

Datos

$$L = 5 \text{ m.}$$

$$A = 3.50 \text{ m.}$$

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

$$S = 17.5 \text{ m}^2.$$

$$NI = 400 \text{ luxes}$$

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 20% respectivamente.

Ambiente : Limpio

Indice de cuarto: H

$$CU = 0.44$$

$$CM = 0.8$$

$$CD = 0.91$$

$$RS/MH = 1.2$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1.2 \times 2.80 = 3.36 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{17.5 \times 400}{0.44 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 3.76$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{17.5}{3.76} = 4.65 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{4.65} = 2.15 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{5}{2.15} = 2.32$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{3.50}{2.15} = 1.62$$

Se pueden instalar dos hileras de 2 luminarios cada una.

#### e) Comedor

##### Datos

$$L = 12 \text{ m.}$$

$$A = 6 \text{ m.}$$

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

$$S = 72 \text{ m}^2.$$

$$MI = 200 \text{ luxes}$$

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50%, 30% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W c/u, 127VCA, 60Hz de 30x122 cm. Tipo embutir. 5800 lumens.

Ambiente: limpio

Indice de cuarto : E

$$CU = 0.6$$

$$CM = 0.8$$

$$CD = 0.91$$

$$RS/MH = 1.2$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1.2 \times 2.80 = 3.36$$

$$\text{Número de luminarios} = \frac{72 \times 200}{0.6 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 5.68 \approx 6$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{72}{6} = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{12} = 3.46 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{12}{3.46} = 3.46$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{6}{3.46} = 1.73$$

Se recomienda instalar dos hileras de 3 luminarios cada una.

#### f) Cocina

##### Datos

$$L = 9.6 \text{ m.}$$

$$A = 5.9 \text{ m.}$$

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

$$S = 56.64 \text{ m}^2.$$

$$NI = 200 \text{ luxes}$$

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 30% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W c/u, 127VCA, 60Hz, de 30x122 cm. Tipo embutir. 5800 lumens.

Ambiente : Limpio

Indice de cuarto : E

$$CU = 0.6$$

$$CM = 0.8$$

$$CD = 0.91$$

$$RS/MH = 1.2$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1.2 \times 2.80 = 3.36$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{56.64 \times 200}{0.6 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 4.47$$

Se recomienda emplear 6 luminarios, pues si utilizamos 4 bajamos el nivel luminoso a:

$$NI = \frac{4 \times 0.6 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800}{56.64} = 178.9 \text{ luxes}$$

Y el mínimo recomendado por la SMII es 200 luxes.

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{56.64}{6} = 9.44 \text{ m}^2.$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{9.44} = 3.072 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{9.6}{3.072} = 3.12$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{5.9}{3.072} = 1.92$$

Se recomienda instalar dos hileras de 3 luminarios cada una.

#### g) Regaderas

Se encuentran divididas en dos secciones.

Datos comunes:

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

NI = 200 luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 30% respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W c/u, 127VCA, 60Hz de 30 x 122 cm.  
Tipo embutir a prueba de vapor. 5800 lumens.

Ambiente: Limpio

RS/MH = 1.2

Espaciamiento máximo = 1.2 x 2.80 = 3.36 m.

Datos 1ª Sección

L = 6 m.

A = 3.15 m.

S = 18.9 m<sup>2</sup>

Indice de cuarto : H

CU = 0.44

CM = 0.8

CD = 0.91

No. de luminarios =

$$\frac{18.9 \times 200}{0.44 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} =$$

$$= 2.03 \approx 2$$

Se instalarán 2 luminarios en una sola fila.

Datos 2ª Sección

L = 6 m.

A = 2.10 m.

S = 12.6 m<sup>2</sup>

Indice de cuarto : I

CU = 0.39

CM = 0.8

CD = 0.91

No. de luminarios =

$$\frac{12.6 \times 200}{0.39 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} =$$

$$= 1.53$$

Se instalarán 2 luminarios en una sola fila.



## h) Sanitarios

Datos

L = 5.30 m.

A = 1.90 m.

H = 3.00 m.

S = 10.07 m<sup>2</sup>

NI = 200 luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 30%  
respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W  
c/u, 127VCA, 60Hz de 30 x 122 cm.  
Tipo embutir. 5800 Lumens.

Ambiente: Limpio

Indice de cuarto: I

CU = 0.39

CM = 0.8

CD = 0.91

RS/MH = 1.2

Espaciamiento máximo = 1.2 x 3.00 = 3.6

$$\text{No. de luminarios} = \frac{10.07 \times 200}{0.39 \times 0.8 \times 0.91 \times 5800} = 1.22$$

Se instalarán dos luminarios en una sola fila y al cen-  
tro del local.

1) Lavandería

$$L = 5.70 \text{ m.}$$

$$A = 4.50 \text{ m.}$$

$$H = 2.80 \text{ m.}$$

$$S = 25.65 \text{ m}^2$$

$$NI = 300 \text{ luxes.}$$

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 30%  
respectivamente.

Luminario recomendado: Fluorescente con dos lámparas de 38W  
c/u, 127VCA, 60Hz de 30 x 122 cm.

Tipo embutir, a prueba de vapor y  
agua. 5800 lumens.

Ambiente: Limpio

Índice de cuarto: G

$$CU = 0.51$$

$$CD = 0.91$$

$$CM = 0.8$$

$$RS/MH = 1.2$$

$$\text{Espaciamiento máximo } 1.2 \times 2.80 = 3.36$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{25.65 \times 300}{0.51 \times 0.91 \times 0.8 \times 5800} = 3.57 \approx 4$$

$$\text{Área promedio por luminario} = \frac{25.65}{4} = 6.41$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{6.41} = 2.53$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{5.70}{2.53} = 2.25$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{4.50}{2.53} = 1.77$$

Se recomienda instalar dos hileras de 2 luminarios cada una.

Ahora usando el método de cavidad zonal tenemos:

- Cavidad de techo  $H_{ct} = 0$  porque los luminarios están montados sobre techo o plafón.
- Cavidad de cuarto  $H_{cl}$ . Considerando el plano de trabajo a 75 cm. sobre el nivel de piso tendremos que  $H_{cp} = 2.80 - 0.75 = 2.05$  m.

$$R_{cl} = 5 (2.05) \frac{(5.70 + 4.50)}{(5.70 \times 4.50)} = 4.076$$

$$R_{cp} = 5 (0.75) \frac{(5.70 + 4.50)}{5.70 \times 4.50} = 1.49$$

Con el uso de tablas de reflexión efectiva de techo o piso tendremos:

% Reflexión efectiva de techo = 80

% Reflexión efectiva de piso = 25.55

Con los datos anteriores y de tablas del fabricante encontramos que  $CU = 0.52$ .

$$\text{No. de luminarios} = \frac{25.65 \times 300}{0.52 \times 0.91 \times 0.8 \times 5800} = 3.50 \approx 4$$

Como puede verse los resultados son muy aproximados a los obtenidos por medio del método de los lúmens.

j) Almacén de materia prima

Este almacén se encuentra dentro de una nave industrial,

la cual tiene acceso a carros de ferrocarril por medio de vías.

En los patios de almacenaje activos, la SMII recomienda un nivel luminoso de 200 luxes y en los almacenes activos en interiores recomienda 100 luxes para piezas medianas, pero recordando que se manejarán piezas grandes, como varillas, grandes rollos de lámina, etc., utilizaremos en estas áreas, donde se manejen piezas toscas, ya sea almacenaje o carga y descarga, un nivel luminoso de 100 luxes.

En las áreas donde se tengan labores de transformación del producto se aplicarán los niveles luminosos correspondientes.

Hechas estas observaciones pasamos al cálculo de número de luminarios para el almacén de materia prima.

#### Datos

L = 60 m.

A = 42 m.

H = 9,50 m.

S = 2520 m<sup>2</sup>.

NI = 100 luxes.

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 20%

respectivamente.

Luminario recomendado: A prueba de polvo con lámpara de vapor de sodio alta presión de 250W, 220VCA, 60Hz. 25,500 lumens.

Ambiente: Regular

Índice de cuarto: E

Si tenemos las lámparas montadas en el techo y el plano de trabajo a una altura de 1 m. sobre el nivel del piso, de tablas de relaciones de cavidad y reflectancias efectivas tenemos:

$$R_{ct} = 0$$

$$R_{cl} = 2.0$$

$$R_{cp} = 0.2$$

Las reflectancias efectivas son:

$$- \text{Techo} = 80\%$$

$$- \text{Fiso} = 20\%$$

Con estos datos y con los del fabricante tenemos que:

$$CU = 0.666$$

$$CM = 0.6$$

$$CD = 0.9$$

$$R3/PH = 1.9$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1.9 \times 9.5 = 18.05 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{2520 \times 100}{0.666 \times 0.6 \times 0.9 \times 25,500} = 27.47 \approx 28$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{2520}{28} = 90 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{90} = 9.48 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{60}{9.48} = 6.32$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{42}{9.48} = 4.43$$

Se recomienda instalar 4 hileras de 7 luminarios cada

Ahora si usáramos un luminario con lámpara de vapor de mercurio de 250W, 13,000 lumens y con los datos siguientes:

$$\text{CU} = 0.61$$

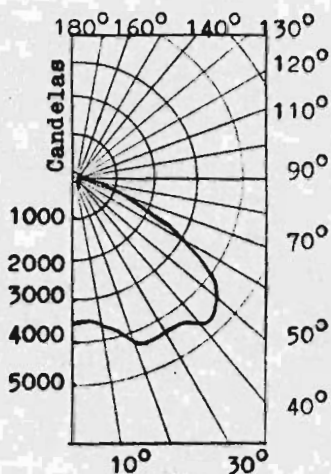
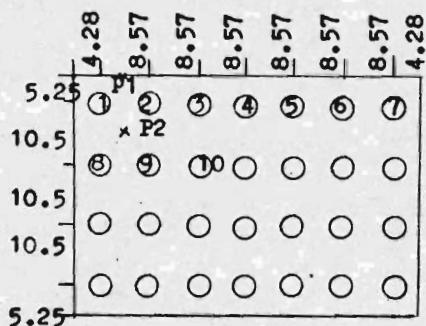
$$\text{CM} = 0.6$$

$$\text{CD} = 0.9$$

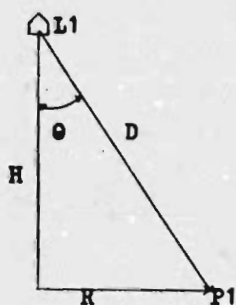
$$\text{No. de luminarios} = \frac{2520 \times 100}{0.61 \times 0.6 \times 0.9 \times 13,000} = 58.84$$

Vemos que usando lámparas de este tipo, vapor de mercurio, tendríamos que usar un mayor número de lámparas, más del doble, consumiendo por lo tanto, el doble de energía y que además propiciarían el uso de un mayor número de salidas y conductores para la alimentación eléctrica, así mismo, como se mencionó anteriormente, se tendría que usar un transformador con capacidad más alta.

