



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

*TALLER DE
ALUMBRADO PÚBLICO*

Del 18 de Noviembre al 06 de Diciembre de 2002

APUNTES GENERALES

CI - 498

Instructor: Ing Justo Gutiérrez Moyado
DELEGACIÓN BENITO JUÁREZ
NOVIEMBRE DEL 2002

DELEGACION COYOACAN

UNAM

CURSO
ALUMBRADO PUBLICO;
AHORRO DE ENERGIA, DISEÑO, MANTENIMIENTO Y
SEGURIDAD.

OCTUBRE 2002

CURSO: ALUMBRADO PUBLICO;
AHORRO DE ENERGIA, DISEÑO,
MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD

PRESENTACION:

El contenido programático del curso está orientado a ubicar la importancia de los sistemas e instalaciones de alumbrado público en el desarrollo social y económico de la sociedad en aspectos importantes como la seguridad y productividad; se sentarán las bases teórico-prácticas para diseñar el alumbrado público con un enfoque de ahorro de energía eléctrica, mostrando las bondades de los proyectos en aspectos técnicos, económicos, sociales y de impacto ambiental. Finalmente se establecerán las bases para un programa de mantenimiento y de seguridad en los trabajos de construcción y de rutinas.

OBJETIVO GENERAL:

“proporcionar las bases teórico- prácticas en alumbrado público, que permitan a los asistentes desarrollar diseños en vialidades y exteriores incluyendo conceptos de ahorro de energía. Asimismo establecer los principios de mantenimiento y seguridad en la operación de los sistemas”

TEMARIO

1. Conceptos básicos e importancia del alumbrado público
2. Importancia del ahorro de energía eléctrica
3. Luz y visión
4. Lámparas
5. Balastos
6. Luminarios
7. Equipos ahorradores de energía. Normatividad y recomendaciones
8. Algunas recomendaciones de seguridad.

Coordinador: Ing. Justo Gutiérrez Moyado .

Profesores del curso.

Los profesores que participan en el curso son distinguidos profesionistas que trabajan activamente en las especialidades que imparten.

Ing. Justo Gutiérrez Moyado
Ing. Arnulfo Villar Yépez.

DELEGACION COYOACAN

UNAM

Dirigido a

Personal de la Delegación Coyoacán

Duración

20 horas

Periodo

7 al 11 de Octubre del 2002

INGENIERIA ELECTRICA INTEGRAL

MAGNITUDES, UNIDADES Y FUENTES LUMINOSAS

1.1. Importancia de la iluminación y fenómeno de la visión.

Miles de años hace que el hombre primitivo al descubrir la manera de hacer fuego y la forma de servirse de él llevándolo al interior de sus cavernas, conquista una fuente de luz y calor que coloca, de hecho, el fundamento del hogar moderno al realizar un acto cuya influencia en la civilización es inconmesurable, acontecimiento que determina el principio de la evolución de la técnica en todas sus manifestaciones, ya que la luz o energía radiante es factor determinante, dentro del universo físico.

La palabra luz tiene una doble significación en el lenguaje de todos los pueblos de la tierra. En un sentido general, la luz es agente de las sensaciones percibidas por el sentido de la vista, por lo tanto, base de un fenómeno fisiológico que tiene lugar en nuestro interior.

Desde el punto de vista físico, la luz es la radiación producida por los cuerpos luminosos, capaz de impresionar nuestra retina. La luz es una forma de energía radiante electromagnética que se propaga en el espacio con un movimiento ondulatorio transversal producido en un campo eléctrico y magnético a la velocidad de 300,000 kilómetros por segundo.

La luz y la energía radiante con ella asociada, pueden ser consideradas como la savia vital de la materia de todo el universo, desde el interior del átomo hasta más allá de las estrellas. En sí, la luz es la antorcha de la creación. Los años y la velocidad de la luz, revelan inconcebibles límites de distancia y tiempo en el universo.

El hombre conoce estos hechos y así, en la ciencia, la luz ha sido factor determinante en el desenvolvimiento de la humanidad.

Fuente de luz, es la lámpara moderna, su aplicación es incalculable y su evolución ha dado por consiguiente un beneficio general en todos sus aspectos, desde el hogar hasta el alumbrado público.

El propósito fundamental que se persigue al iluminar un recinto es el hacer visibles los objetos que se localicen en ese cubículo y esto acontece cuando la luz procedente de la fuente, cae sobre ellos y se refleja hacia nuestros ojos los cuales transforman los estímulos de la energía radiante que reciben en impulsos, los cuales son transmitidos por las fibras nerviosas al cerebro.

Las radiaciones fácilmente visibles por el ojo humano son aquellas comprendidas entre 0.38 y 0.77 μ ó 380 y 770 nanómetros.

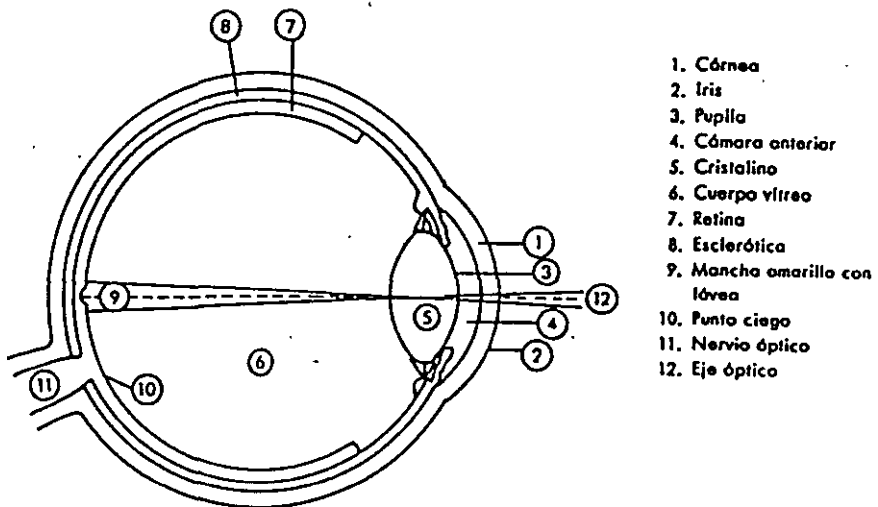
La energía visible es una parte muy pequeña del espectro electromagnético que es la energía radiante que se desplaza en el espacio en forma de ondas electromagnéticas.

El ojo es un mecanismo que recoge y enfoca la luz y se compone de los siguientes elementos;¹

1. Sistema óptico: que comprende córnea, humor acuoso, cristalino y cuerpo vítreo. Este sistema se encarga de la formación de la imagen.
2. Diafragma: que viene siendo la pupila la cual regula el flujo luminoso que penetra en el ojo.
3. La pared del ojo que sirve de protección para las radiaciones no deseadas.
4. Una película sensible al color en la cual se forma la imagen: la retina.

Las primeras fuentes de iluminación fueron la vela de parafina (1853), la lámpara de gas (1779), la lámpara de aceite (600) y como eran sumamente reducidas, los primeros términos empleados para medir la intensidad de iluminación (E). Se escogieron de acuerdo a esas formas primitivas de proporcionar la luz artificial y así surgió el término "candela o bujía" en la cual el patrón efectivamente era un a vela de un tamaño y con una intensidad determinada. Esa "candela" aplicada en un área de un metro cuadrado a una distancia de un metro se denomina lux.

Un lumen podríamos definirlo como el flujo luminoso emitido dentro de la unidad de ángulo sólido (un steradian) por una fuente puntual uniforme de una intensidad de una candela.



CORTE HORIZONTAL DEL OJO

De la definición de lumen se adoptó posteriormente la costumbre de indicar cuantos lúmenes emitía determinado tipo de lámpara y esto relacionándolo con la potencia consumida en watts nos indicaba la eficacia de la fuente luminosa. Esa costumbre se volvió con el tiempo en norma y actualmente en todas las tablas de lámparas se asienta como uno de sus valores fundamentales, los lúmenes emitidos por las mismas.

1.- Alumbrado. Biblioteca técnica Philips.

1.2. Teorías de la luz

La luz se define como la energía radiante que es capaz de excitar la retina humana y crear una sensación visual. También se puede definir como la evaluación visible de la energía radiante.

Desde el punto de vista de la física, la luz se relaciona con la porción del espectro electromagnético entre los 380 y 770 nanómetros.

La energía radiante, se puede evaluar en diferentes formas.

- 1.- El flujo radiante medido en joules por segundo o en watts.
- 2.- El flujo medido en lúmenes.