Ahora utilizando el método de "punto por punto", tenemos que el arreglo propuesto de las lámparas de vapor de sodio de alta presión dentro del local y, la curva fotométrica de la luminaria empleada son las siguientes:



Tomando como puntos críticos P1, P2 y calculando el nivel luminoso en cada uno tenemos para P1:



$$R^2 = (4.25)^2 + (4.25)^2$$

$$R = 6.01 \text{ m.}$$

$$D^2 = H^2 + R^2 = (9.50)^2 + (6.01)^2$$

$$D = 11.24$$

$$\cos \theta = \frac{9.50}{11.24} = 0.84$$

$$\theta = \arccos 0.84 = 32.30^\circ$$

Usando la curva de distribución vemos que para un ángulo de  $32.30^\circ$ , corresponden 4600 candelas.

$$\text{Luxes en P1} = \frac{\text{Potencia en candelas} \times \cos \theta}{D^2} = \frac{4600 \times 0.84}{(11.24)^2} = 30.58$$

(debido a L1)

La contribución por el luminario  $L_2$  sería la misma por la simetría del punto respecto a  $L_1$  y  $L_2$ . La iluminación en ese punto debida a  $L_8$  se calcula de la forma siguiente:

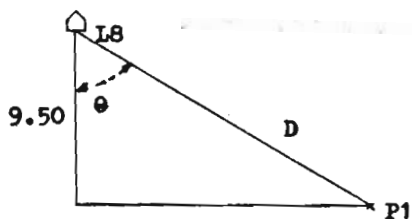
$$R^2 = (10.5 + 4.25)^2 + (4.42)^2$$

$$R = 15.39 \text{ m.}$$

$$D^2 = (9.50)^2 + (15.39)^2 = (18.08)^2$$

$$\cos\theta = \frac{9.50}{18.08} = 0.52$$

$$\theta = \arccos 0.52 = 58.66^\circ$$



Según la curva para  $\theta = 58.66^\circ$  tendremos 3,600 candelas.

$$\text{Luxes en } P_1 = \frac{3,600 \times 0.52}{(18.08)^2} = 5.72$$

(debido a  $L_8$ )

La aportación de el luminario  $L_9$  sería la misma por encontrarse a la misma distancia del punto  $P_1$  que  $L_8$ .

La contribución de los luminarios  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_8$ ,  $L_9$ , es:  
 $(30.58 + 30.58 + 5.72 + 5.72) \text{ luxes} = 72.72$

Vemos que estos 4 luminarios no proporcionan en  $P_1$  un nivel luminoso de aproximadamente 100 luxes, pero considerando las aportaciones de los demás luminarios puede apreciarse que si se llegaría a un nivel luminoso aproximado a 100 luxes.

Para el punto  $P_2$  se pueden utilizar los mismos resultados que se obtuvieron en  $P_1$  debido a  $L_1$ , pues las aportacio-



nes en  $P_2$  debido a  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_8$  y  $L_9$  son 4 veces la aportación en  $P_1$  debido a  $L_1$ .

Luxes en  $P_2 = 32.58$   
(debido a  $L_1$ )

Luxes en  $P_2 = 32.58$   
(debido a  $L_2$ )

Luxes en  $P_2 = 32.58$   
(debido a  $L_8$ )

Luxes en  $P_2 = 32.58$   
(debido a  $L_9$ )

Luxes en  $P_2 = 32.58 + 32.58 + 32.58 + 32.58 = 130.32$   
(debido a  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_8$  y  $L_9$ )

$$130.32 > 100$$

Vemos que si se tiene en  $P_2$  el nivel luminoso mínimo re querido.

0) y 1) Almacén de producto terminado y área de carga de producto

Datos de cuarto

$L = 42$  m.

$A = 36$  m.

$H = 9.50$  m.

$S = 1512$  m<sup>2</sup>

$NI = 100$  luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 20%

respectivamente.

Luminario recomendado: A prueba de polvo con lámpara de vapor

de sodio alta presión de 250W, 220VCA,  
60Hz, 25,500 lumens.

Ambiente: Regular

Altura de montaje (sobre un plano de trabajo de 1m.) = 8.50 m.

Usando tablas de relaciones de cavidad y de reflectancias efectivas tenemos:

Rct = 0

Rcl = 2.1

Rcp = 0.25

Reflectancia efectiva de techo = 80%

Reflectancia efectiva de piso = 20%

CU = 0.64

CM = 0.6

CD = 0.9

RS/MH = 1.9

Espaciamiento máximo  $1.9 \times 9.5 = 18.05$  m.

No. de luminarios =  $\frac{1512 \times 100}{0.64 \times 0.6 \times 0.9 \times 25,500} = 17.15$

Como puede verse en el plano de conjunto de el centro de servicio de acero, los almacenes de materia prima, producto terminado, el área de niveladoras y el área de carga de productos están en una gran nave seccionada, es por esto que para tener simetría en la instalación de los luminarios, se recomienda instalar en el almacén de producto terminado y el área de carga de productos 4 hileras de 5 luminarios cada

una, sin afectar mucho el nivel luminoso requerido, ya que el nivel luminoso que se utiliza para el cálculo del número de luminarios es el nivel mínimo recomendado.

m) Niveladoras de placa

Ámbas zonas de trabajo estén ubicadas en un área común, y además necesitan el mismo nivel luminoso.

Datos

L = 60 m.

A = 42 m.

H = 9.5 m.

S = 2520 m<sup>2</sup>.

NI = 300 luxes.

Ambiente : Regular

Estos datos concuerdan con los del almacén de materia prima, excepto el nivel luminoso que es el triple; tenemos entonces, que utilizando el mismo tipo de luminario necesitamos el triple de luminarios, es decir:

$$\text{No. de luminarios} = \frac{2520 \times 300}{0.666 \times 0.6 \times 0.9 \times 25500} = 82.43 \approx 83$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{2520}{83} = 30.36 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{30.36} = 5.51 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{60}{5.51} = 10.88$$

$$\text{No. de luminarios a lo ancho} = \frac{42}{5.51} = 7.62$$

Se recomienda instalar 8 hileras de 11 luminarios cada una.

n) y o) Guillotina y Oxicorte

Ambos departamentos están dentro de una misma nave.

#### Datos

$$L = 30 \text{ m.}$$

$$A = 20 \text{ m.}$$

$$H = 9.50 \text{ m.}$$

$$S = 600 \text{ m}^2 \circ$$

$$NI = 300 \text{ luxes}$$

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 20%  
respectivamente.

Luminario recomendado: A prueba de polvo con lámpara de vapor de sodio alta presión, 250W, 220 VCA, 60Hz, 25,500 lumens.

Ambiente: Regular

Altura de montaje (sobre un plano de trabajo de 1 m.) 8.50 m.

Usando tablas de relaciones de cavidad y reflectancias efectivas tenemos:

$$R_{ct} = 0$$

$$R_{cl} = \frac{5 \times 8.50 (30 + 20)}{30 \times 20} = 3.54$$

$$R_{cp} = \frac{5 \times 1 (30 + 20)}{30 \times 20} = 0.41$$

Reflectancia efectiva de techo= 80%

Reflectancia efectiva de piso= 20%

Los datos de fabricante son:

$$CU = 0.54$$

$$CM = 0.6$$

$$CD = 0.9$$

$$RS/MH = 1.9$$

$$\text{Espaciamiento máximo} = 1.9 \times 9.50 = 18.05 \text{ m.}$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{600 \times 300}{0.54 \times 0.6 \times 0.9 \times 25500} = 24.20 \approx 25$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{600}{25} = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{24} = 4.89 \text{ m.}$$

$$\frac{30}{4.89} = 6.13$$

$$\frac{20}{4.89} = 4.089$$

Se recomienda instalar 5 hileras de 5 luminarios cada una.

p) Taller de Mantenimiento de Vehículos (maquinaria)

Datos

$$L = 24 \text{ m.}$$

$$A = 9 \text{ m.}$$

$$H = 6 \text{ m.}$$

$$S = 216 \text{ m}^2$$

NI = 600 luxes

Reflectancias en techo, paredes y piso: 80%, 50% y 20%  
respectivamente.

Luminario recomendado: A prueba de polvo con lámpara de vapor  
de sodio alta presión, 250W, 220VCA,  
60Hz, 25,500 lumens.

Ambiente: Sucio

Altura de montaje (sobre un plano de trabajo de 1m) = 5 m.

Usando tablas de relaciones de cavidad y reflectancias efec-  
tivas, tenemos:

Rct = 0

$$Rcl = \frac{5 \times 5 (24 + 9)}{24 \times 9} = 3.81$$

$$Rcp = \frac{5 \times 1 (24 + 9)}{24 \times 9} = 0.76$$

Reflectancia efectiva de techo = 80%

Reflectancia efectiva de piso = 19%

Con estos datos, los de fabricante son:

CU = 0.52

CM = 0.6

CD = 0.9

RS/MH = 1.9

Espaciamiento máximo =  $1.9 \times 9 = 17.1$  m.

$$\text{No. de luminarios} = \frac{216 \times 600}{0.52 \times 0.6 \times 0.9 \times 25,500} = 18.09 \approx 18$$

$$\text{Area promedio por luminario} = \frac{216}{18} = 12 \text{ m}^2$$

$$\text{Espaciamiento promedio} = \sqrt{12} = 3.46$$

$$\text{No. de luminarios a lo largo} = \frac{24}{3.46} = 6.93$$

$$\text{Número de luminarios a lo ancho} = \frac{9}{3.46} = 2.60$$

Se recomienda instalar 3 hileras de 6 luminarios cada una.

## VII.2 Iluminación Exterior

Para el cálculo de la iluminación exterior, es necesario dar la ubicación de las áreas a iluminar, para tener una mejor apreciación del problema. Ver fig.24.

Como podemos ver en el plano de conjunto, existen áreas que tienen bien definidas las actividades a realizar, sin embargo, debido a que hay zonas intermedias de área pequeña con actividad no definida tomaremos un nivel luminoso promedio, teniendo en cuenta los valores mínimos recomendados por la SMII y la IES .

En la parte izquierda del conjunto tenemos los almacenes en patios y las vías de ferrocarril y según los niveles luminosos recomendados debemos de tener en esas áreas un nivel de 100 lux, entonces podemos considerar las dos áreas como una sola. Para evitar el deslumbramiento, se considera la altura de montaje de los luminarios, como una altura a la cual el ángulo sobre la horizontal de un punto P, situado a

una distancia de  $1/3$  del ancho del área, tenga como mínimo  $30^\circ$ . Ver fig.25.

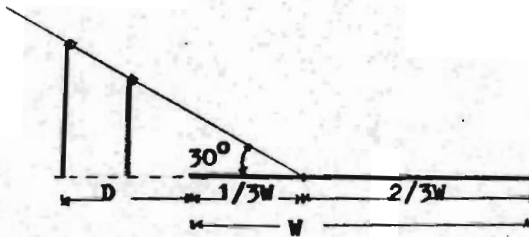


Fig.25.

a) Almacén en patios y áreas de vías de ferrocarril

Datos

Largo  $L = 160$  m.

Ancho  $A = 40$  m.

Area  $S = 6,400$  m<sup>2</sup>

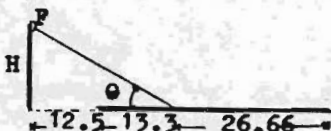
NI = 100 luxes.

Montando los luminarios en postes que se instalen en los límites del área arbolada y considerando el ángulo de  $30^\circ$  de la forma mencionada en la pagina anterior, tenemos:

$$\theta = 30^\circ$$

$$R = 12.5 + 13.33 = 25.83 \text{ m.}$$

$$\text{Tang } \theta = H/R$$



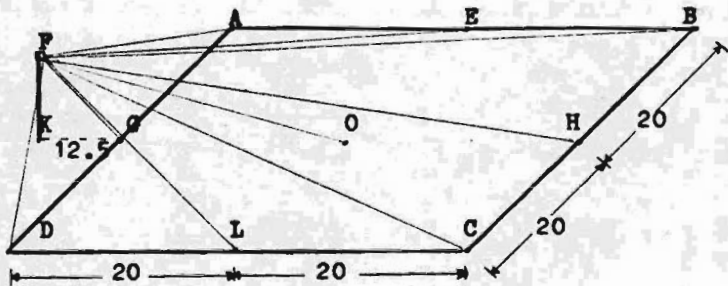


$$H = R \text{ Tang } \theta = 25.83 \times 0.57 = 14.72$$

Para facilitar cálculos posteriores, tomaremos  $H = 15 \text{ m.}$ ,  
cumpliendo con el ángulo mínimo requerido.

Luminario recomendado: Reflector tipo intemperie, haz ancho,  
con lámpara de vapor de sodio alta  
presión, 1,000 W, 220VCA. 60Hz, 78,620  
lumens del haz.

Considerando áreas de 40 x 40 m. tendremos:



$$OF = \sqrt{(32.5)^2 + (15)^2} = 35.79 \text{ m.}$$

$$FH = \sqrt{(15)^2 + (52.5)^2} = 54.60 \text{ m.}$$

$$GF = \sqrt{(12.5)^2 + (15)^2} = 19.52 \text{ m.}$$

$$\text{Angulo GFK} = \text{arc tang } 12.5/15 = 39.80^\circ$$

$$\text{Angulo HFK} = \text{arc tang } 52.5/15 = 74.05^\circ$$

$$\text{Angulo GFH} = 74.05 - 39.80^\circ = 34.25^\circ$$

$$\text{Angulo OFE} = \text{arc tang } = 20/35.79 = 29.19^\circ$$

$$\text{Angulo LFO} = 29.19^\circ$$

$$\text{Angulo OFK} = \text{arc tang } 32.5/15 = 65.22^\circ$$

$$\text{Angulo OFG} = 65.22 - 39.80 = 25.42^\circ$$

$$\text{Angulo OFH} = 74.05 - 65.22 = 8.83^\circ$$

$$\text{Angulo BFH} = \text{arc tang } 20/54.60 = 20.11^\circ$$

$$\text{Angulo CFH} = 20.11^\circ$$

$$\text{Angulo AFG} = \text{arc tang } 20/19.52 = 45.68^\circ$$

$$\text{Angulo GFD} = 45.68^\circ$$

Con estos ángulos localizamos los puntos del área en la carta fotométrica del luminario seleccionado. Fig. 26.

El coeficiente de utilización será la relación de los lumens comprendidos en el área y los lumens totales del haz:

$$\text{CBU} = \frac{28,140}{78,620} = 0.357 \approx 0.36$$

El factor de conservación luminosa (factor de mantenimiento y factor de depreciación) es para este caso:  $FM = 0.75$

$$\text{Número de reflectores} = \frac{6,400 \times 100}{78,620 \times 0.36 \times 0.75} = 30.14$$

(para el área total)



Para el punto "H".

$$\overline{FH} = 54.60 \text{ m}$$

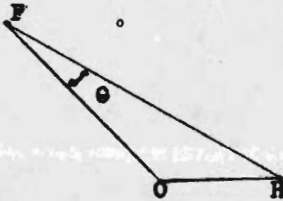
$$\theta = 8.83^\circ \text{ (El reflector tiene el punto de enfocamiento en el punto "O")}$$

$$\cos\theta = 0.98$$

$I_\theta$  = Candelas en esa dirección, según curva.

$$I_\theta = 75,000 \text{ cd.}$$

$$\text{Lux} = \frac{75,000 \times 0.98}{(54.60)^2} = 24.65$$



En el punto "O"

$$\overline{OF} = 35.79 \text{ m.}$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$\cos\theta = 1$$

$$I_\theta = 82,286 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{82,286 \times 1}{(35.79)^2} = 64.23$$

Para el punto "B"

$$\overline{KB} = \sqrt{(52.5)^2 + (20)^2} = 56.18 \text{ m.}$$

$$\overline{FB} = \sqrt{(56.18)^2 + (15)^2} = 58.14 \text{ m.}$$

$$\theta^\circ = 20.11 \text{ (tomamos ángulo BFH para localizar en curva)}$$

$$\cos\theta = 0.93$$

$$I_\theta = 40,000 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{40,000 \times 0.93}{(58.14)^2} = 11.00$$

Para el punto "C"

Por simetría con "B": Lux = 11

Para el punto "A"

$$\overline{KA} = \sqrt{(20)^2 + (12.5)^2} = 23.58 \text{ m.}$$

$$\overline{FA} = \sqrt{(23.58)^2 + (15)^2} = 27.94 \text{ m.}$$

$$\theta = 45.68^\circ \text{ (tomamos ángulo AFG para localizar en curva)}$$

$$\cos\theta = 0.69$$

$$I_\theta = 17,000 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{17,000 \times 0.69}{(27.94)^2} = 15.02$$

Para el punto "D"

Por simetría con "A": Lux = 15.02

Analizando los resultados anteriores vemos que con un solo reflector no alcanzamos a obtener el nivel luminoso deseado en los puntos escogidos; asimismo se nota que con 2 reflectores lo alcanzamos, solo en el punto de enfocamiento,

pero usando el método del "haz luminoso" (basado en el método de lumen), vemos que necesitaríamos 8 reflectores para tener un nivel luminoso promedio de 100 luxes.

Es necesario tomar en cuenta que el reflector que se seleccionó, de acuerdo con su abertura, para nuestros cálculos, tiene un coeficiente de utilización muy bajo (0.36), y si analizamos a fondo, vemos que debido al traslape de haces que tendría lugar al instalar los reflectores, el coeficiente de utilización es de mucho más de 0.37, ya que la mayor parte de luz incide en el área específica por iluminar. Hechas estas consideraciones, podemos utilizar el coeficiente de utilización mínimo recomendado, que es 0.60 y volver a calcular.

De esta manera tenemos:

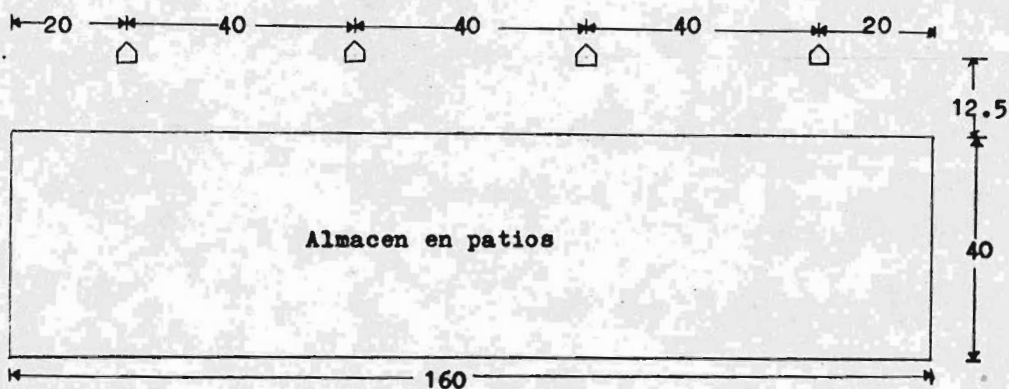
$$\text{Número de reflectores} = \frac{6,400 \times 100}{78,620 \times 0.6 \times 0.75} = 18.089$$

(para el área total)

$$\text{Número de reflectores} = \frac{1600 \times 100}{78,620 \times 0.6 \times 0.75} = 4.52$$

(para el área de 40x40m)

De acuerdo con estos últimos resultados y con los que se obtuvieron usando el método "punto por punto" en los puntos H, O, B, C, A, D, se recomienda instalar 20 reflectores cada uno y en el siguiente arreglo:



### b) Area Arbolada

#### Datos

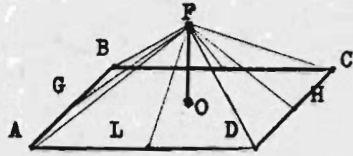
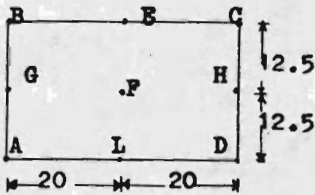
$$L = 160 \text{ m.}$$

$$A = 25 \text{ m.}$$

$$S = 4,000 \text{ m}^2$$

Para el área arbolada del extremo izquierdo y las áreas no activas y vecinas de estas áreas arboladas, considerando el nivel luminoso recomendable como 20 luxes y tomando en cuenta que para evitar deslumbramiento de las personas en las áreas de los patios de almacenaje, los luminarios utilizados deben ser montados a la misma altura que los que inundarán de luz los patios de almacenaje (15 m.)