Existen diferentes teorías que describen la energía radiante:

1.2.1. Teoría corpuscular.- Establecida por Isaac Newton quien consideró:

- a) Los cuerpos luminosos emiten energía radiante en partículas.
- b) Dichas partículas son emitidas intermitentemente en línea recta.
- c) Estas partículas actúan sobre la retina del ojo, estimulando el nervio óptico para producir el fenómeno de la visión.

1.2.2. Teoría ondulatoria.- Atribuida a Hans Christian Huygens sobre las siguientes bases:

- a) La luz resulta de una vibración molecular en el material luminoso.
- b) Las vibraciones en cuestión son transmitidas a través del espacio en movimientos ondulatorios.
- c) Que las vibraciones entonces transmitidas actúan sobre la retina del ojo, estimulando el nervio óptico y produciendo sensaciones visuales.

1.2.3. Teoría electromagnética.- Estructurada por James Clerck Maxwell, sobre las siguientes consideraciones:

- a) Los cuerpos luminosos emiten luz en forma de energía radiante.
- b) La Energía radiante es propagada en forma de ondas electromagnéticas.
- c) Estas ondas electromagnéticas actúan sobre la retina del ojo estimulando el nervio óptico para producir la sensación de luz.

1.2.4. Teoría de los quantum de Max Planck, quien propuso:

- a) Que la energía es emitida y absorbida en forma de quantums (fotones)
- b) La magnitud de cada quantum es $h\nu$ donde $h=6.626 \times 10^{-34}$ joules por segundo y es la constante de Planck y ν es la frecuencia en Hertz.

1.2.5. Teoría unificada atribuida a De Broglie y Heisenberg, soportada en:

a) Cada movimiento de elemento de masa, está asociado a una longitud de onda cuyo valor está dado por:

$$\lambda = h/mv$$

Donde: λ = longitud de onda
 h = constante de Planck
 m = masa de partícula
 v = velocidad de partícula

b) Es imposible determinar todas las propiedades que son características de una onda o corpúsculo.

Todas las formas de energía radiante se transmiten en el vacío a la misma velocidad de 299793 km/seg. Sin embargo cada una difiere en longitud de onda y frecuencia.

La longitud de onda y velocidad se alteran por el medio a través del cual se transmiten, pero la frecuencia es fija, independientemente del medio.

$$v = \frac{\lambda \cdot \gamma}{n}$$

Donde: v = velocidad de las ondas del medio
 n = índice de refracción del medio
 λ = longitud de onda en el vacío
 γ = frecuencia en hertz

1.3. Conceptos de color

1.3.1. Teoría de color: la energía radiante electromagnética provee un estímulo físico que entra al ojo y causa sensación del color.

El color percibido de un objeto es característica del mismo.

La percepción de un color es el resultado de muchas interacciones de varios factores altamente complejos como son:

- a) Las características del objeto.
- b) La luz incidente y la del medio ambiente.
- c) La dirección de la visión .
- d) Características del observador.

El color de un objeto es distinto al color percibido de un objeto, y es definido como el color de la luz reflejada o transmitida por un objeto cuando es iluminado por una fuente de luz standard.

En realidad el color es la descripción de la luz en términos de cantidades de potencia radiante a diferentes longitudes de onda dentro del espectro visible.

Cuando la luz emitida de una fuente de luz incide sobre un objeto, este refleja algo de la energía luminosa que se denomina la reflectancia espectral del objeto.

La percepción del color depende de tres cosas:

- 1) La curva de distribución de energía espectral de la energía emitida por una fuente de luz.
- 2) La distribución de la reflectancia espectral del objeto.
- 3) La sensibilidad espectral del observador.

Los cambios en la apariencia de color que ocurren sobre diferentes fuentes de luz son reales y pueden medirse.

Los colores ocurren cuando tres informaciones son procesadas en el cerebro del observador.

- 1.- La primera información se relaciona con la respuesta del ojo del observador.
- 2.- El objeto que se está observando.
- 3.- Características de la fuente de luz.

La sensación de color empieza cuando un observador ve una escena iluminada.

El observador percibe los colores debido a los receptores conocidos como "conos" localizados en la retina del ojo. Existen tres tipos de conos, con máxima sensibilidad en la región de los rojos, verdes y azules que reaccionan en forma diferente en relación con lo observado.

La respuesta total de esos receptores se denomina la curva de sensibilidad espectral, que está representada en una gráfica de la respuesta del ojo como una función de longitud de onda.