Dividiendo el área total en 4 secciones, tendremos el siguiente arreglo para cada una de estas secciones:



$$\overline{OF} = 15 \text{ m}$$

$$\overline{FH} = \sqrt{(20)^2 + (12.5)^2} = 23.58 \text{ m}$$

$$\overline{FL} = \sqrt{(12.5)^2 + (15)^2} = 19.52 \text{ m}$$

$$\text{Angulo LFO} = \text{arc tang } 12.5/15 = 39.80^\circ$$

$$\text{Angulo EFO} = 39.80^\circ$$

$$\text{Angulo HFC} = \text{arc tang } 12.5/23.58 = 27.92^\circ$$

$$\text{Angulo HFD} = 27.92^\circ$$

$$\text{Angulo HFO} = \text{arc tang } 20/15 = 53.13^\circ$$

$$\text{Angulo GFO} = 53.13^\circ$$

$$\text{Angulo GFB} = 27.92^\circ$$

$$\text{Angulo GFA} = 27.92^\circ$$

$$\text{Angulo AFL} = \text{arc tang } 20/19.52 = 45.69^\circ$$

$$\text{Angulo BFE} = 45.69^\circ$$

$$\text{Angulo DFL} = 45.69^\circ$$

$$\text{Angulo CFE} = 45.69^\circ$$

Luminario recomendado: Tipo intemperie con lámpara de vapor de sodio alta presión 400 W, 220 VCA,



60Hz, 26,078 lumens del haz.

Situando los puntos con estos ángulos en la curva fotométrica del luminario recomendado. Ver. fig. 27.

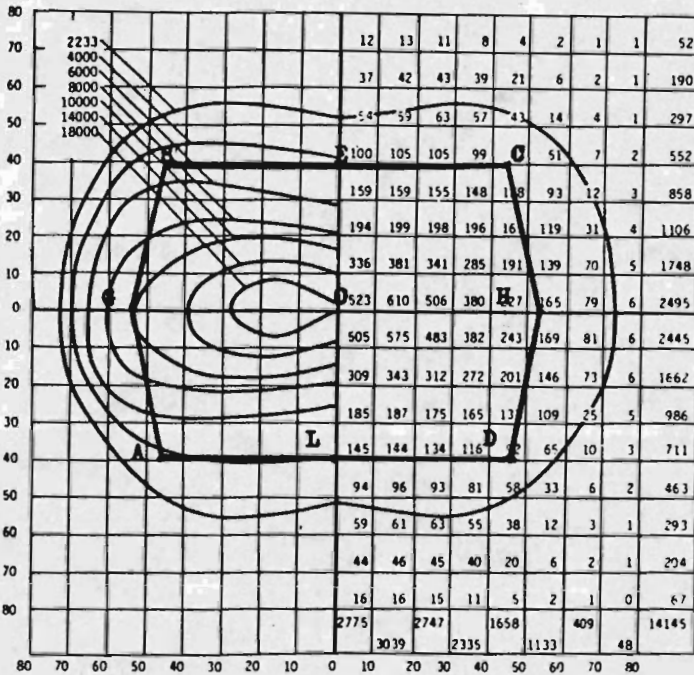


Fig.27.

De la carta fotométrica:

Lumens comprendidos en el área= 10,674 x 2 = 21,348

$$CBU = \frac{21,348}{26,078} = 0.818 \approx 0.82$$

$$\text{Número de reflectores} = \frac{4,000 \times 20}{26,078 \times 0.82 \times 0.75} = 4.98$$

(para el área total)

$$\text{Número de reflectores} = \frac{1,000 \times 20}{26,078 \times 0.82 \times 0.75} = 1.24$$

(para el área de 40x25m)

Ahora calculando el nivel luminoso, por el método "punto por punto", en los puntos O, E, H, C y con un solo luminario en esa área de 40 x 25 m.

Para el punto "O" tenemos:



$$O = 15 \text{ m.}$$

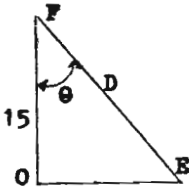
$$\theta = 0^\circ$$

$$\cos \theta = 1$$

$$I_\theta = 18,000 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{18,000 \times 1}{(15)^2} = 80$$

Para el punto "E".



$$D^2 = (15)^2 + (12.5)^2 = 381.25$$

$$D = 19.52$$

$$\theta = 39.80^\circ$$

$$\cos \theta = 0.76$$

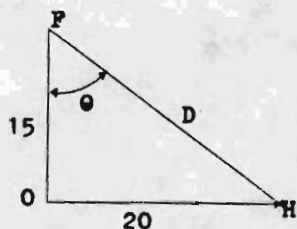
$$I_\theta = 4,500 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{4,500 \times 0.76}{381} = 8.97$$

Para el punto "H"

$$D = FH = 23.58 \text{ m}$$

$$\theta = 53.13^\circ$$

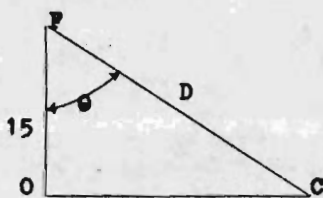


$$\cos\theta = 0.60$$

$$I\theta = 10,000 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{10,000 \times 0.60}{(23.58)^2} = 10.79$$

Para el punto "C"



$$D = \overline{PC} = \sqrt{(FH)^2 + (HC)^2} = 26.68 \text{ m.}$$

$$\theta = \arccos 15/26.68 = 55.79$$

$$\cos\theta = 0.56$$

$$I\theta = 5,000 \text{ cd}$$

$$\text{Lux} = \frac{5,000 \times 0.56}{(26.68)^2} = 3.93$$

Con estos últimos resultados vemos que existen puntos en los que el nivel luminoso es inferior al recomendado, por esta razón se recomienda instalar 8 reflectores distribuidos en 4 postes de manera igual a lo recomendado en la distribución de luminarios en los almacenes en patios.

### c) Estacionamiento

#### Datos

Dos secciones.

Primera sección

$L = 50 \text{ m.}$

$A = 20 \text{ m.}$

$S = 1,000 \text{ m}^2$

$NI = 50 \text{ luxes.}$

Segunda sección

$L = 30 \text{ m.}$

$A = 20 \text{ m.}$

$S = 600 \text{ m}^2$

Luminario recomendado: Tipo intemperie con lámpara de vapor de sodio alta presión, 400W, 220VCA, 60Hz, 42,000 lumens.

Altura de montaje = 6.10 m.

La carta fotométrica del luminario seleccionado es la de la fig. 28.

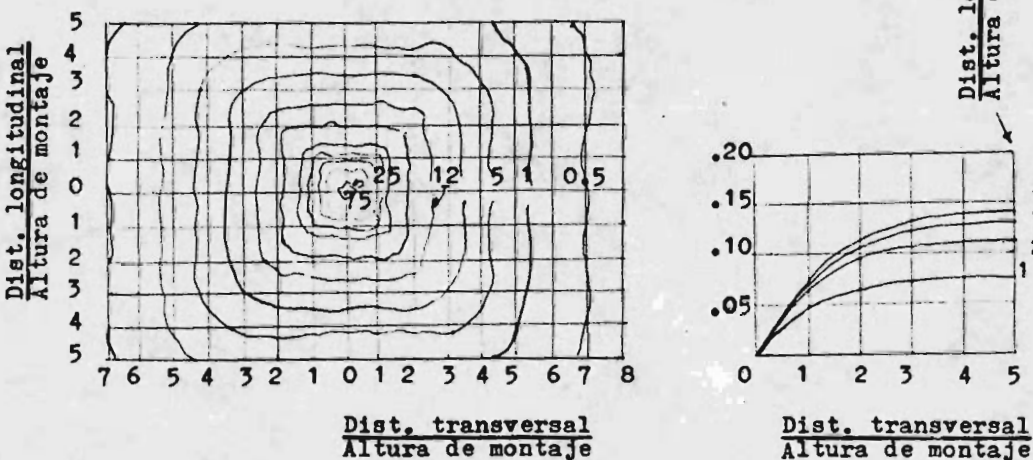
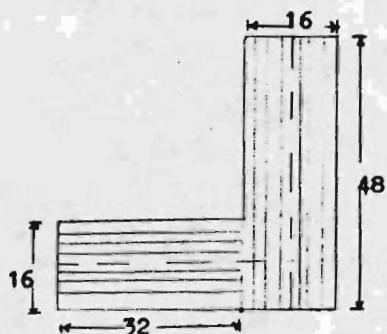


Fig.28. Carta isolux y grafica de coeficientes de utilización del luminario seleccionado.

El área del estacionamiento es de la forma siguiente:



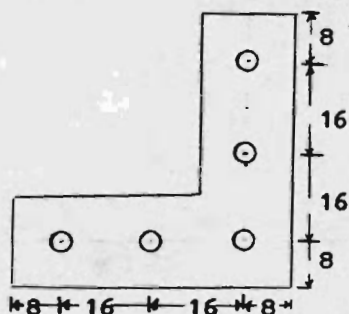
Como puede verse en la carta isolux, para que exista un nivel luminoso mínimo de 25 luxes debido a un luminario montado a una altura de 6.10 m., es:

Distancia longitudinal =  $1.3 \times$  altura de montaje = 7.93 m.  
(para 25 lux)

Entonces la separación mínima entre dos luminarios para que existan como mínimo 50 luxes en un punto intermedio entre dos luminarios deberá ser:

$$7.93 \times 2 = 15.86 \text{ m.}$$

Entonces se recomienda instalar 5 luminarios en la siguiente forma:



d) Calle de acceso a almacenes y prados

Datos

L = 160m.

A = 16 m.

S = 2560 m<sup>2</sup>

NI = 50 luxes

Luminario recomendado: El mismo que el que se recomienda en el estacionamiento.

Altura de montaje: 6.10 m.

Suponiendo áreas de 16 x 16, por analogía con el área del estacionamiento, necesitamos:

No. de luminarios =  $\frac{160}{16} = 10$  (con una separación de 16 m.)  
(para área total) 16

Puede checarse el nivel luminoso de la siguiente forma:

Luxes promedio  
en el área =  $\frac{CU \times FM \times \text{lumens de la lámpara}}{\text{Distancia interpostal} \times \text{ancho del área}}$

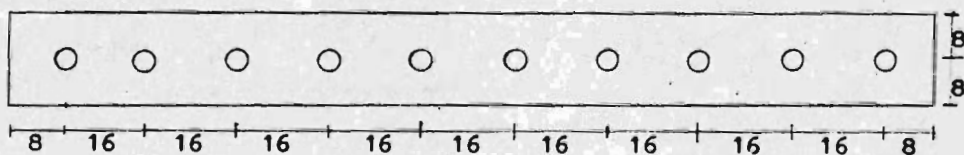
CU = Coeficiente de utilización

FM = Factor de mantenimiento y depreciación luminosa.

Para nuestro caso CU x FM = 0.3

$$\text{Luxes promedio} = \frac{0.3 \times 42,000}{16 \times 16} = 49.21 \approx 50 \text{ lux}$$

Conclusión. Se recomienda instalar 10 luminarios, uno por poste, en el siguiente arreglo:



e) Area de maniobras de camiones

Datos

Dos secciones con las mismas dimensiones.

$$L = 58 \text{ m.}$$

$$A = 30 \text{ m.}$$

$$S = 1,740 \text{ m}^2$$

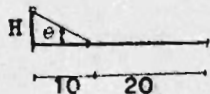
$$NI = 50 \text{ luxes}$$

Para calcular la altura de montaje, instalando los luminarios en los límites del terreno tenemos:

$$\theta = 30^\circ$$

$$\text{Tang } \theta = 0.57$$

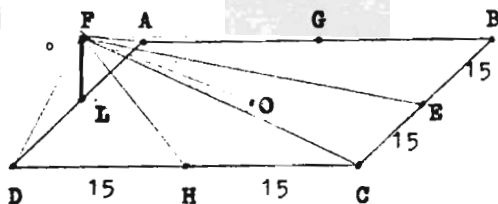
$$H = 10 \text{ tang } \theta = 5.7$$



Para facilitar cálculos posteriores tomaremos,  $H = 6 \text{ m.}$   $A = 30 \text{ m.}$

Luminario recomendado: Reflector tipo intemperie con haz ancho, con lámpara de vapor de sodio alta presión 1,000W, 220VCA, 60Hz, 78,620 lumens del haz.

Considerando áreas de 30 x 30 m.



$$OF = \sqrt{(15)^2 + (6)^2} = 16.15 \text{ m.}$$

$$EF = \sqrt{(30)^2 + (6)^2} = 30.59 \text{ m.}$$

$$\text{Angulo LFO} = \text{arc tang } 15/6 = 68.19^\circ$$

$$\text{Angulo LFE} = \text{arc tang } 30/6 = 78.69^\circ$$

$$\text{Angulo EFO} = 78.69 - 68.19 = 10.50^\circ$$

$$\text{Angulo GFO} = \text{arc tang } 15/16.15 = 42.88^\circ$$

$$\text{Angulo HFO} = 42.88^\circ$$

$$\text{Angulo CFE} = \text{arc tang } 15/30.59 = 26.12^\circ$$



Angulo APL =  $68.19^{\circ}$

Angulo DPL =  $68.19^{\circ}$

Con estos ángulos vemos que necesitamos un reflector que abra  $136.38^{\circ}$  horizontales ( $68.19^{\circ} + 68.19^{\circ}$ ) y  $78.19^{\circ}$  verticales ( $68.19^{\circ} + 10^{\circ}$ ).

Con los ángulos calculados ubicamos los puntos del centro y periferia del área en la carta fotométrica del luminario seleccionado. Ver. Fig. 29.

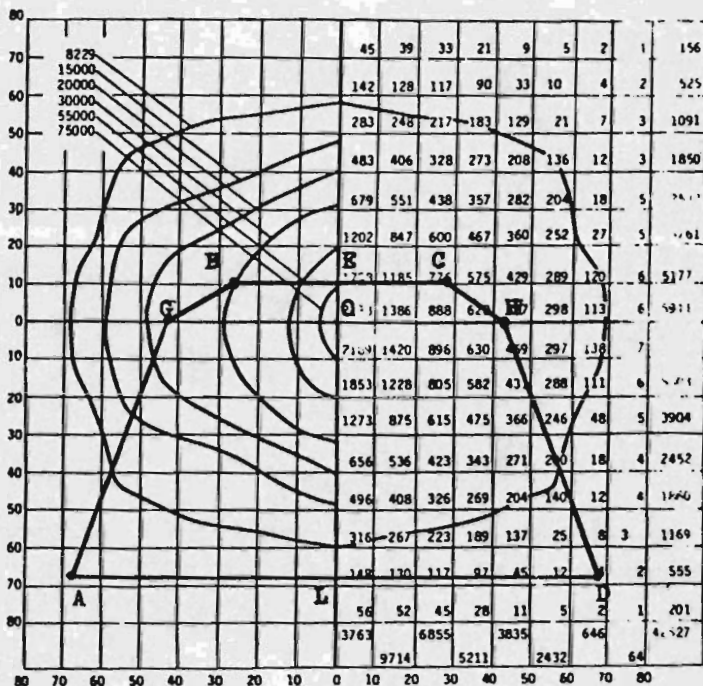


Fig.29.

De la carta fotométrica:

Lúmenes comprendidos en el Área =  $24,085 \times 2 = 48,170$

$$\text{CBU} = \frac{48,170}{78,620} = 0.61$$

$$\text{FM} = 0.75$$

$$\begin{array}{l} \text{Número de reflectores} = \frac{1,740 \times 50}{0.61 \times 0.75 \times 78,620} = 2.41 \\ \text{(para el área total)} \end{array}$$

Entonces se recomienda instalar 3 reflectores distribuidos en 3 postes, en cada sección de maniobras de camiones.

## CAPITULO OCTAVO

CRITERIOS PARA LA SELECCION DE CIRCUITOS  
Y ELEMENTOS

## VIII. 1. Selección de tableros de alumbrado

Los tableros se deberán seleccionar teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Número de circuitos
- b) Carga total
- c) Voltajes de los circuitos
- d) Ambiente exterior
- e) Tipo de montaje

A continuación se describe cada uno de estos aspectos.

- a) La selección de un tablero se basa primero en el número de circuitos que debe servir o alimentar.
- b) Se debe tener en la seguridad de que las barras conductoras de un tablero para cualquier aplicación tengan una clasificación de corriente suficiente para la carga de todos los circuitos derivados, el tablero debe tener un medio para proteger e interrumpir cada circuito y un interruptor general.
- c) Se debe especificar si los circuitos son de corriente directa (CD) o corriente alterna (CA) y el voltaje de opera-

ción, así como el número de fases que utiliza o a que está conectado el tablero, así como indicar si se tiene barra de neutro.

- d) El tablero se debe seleccionar con un gabinete apropiado al ambiente físico, pues debe protegerse contra agentes externos como lo son polvos, gases, lluvia, etc.
- e) El tipo de montaje se seleccionará de acuerdo con el tamaño del tablero y las características de espacio, lugar y tipo de muros, puede ser autosoportado, embutido o sobrepuesto.

#### VIII. 2. Selección de Voltajes.

Los principales factores para la selección de voltajes son los siguientes:

- a) Magnitud de la carga
- b) Distancia a donde se transmite la energía
- c) Voltaje de operación de los aparatos
- d) Seguridad
- e) Sistemas de distribución de la compañía suministradora

Estos factores se describen con más detalle a continuación.

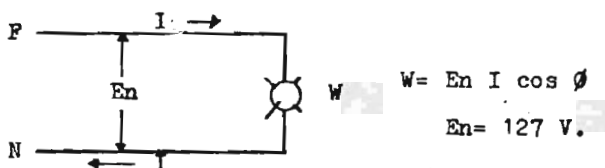
- a) La magnitud de la carga puede determinar en un momento dado la elección de un tipo de voltaje, ya que, por ejemplo, algunos mecanismos operan con más economía en voltajes altos. La potencia transmitida en cualquier circuito es igual al producto del voltaje, corriente y factor de potencia

es decir,  $(P = EI \cos \phi)$  y por lo tanto puede transmitirse la misma cantidad de potencia con un valor mucho menor de corriente, siempre y cuando haya un aumento correspondiente de voltaje. El valor de la corriente determina la sección transversal del conductor requerido para transportar la y, por consiguiente mientras menor sea la corriente, menor será la sección de los conductores empleados y más económico el sistema de transmisión.

- b) Entre mayor sea la distancia a donde se transmite la energía, existirán más pérdidas, más caída de tensión, y para evitar esto se necesita elevar más el voltaje o aumentar la sección transversal del conductor, siendo más aconsejable elevar la tensión.
- c) Los voltajes a utilizar se deben seleccionar tomando muy en cuenta los datos del equipo, proporcionados por el fabricante, conocidos como voltaje de operación o nominal. Un voltaje diferente al especificado puede afectar la vida o eficiencia del equipo.
- d) La seguridad es un factor en la selección de sistemas de voltajes solamente en el área donde instrumentos o herramientas portátiles son usados, por esta razón se requiere por ejemplo, que en algunos circuitos de iluminación e instrumentos portátiles el voltaje no sea mayor de 150 volts.
- e) Los principales sistemas de distribución de energía eléc-

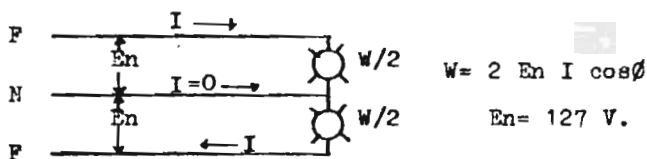
trica son las siguientes:

1.- Sistema monofásico a dos hilos (una fase y neutro).



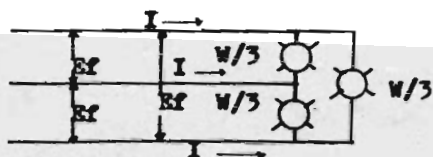
Se emplea para alimentar cargas no mayores de 4,000 watts.

2.- Sistema monofásico tres hilos (2 fases y neutro).



Se usa cuando la carga total instalada es mayor de 4,000 watts y menor o igual a 8,000 watts.

3.- Sistema trifásico tres hilos (3 fases)

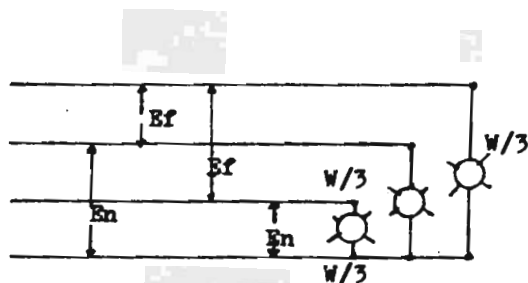


$$W = 3 E_f I \cos \theta$$

$$E_f = 220 \text{ V, } \delta E_f = 440 \text{ V}$$

Se utiliza generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan a 440 ó 220 volts.