Todas las fuentes de luz están caracterizadas por su temperatura de color, sin embargo una completa caracterización la determina la curva de distribución de energía espectral.

La curva de energía espectral representa la cantidad de energía emitida por una fuente de luz a una determinada longitud de onda, en la porción visible del espectro electromagnético (390-760 nm).

Las fuentes de luz difieren en la cantidad de energía que contienen en cada longitud de onda. Se dice que una fuente de luz tiene un pobre índice de rendimiento de color cuando la luz que produce tal fuente, altera los colores del objeto observado y se debe a que únicamente produce energía en relativamente pocas longitudes de onda.

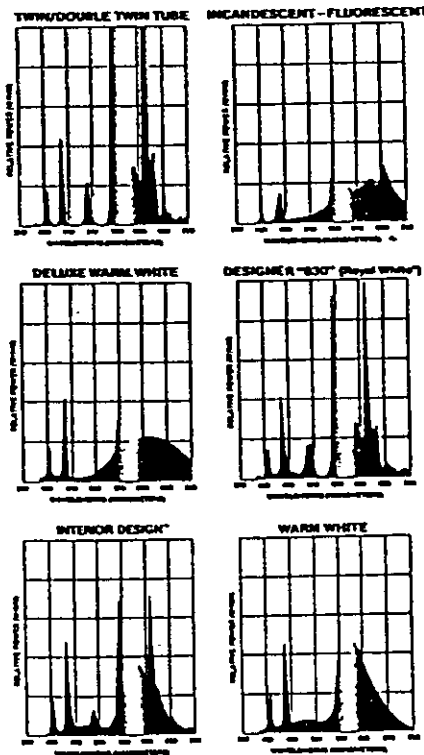
1.3.2. El índice de rendimiento de color (IRC) se refiere a la habilidad de la fuente de luz de dar los colores relativamente con exactitud en relación a la fuente standard tal como la luz diurna natural o la luz incandescente. Por definición estos últimos tipos de luz tienen un índice de rendimiento de color de 100. Se mide en una escala de 1-100.

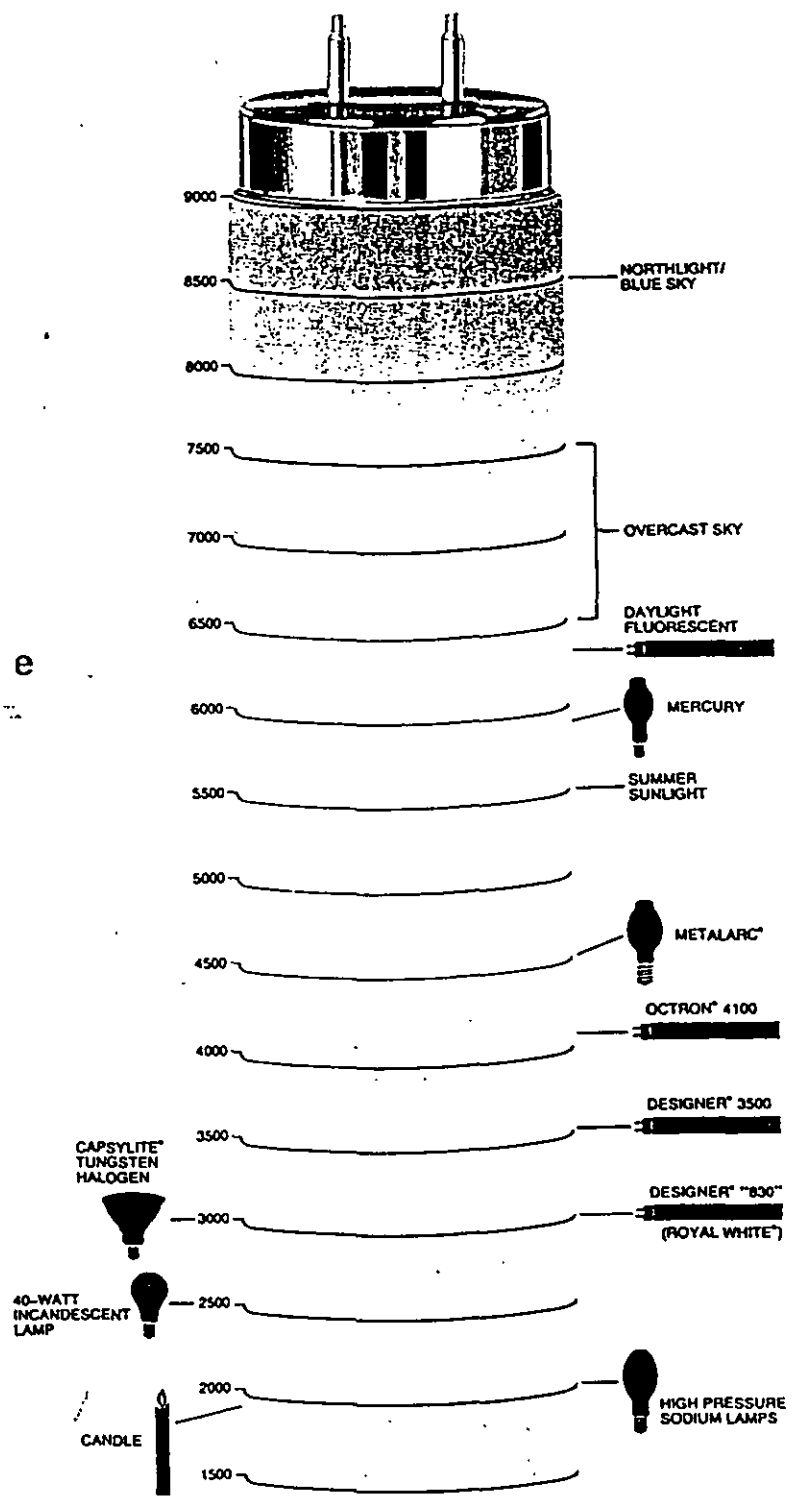
La temperatura de color se refiere al color de una fuente radiando completamente (cuerpo negro) a una temperatura en particular y de la fuente de luz que proporciona el mismo color del cuerpo.