4.- Sistema trifásico a cuatro hilos (tres fases y neutro)



$$W = 3 E_n I \cos \phi = 3 E_f I \cos \phi$$

Se utiliza para alimentar cargas trifásicas y monofásicas, por ejemplo, a 220 y 127 volts respectivamente, y cuando la carga total instalada es mayor de 8,000 watts.

### VIII. 3. Selección de Conductores.

La selección de conductores se hace tomando en cuenta los siguientes factores:

- a) Dispositivo que se alimenta
- b) Tipo de instalación
- c) Carga del circuito
- d) Voltaje de operación
- e) Distancia entre la carga y la alimentación.

A continuación se describe cada uno de los factores:

- a) Es necesario conocer qué se va a alimentar, pues no todas las cargas tienen el mismo proceso de operación. Refirién-

dose al encendido o arranque, por ejemplo, las lámparas de descarga eléctrica tienen grandes corrientes de arranque durante el encendido.

- b) El tipo de instalación interviene en la selección de conductores, pues los agentes externos pueden afectar, positiva o negativamente el funcionamiento y vida del conductor. Si la instalación es aparente, queda expuesta a los agentes físicos y químicos produciéndole, por ejemplo, daño mecánico, y aumento o disminución de temperatura, dependiendo de cada caso en particular.
- c) Las normas técnicas para instalaciones eléctricas especifican que los conductores de un circuito derivado deben tener una capacidad de corriente no menor que la capacidad nominal del circuito y no menor que la carga máxima por servir.
- d) Es necesario tomar en cuenta el voltaje de operación, pues los conductores eléctricos, trabajan a tensiones eléctricas específicas, indicadas por el fabricante.
- e) Existen principalmente dos métodos para calcular la sección del conductor: Por capacidad de corriente y por caída de voltaje; se debe tomar en cuenta el conductor que resulte de mayor sección, en los cálculos.

La caída de voltaje en el conductor se debe a la resistencia propia del mismo, generalmente se usan conductores de cobre por tener buena conductividad eléctrica y ser eco



nómicamente aceptables y teniendo en cuenta que la resistencia eléctrica de un conductor es inversamente proporcional a su longitud y directamente proporcional a el área de su sección transversal, entonces tenemos que la longitud del conductor es básica para el cálculo de la sección transversal del conductor a utilizar.

Las normas técnicas de SEPAFIN especifican que en un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, fuerza, calefacción), la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3%, y la caída de tensión total en el conjunto del circuito alimentador y el circuito derivado no debe exceder del 5%.

#### VIII.4. Selección de Protecciones.

La selección de protecciones se debe hacer tomando entre otros factores los siguientes:

- a) Tipo de carga.
- b) Calibre del conductor usado.

A continuación se describen estos factores.

- a) Cuando la corriente demandada por la carga es constante, como en el caso de cargas resistivas, la protección se seleccionará tomando en cuenta corrientes casi constantes. En el caso de cargas con corriente variable, como en las lámparas de mercurio, las protecciones se harán considerando los valores de corrientes de arranque y nominal.
- b) El paso de una corriente en un material conductor produce calentamiento y, cuando el valor de corriente supera al que soporta un conductor este sufre daños considerables, siendo esta la causa por la cual se debe proteger contra sobrecorrientes, pues no solo se dañará el conductor, sino también los elementos conectados al circuito.

Las normas técnicas de la SEFAPIN indican que la capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorrientes debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores. Si la corriente permisible en los conductores no corres-

ponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que ésta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

## VIII. 5. Control del Alumbrado.

El control del alumbrado se puede realizar de diferentes maneras, dependiendo de las necesidades y de la facilidad de operación con que se quiera efectuar.

### VIII.5.1. Interruptores.

El control de uno o varios luminarios, se realiza comúnmente por medio de interruptores manuales, asimismo, se pueden controlar uno o varios circuitos por medio de estos interruptores, localizados en un tablero, y si se desean interrumpir todos los circuitos de un tablero, bastará con accionar el interruptor principal. Para el control de un luminario o un circuito con una carga pequeña, instalado en una habitación o área pequeña, se utilizan los interruptores de pared o apagadores.

### VIII.5.2. Contactores.

Este tipo de dispositivos se usan principalmente para controlar cargas de alumbrado en áreas exteriores, por ejemplo, en parques, campos deportivos, aeropuertos, calles, etc. Pueden ser operados a control remoto mediante estaciones de botones, selectores, fotoceldas, etc.

### VIII.5.3. Fotoceldas.

Las fotoceldas o fotocontroles se utilizan, principal-

mente, para el control de alumbrado público, de calles y carreteras. Su función es encender el alumbrado al atardecer y apagarlo al amanecer.

Estos dispositivos deben ser diseñados exprofesamente para actuar a la luz natural del día, accionando unos contactos normalmente cerrados y, generalmente calibrados para una potencia de 1,500 W o 1,800 VA.

Los fotocontroles se deben proporcionar con un retardo de 15 segundos, para evitar que funcionen debido a acciones momentáneas de luz brillante como relámpagos, faros de automóviles, etc. Generalmente el encendido se realiza cuando registra un nivel luminoso de 45 lux y la relación entre el encendido y el apagado es de 1 a 3.

#### VIII.5.4. Relojes.

El sistema directo y automático de interrupciones de circuitos de alumbrado, se logra generalmente por medio de interruptores de tiempo que operan un circuito de la bobina del contactor para controlar los circuitos de alumbrado.

Los relojes deben ser eléctricos y alimentados por una fuente que no falle, pues en caso de interrupciones en su alimentación, no operarían en el tiempo establecido. Por esta razón es que son más confiables las fotoceldas.

### VIII.6. Selección de circuitos.

La selección de circuitos debe hacerse mediante un análisis de las necesidades de continuidad de servicio en zonas.

Quando por alguna razón se necesite el total, la mitad, cuarta parte, etc., del nivel luminoso promedio, será de gran utilidad diseñar el circuito apropiado a cada caso. Igualmente, por ejemplo cuando se necesita iluminación, solo en una parte de una nave industrial.

Para el ejemplo de la nave industrial, se puede ilustrar con las figuras siguientes:

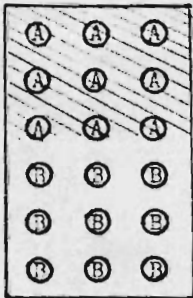


FIG. 30.

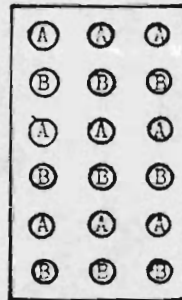


FIG. 31.

Quando exista una falla en el circuito "A" de la fig. 30. esa zona quedará sin iluminación y habrá discontinuidad del servicio.

En el caso de que exista una falla en el circuito "A" de la fig. 31, los luminarios del circuito "B" iluminarán la nave, aunque el nivel luminoso decrece a la mitad de su valor promedio, dando así continuidad de servicio.

Cuando exista iluminación de emergencia (ver capítulo siguiente), es necesario establecer los circuitos apropiados al caso, para que se proporcione el nivel luminoso adecuado.

## CAPITULO NOVENO

## ALUMBRADO DE EMERGENCIA

## IX.1. Clasificación.

El alumbrado de emergencia, generalmente se define como una instalación de alumbrado diseñada para funcionar inmediatamente de que ocurra una falla en una instalación de alumbrado normal.

Existen principalmente dos clases de alumbrado de emergencia: El alumbrado Sustitutivo y el de Seguridad.

El Alumbrado Sustitutivo es aquél que es suficiente para poder seguir realizando las tareas más importantes o vitales durante una emergencia, es decir, cuando falla el alumbrado normal. Por ejemplo, en las salas de cirugía; en lugares donde se estén transmitiendo eventos muy importantes, como iluminación de estadios, etc.

El alumbrado de Seguridad es aquél que es suficiente para evacuar un edificio, con rapidez, seguridad y eficiencia, en casos de emergencia. Generalmente se instala, por norma, en puertas y salidas, escaleras e intersección de corredores. El nivel luminoso o luminancia en cualquier punto del piso no debe ser menor de 0.2 lux. (Dato obtenido del Manual de Alumbrado Philips)



Dentro de estas dos clases tenemos dos tipos diferentes:

- a) Alumbrado de emergencia permanente con sistema de energía independiente y automantenido. Cuando se utiliza este tipo de alumbrado de emergencia a cada luminario se le acopla su batería, es decir, el suministro de energía es completamente independiente de la red eléctrica normal y solo esta conectado cuando se cargan las baterías. Cuando ocurre una falla en el sistema eléctrico normal opera automáticamente este sistema de alumbrado de emergencia. Este sistema es el más confiable, pues en casos de incendio no afectará el hecho de que se lograrán quemar los cables de la red principal.
  
- b) Alumbrado de emergencia no permanente y con encendido automático. Es aquél que opera con un generador o un banco de baterías central que operan automáticamente cuando se presenta la falla en el suministro normal de energía. Este sistema necesita mantenimiento periódico, considerando una desventaja, además de que por el hecho de estar conectado a la red de alumbrado existente, en caso de incendio o daño al edificio, presenta inconveniencias el uso de este tipo de alumbrado de emergencia.

## IX. 2. Lámparas de gas.

Las lámparas de gas y gasolina son también usadas para

el alumbrado de emergencia, pero no tienen gran aceptación en la iluminación industrial, ya que, por ejemplo, para iluminar una gran nave se necesitaría un gran número de ellas, lo que implica el uso de una cantidad considerable de equipo adicional y además su encendido generalmente es manual.

### IX.3. Lámparas Incandescentes con batería propia.

En el alumbrado de emergencia se pueden usar lámparas incandescentes para las áreas que más interesan, esto es lámparas incandescentes con batería propia, que operan con lámparas de 25 watts con reflectores que dirigen la luz a las áreas que más importan, cuando falla la corriente en el sistema normal de alumbrado.

Existen en la actualidad equipos que pueden operar durante unos 25 años. El equipo es compacto y ligero y no desprende sustancias corrosivas, ni gases. Solo es necesario revisar su nivel de electrolito cada 3 años. Su larga vida se debe a que usa baterías de níquel/cadmio. Cuenta con cargador automático que le mantiene siempre listo para entrar en funcionamiento.

Este tipo de alumbrado tiene usos típicos en oficinas, edificios, hoteles, restaurantes, tiendas, hospitales, clínicas, supermercados, fábricas y almacenes.

En general se pueden resumir las siguientes ventajas que presenta este tipo de iluminación:

- a) Larga duración.
- b) Mínimo mantenimiento.
- c) No despiden gases o sustancias corrosivas.
- d) Su rendimiento no es afectado por cambios en la temperatura ambiente.
- e) Tamaño compacto. Largo 34.0 cm., Ancho 32.0 cm., alto total 49.0 cm, peso 21 kg. (sin reflectores).
- f) Tiempo de alumbrado 2 a 4 horas dependiendo del tipo de batería.

#### IX.4. Lámparas Incandescentes con baterías centrales.

Un sistema de iluminación de emergencia es el uso de circuitos de alumbrado con lámparas incandescentes alimentadas por un banco central de baterías. Estos bancos pueden diseñarse de tal manera que aseguren un voltaje de alimentación suficiente para la operación más eficiente de las lámparas, durante un tiempo específico. En general estos sistemas cuentan con la alimentación de corriente alterna (CA), cargador de baterías, banco de baterías o acumuladores, equipo automático de transferencia, tablero de emergencia, circuitos de alumbrado de emergencia y las lámparas incandescentes usadas en los mismos. Esquemáticamente el arreglo más general es el de la fig. 32.

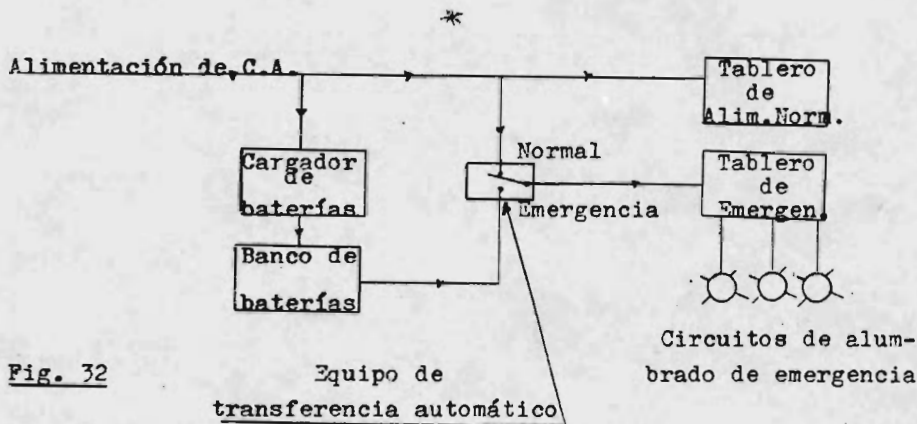


Fig. 32

Cabe aclarar que este arreglo es para el caso en que se utilizan lámparas incandescentes en el alumbrado normal.

#### IX. 5. Lámparas fluorescentes con batería propia.

Estas lámparas usadas en iluminación de emergencia, son lámparas usadas también en iluminación normal.

Cuando existe una falla en el sistema normal de alumbrado, encienden automáticamente, pues cuentan con batería propia integrada en la luminaria.

Estos tipos de fuentes de energía proporcionan un nivel de iluminación del orden de 30 a 40% de la intensidad normal original.

El tipo de iluminación de este equipo lámpara-batería,

es difuso y por lo tanto es capaz de iluminar todo el entorno de su área de influencia sin producir resplandores molestos y sin contrastes como ocurre con los pequeños reflectores incandescentes que iluminan pequeñas áreas pero dejan oscuro el espacio que queda alrededor de su haz luminoso.

Este tipo de iluminación opera automáticamente, pero también puede ser operado con un simple interruptor manual o integrado al dispositivo.

Cuenta con equipo externo para conexión a la línea de alumbrado normal y de esta manera poder actuar en caso de ausencia de suministro de energía eléctrica, desconectarse en caso de disturbios en la línea y no dañar el equipo de rectificación y las baterías, asimismo se recargan las batería en ausencia de fallas. La conexión y desconexión es automática y debida a la señal de un hilo sensor que da la señal de disparo cuando falla la tensión en la línea.

Estos dispositivos están equipados co baterías de níquel-cadmio, secas; esto es, pueden trabajar en cualquier posición y no requieren absolutamente de mantenimiento o sea que al no utilizar electrolito húmedo o líquido no están sujetas a evaporación, por lo que no requieren reposición del agua que se evapora con la resequedad y temperatura ambiente. Tienen un rango de operación de  $-20^{\circ}$  C hasta

+ 55°C temperatura ambiente.

El tiempo de vida de las baterías es aproximadamente 2,500 ciclos de carga y descarga completas, o sea, se puede esperar un servicio por aproximadamente 2,500 apagones. El tiempo de iluminación es de 1 hora con carga completa y el tiempo de recarga es de 16 horas después de 60 minutos de trabajo.

Este tipo de dispositivos se usan en lámparas de tubos rectos o tipo curvalum de encendido rápido con las siguientes capacidades 1 x 74W, 2 x 40 watts y en tubos rectos o redondos de encendido rápido de 2 x 30W. También es apropiado para lámparas slimline de 2 x 38 W.

Sus dimensiones físicas son aproximadamente:

Longitud	48.2 cm
Ancho	7.0 cm
Alto	4.4 cm

Este dispositivo se conecta como se ve en la figura 33.

El dispositivo de energía autónoma, cuenta con los siguientes circuitos internos:

- a) Circuito de bloqueo que impide la descarga total de las baterías en caso de uso muy prolongado, al operar este circuito se apagará la lámpara.

- b) Circuito de bloqueo que impide la saturación de las baterías, una vez que estas hayan tomado toda la carga que son capaces de acumular.
- c) Circuito de rectificación que toma la corriente procedente del circuito sensor para convertirla en corriente directa que alimentará a las baterías cuando estas lo requieran.
- d) Circuito oscilador que toma la corriente de las baterías para convertirla a C.A. y cederla a la lámpara. La frecuencia de oscilación estará en función de la impedancia que forme el conjunto balastro-lámpara y fluctuará aproximadamente entre 60 y 110 Herz.

#### IX.6. Lámparas Fluorescentes con baterías centrales.

Para la iluminación de emergencia es posible usar también circuitos de alumbrado con lámparas fluorescentes alimentados por un banco central de baterías que garantice el suministro de energía durante un tiempo específico. Esquemáticamente el arreglo más general de estos sistemas es de la fig. 34.

Es necesario aclarar que este arreglo es para los casos en que el alumbrado normal es con lámparas fluorescentes.

#### IX. 7 Selección de una Planta de Emergencia.

En sistemas donde el servicio debe mantenerse durante fallas prolongadas de energía, esta puede proporcionarse por

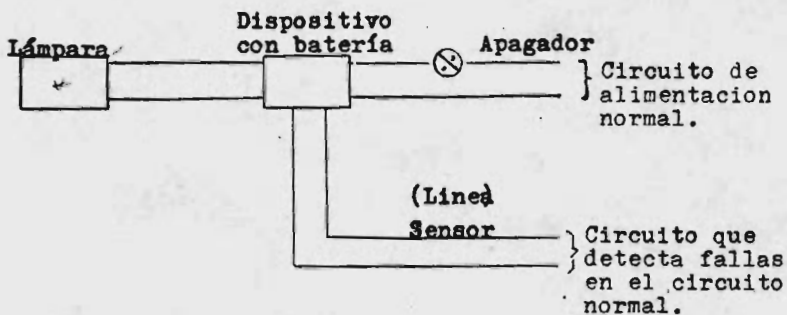


Fig.33.

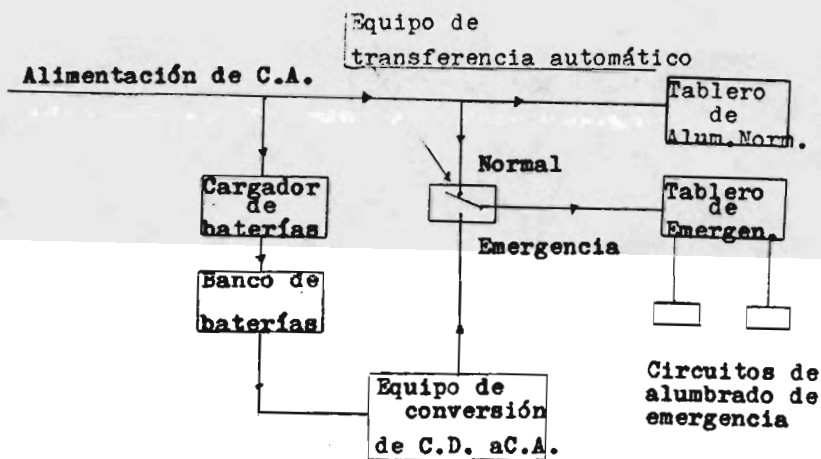


Fig.34.



medio de un grupo motor generador.

Los factores principales que intervienen en la selección de una planta de emergencia describen a continuación.

- a) Capacidad de la planta.- Es necesario saber cuál es la carga que alimentará la planta de emergencia.
- b) Factor de demanda.- Se deberá considerar el factor de demanda, para usos prolongados, igual al considerado en suministro normal de energía.
- c) Voltaje y frecuencia.- La planta deberá suministrar los mismos valores de voltaje y frecuencia que los proporcionados por el servicio normal.
- d) Tipo de combustible en el motor.- Tres combustibles principales se usan en máquinas de combustión interna: gasolina, gas y diesel. El combustible que ha tenido más aceptación es el diesel por ser más económico, tener más poder calorífico y ser menos inflamable.

## CAPITULO DECIMO

## PRESUPUESTOS

En la producción y utilización de la luz en forma satisfactoria y económica, es necesario analizar los aspectos más importantes como son:

- a) Eficacia luminosa de la lámpara.
- b) Costo de la electricidad.
- c) Costo de la lámpara y su reemplazo (mano de obra y materiales, tanto en instalación como en el reemplazo).

Cuando se selecciona un sistema de iluminación, el costo es siempre un factor de consideración. Es muy aconsejable realizar los análisis de costos con métodos uniformes, es decir, al comparar varios sistemas, todos ellos deben proporcionar aproximadamente el mismo ambiente de comodidad.

Los sistemas que se analicen en la comparación de costos, deben proporcionar el mismo nivel de iluminación. Igualmente la tarifa de energía eléctrica, las horas de encendido por año y la frecuencia de arranque de las lámparas debe ser igual para los sistemas que se estén analizando.