1.3.3. La temperatura de color de una fuente luminosa. Es la temperatura absoluta de un cuerpo negro que emite el mismo color al de la fuente de luz. Se mide en grado kelvin ($^{\circ}$ k).

La temperatura de color correlacionada de una fuente luminosa es la temperatura absoluta de un cuerpo negro cuyo color es muy parecido a la de color de luz analizada. Las fuentes cuya característica es la alta temperatura de color se refieren a la luz diurna natural como fuente standard y las fuentes de baja temperatura de color, se refieren a la fuente de luz incandescente.

Las gráficas y figuras presentadas a continuación corresponden a ejemplos prácticos de temperaturas de color e índices de rendimiento de color para las diferentes familias de lámparas más comunes en el mercado. Asimismo se presentan curvas de distribución de energía espectral para lámparas fluorescentes típicas y de uso generalizado particularmente para iluminación de interiores



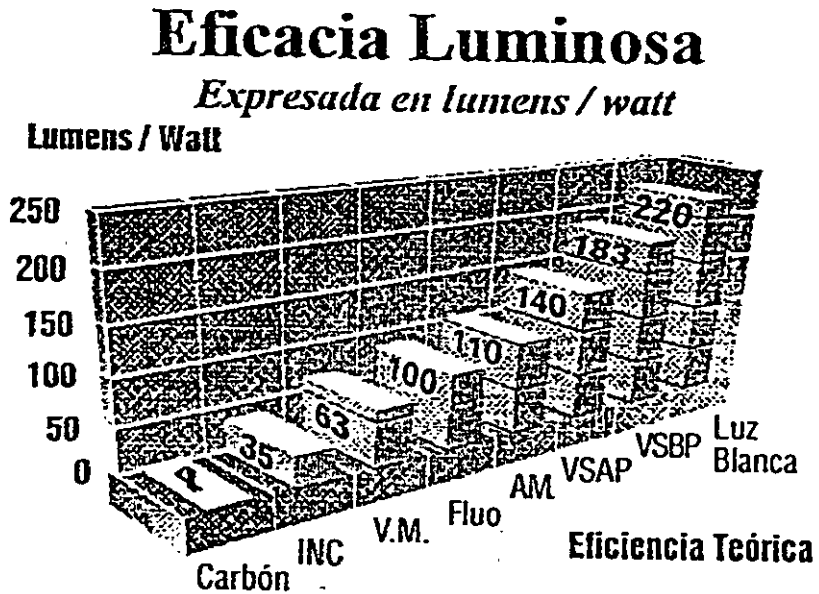


1.3.4. La influencia de la temperatura de color en aplicaciones de iluminación es mostrada en la siguiente tabla proporcionada por el fabricante de lámparas Philips.