La programación de procedimientos de limpieza debe ser adecuada a cada tipo de sistema.

En las grandes instalaciones de industrias y comercios,

el reemplazo de las lámparas, ya sea, según se vayan fundiendo o reemplazo en grupo, representa un costoso desperdicio de tiempo y esfuerzo, siendo la mano de obra la parte más considerable invertida en el reemplazo de algunos tipos de lámparas.

La manera de realizar uno de los análisis comparativos más completos, se da en la tabla N. del capítulo VI.

Para determinar el costo unitario de la luz puede aplicarse la siguiente fórmula:

$$C = \frac{1,000}{E} \left[ \frac{P}{WV} + R \right]$$

Donde:

C = Costo en pesos por un millón de lumens-hora.

E = Promedio de lumens por watt durante toda la vida.

P = Precio de la lámpara.

W = Promedio de watts consumidos durante toda la vida  
(incluyendo sus accesorios).

V = Promedio de vida de la lámpara en miles de horas.

R = Costo de la energía eléctrica en pesos por kw-hora.

Para ejemplificar lo anterior, comparemos el costo de luz con lámparas incandescentes 100 W, fluorescentes 40 W, vapor de mercurio 400 W, vapor de sodio alta presión 400 W,

y con los demás datos dados a continuación:

CONCEPTO	TIPO DE LAMPARA			
	Incan- descentes	Fluores- centes	Vapor de Mercurio	Vapor de Sodio alta Presión.
E	15	60	51	100
P	15.20	440	2720	5040
W	100	50	450	450
V	2,000	12,000	24,000	24,000
R	1.00	1.00	1.00	1.00

$$C \text{ incandes.} = \frac{1,000}{15} \left[ \frac{15.20}{100 \times 2} + 1 \right] = \$ 71.73$$

$$C \text{ fluores.} = \frac{1,000}{60} \left[ \frac{440}{50 \times 12} + 1 \right] = \$ 28.88$$

$$C \text{ vap. de merc.} = \frac{1,000}{51} \left[ \frac{2,720}{450 \times 24} + 1 \right] = \$ 24.54$$

$$C \text{ vap. de sodio a. p.} = \frac{1,000}{100} \left[ \frac{5,040}{450 \times 24} + 1 \right] = \$ 14.66$$

De los resultados anteriores se aprecia que el costo en pesos , más bajo para la producción de luz a largo plazo, es mediante el uso de las lámparas de vapor de sodio alta presión. Las lámparas de vapor de sodio baja presión, son las que producen luz al más bajo precio, pero se omiten en los cálculos anteriores, ya que en las lámparas propuestas para este proyecto se desecharon por su bajo rendimiento en

color.

Para tener una idea de los costos de alumbrado en este proyecto, haremos un análisis a 3 años, tomando en cuenta los resultados obtenidos en los cálculos de número de luminarios y lámparas necesarias para proporcionar el nivel luminoso recomendado en las oficinas y en el almacén de producto terminado, considerando únicamente los datos de las lámparas, es decir, sin tomar en cuenta, cables, balastros, portalámparas, etc.

Para las Oficinas:

CONCEPTO	OPERACION	SISTEMA	
		INCANDESCENTES	FLUORESCENTES
1	No. de lámparas	270	240
2	Vida de la lámpara (hrs)	2,000	12,000
3	Watt por lámpara y balastro	200	50
4	Costo por lámpara (\$)	200	440
5	Costo inicial total (\$)	1 x 4 54,000	105,600
6	Consumo de energía total (Kw)	1 x 3 54.00	12.00
7	Horas de servicio en 3 años	9,360	9,360
8	Kw-hora consumidos en 3 años	6 x 7 505,440	112,320
9	Costo por Kw-hora (\$)	1.00	1.00
10	Costo de Kw en 3 años	8 x 9 505,440	112,320
11	No. de reemplazos en 3 años	7 ÷ 2 4.68	0.78
12	Costo total de las lámparas en un reemplazo	1 x 4 54,000	105,600
13	Costo total de reemplazos en 3 años	11 x 12 252,720	82,368
14	Costo total del alumbrado en 3 años	5+10+13 812,160	300,288

Para el Almacén de Materia Prima:

CONCEPTO	OPERACION	SISTEMA		
		VAPOR DE MERCURIO	VAPOR DE SODIO A.P.	
1	No. de lámparas	60	28	
2	Vida de la lámpara (hrs)	24,000	24,000	
3	Watt por lámpara y balastro	450	300	
4	Costo por lámpara (\$)	2,720	5,040	
5	Costo inicial total (\$)	1 x 4	163,200	141,120
6	Consumo de energía total (Kw)	1 x 3	27	8.40
7	Horas de servicio en 3 años		9,360	9,360
8	Kw-hora consumidos en 3 años	6 x 7	252,720	78,624
9	Costo de Kw-hora (\$)		1.00	1.00
10	Costo de Kw-hora en 3 años (\$)	8 x 9	252,720	78,624
11	No. de reemplazos en 3 años	$7 \div 2$	0.39	0.39
12	Costo total de las lámparas en un reemplazo	1 x 4	163,200	141,120
13	Costo total de reemplazos en 3 años	11 x 12	63,648	55,036
14	Costo total del alumbrado en 3 años	5+10+13	479,568	274,780

Los análisis de costos que se han hecho nos muestran el ahorro que se puede hacer seleccionando adecuadamente la lámpara, ahorros en costo de energía, que también nos dan una idea de la diferencia de costo de mano de obra en el reemplazo, de canalizaciones, conductores, etc. Un aspecto muy importante que no se debe pasar por alto, es el hecho de que al consumir menos energía, el transformador de la subestación eléctrica, que suministre energía, será mas pequeño, ocupando menos espacio, menos costo, etc.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El alumbrado de el centro de servicio de acero "Avios de Acero" S. A., fue seleccionado mediante el análisis de los principios de la visión, las características de las fuentes de luz y luminarios, con procedimientos de cálculo para lograr un sistema confiable, económico y con niveles adecuados para su uso.

Esta tesis se realizó mediante la recopilación de datos de libros, catálogos y folletos informativos de investigadores y fabricantes de artículos para el alumbrado y los datos aquí contenidos sirven para cualquier persona que se interese por el alumbrado de un centro que sea semejante o que tenga áreas similares al que en este proyecto se trata.

Solo mediante el análisis profundo de varios sistemas se puede hacer la elección óptima, en los aspectos de comodidad y economía.

Se recomienda en centros de servicio de acero de este tipo efectuar la limpieza o mantenimiento de los luminarios cada 12 meses o en períodos más cortos, según se juzgue conveniente. Asimismo se recomienda reemplazar las lámparas en grupos, cuando estas alcancen el 85% de vida nominal, evitando así costos altos de mano de obra en el reemplazo de las mismas.

## B I B L I O G R A F I A

1. Becerril L. Onésimo. INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS, 9<sup>a</sup> Edic. México, 1980, 209 p.
2. Beeman Editor. INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK, USA. McGraw-Hill, 1965, 981 p.
3. Carranza, Emilio. ALUMBRADO DE LA CIUDAD DE MEXICO. 2<sup>a</sup> Edic. México, Sola-Basic, 1981, 109 p.
4. Enríquez Harper, G. INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES. México, Limusa, 1977, 437 p.
5. Francia. Commission Internationale de L'éclairage. RECOMMANDATIONS INTERNATIONALES POUR L'ECLAIRAGE DES VOIES PUBLIQUES. Francia, CIE, 14 p.
6. Garduño Fernández, J. EQUIPOS ELECTRICOS MODERNOS. México, CECSA, 1979, 182 p.
7. Ibbetson Editor. INSTALACIONES ELECTRICAS. México, Continental S. A., 1969.
8. IES LIGHTING HANDBOOK. USA IES, 1975.
9. MANUAL DE ALUMBRADO PHILIPS, 3<sup>a</sup> Edic. España, Paraninfo, 1981, 26 cap.

10. MANUAL DE ALUMBRADO WESTINGHOUSE. 3<sup>a</sup> Edic. España, Do-  
ssatt S. A., 1981, 225 p.
11. MANUAL ELECTRICO PHELPS-DODGE, México, PyCSA S. A., 305 p.
12. McPartland, Joseph. COMO DISEÑAR SISTEMAS ELECTRICOS. Mé-  
xico, Diana, 1981, 294 p.
13. México. Comité Consultivo Nacional de Normalización de la  
Industria Eléctrica. NORMAS CCONNIE: NOM-J-136, NOM-J-307,  
NOM-J-156, NOM-J-222. México, CCONNIE, 1976.
14. México. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial.  
NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS. México.  
DGN, 1981, 279 p.
15. México. REGLAMENTO DE OBRAS E INSTALACIONES ELECTRICAS.  
México, Andrade, 1979, 229 p.
16. México. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. REGLA-  
MENTO GENERAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Méxi-  
co, STEP, 1980, 110 p.
17. México. Universidad Nacional Autónoma de México - Centro  
de Educación Continua. CURSO DE INGENIERIA DE ILUMINACION.  
México, UNAM, 1976, 223 p.
18. REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA. Nos. 1978/4, 1980/2,  
1980/3. España, Stichting Prometheus.

19. Richter, H. P. PRACTICAL ELECTRICAL WIRING. 5<sup>a</sup> Edic. USA McGraw-Hill. 1972, 602 p.
20. Riggs, James L. SISTEMAS DE PRODUCCION, PLANEACION, ANALISIS Y CONTROL. México, Limusa, 1976, 680 p.
21. Sage, Kinrad. INSTALACIONES TECNICAS EN EDIFICIOS. Vol. I. España, 1976, 226 p.
22. Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A. C. CURSO BASICO DE ILUMINACION DE LA ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. México, 1976, 12 cap.
23. Mueller, Conrad G. LUZ Y VISION. 2<sup>a</sup> Edic. México, TIME-LIFE, 1981, 200 p. (Colección Científica de TIME-LIFE).
24. FOLLETOS Y CATALOGOS DE LOS SIGUIENTES FABRICANTES:

CROUSE HINDS

CUTLER - HAMMER

ELESA

FOCOS S. A.

GENERAL ELECTRIC

HOLOPHANE

ILINSA

LUFEL

LUMISISTEMAS

MEXTRAC - CATERPILLAR

NIFE

NOVALUX

PEC DE PUEBLA

PHILIPS

RIG - A - LITE

SILVANIA

SOLA-BASIC

SQUARE'D

TORK

WIDELITE .