Temperatura de color	Cálido	Neutral	Frío	Luz del día
Grados kelvin	2600-3400 k	3500 k	3600-4900 k	5000 k
Efectos y ambientes asociados	Amigable, íntimo, personal exclusivo	Amigable invitante	Fresco, limpio y eficiente	Brillante, alerta blancos reales
Aplicaciones recomendadas	Restaurantes, lobbies, boutiques, librerías, tiendas de ropa y oficinas	Recepciones, salón de exposiciones, librerías y oficinas	Oficinas, salón de conferencias, escuelas, hospitales, tiendas comerciales.	Galerías, museos, joyerías, consultorios e imprentas

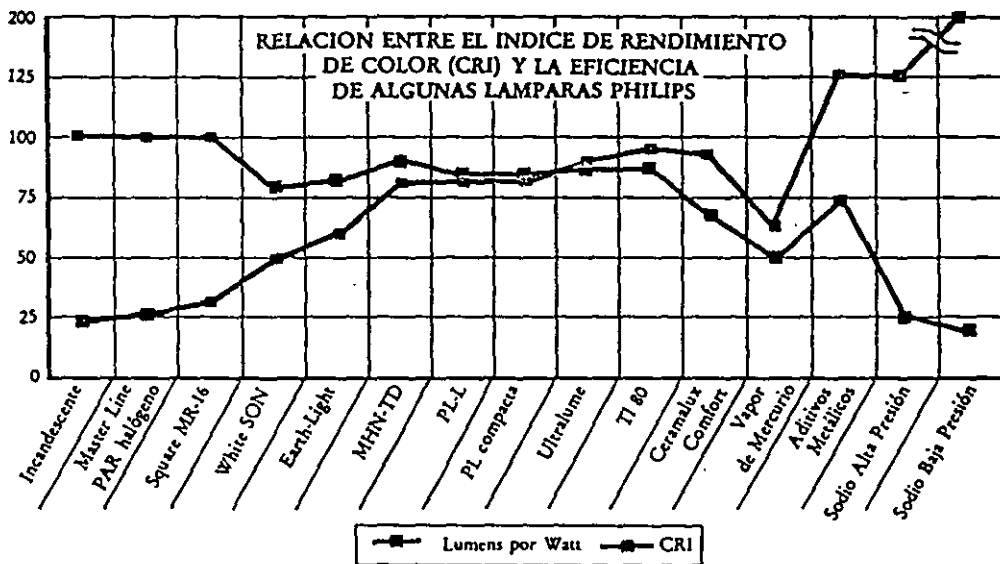
1.3.5. Eficacia de una lámpara.

La eficacia de una lámpara o "eficacia radiante" es la relación del flujo radiante emitido y la potencia consumida; en las lámparas incandescentes es de 16 lúmenes/watt y potencias de 150 a 1500 watts



1.3.6. Índice de rendimiento de color y su relación con la eficacia.

La gráfica que se presenta a continuación y que es cortesía de la empresa Philips Iluminación presenta la interesante relación entre el índice de rendimiento de color (IRC) y la eficacia (lúmenes/watt) de algunas de las lámparas del citado fabricante.



Color de la Luz

LAMPARA TIPO/COLOR	LPW	X,Y	CRI	(CCT)	TONO	COLORES DESTACADOS	COLORES OCULTADOS
Blanco Cálido	81	.440 .403	52	3000	Amarillento	Naranja Amarillo	Rojo, Azul, Verde
Blanco Cálido de Lujo	85	.413 .393	73	3500	Amarillento Pálido	Rojo Naranja Verde	Rojo Profundo
Incandescente	17.5	.445 .405	99+	2900	Amarillento	Rojo Profundo Rojo, Naranja Amarillo	Azul Verde
Multi-Color	80	.358 .307	70	3900	Azul, Verde	Azul, Verde Amarillo	Rojo
SP30	81.3	.440 .403	70	3000	Amarillento	Rojo Naranja	Rojo Profundo
SP30	81.3	.440 .403	70	3000	Amarillento	Rojo Naranja	Rojo Profun- do, Azul
SP35	82	.413 .393	73	3500	Amarillento Profundo	Rojo Naranja Verde	Rojo Profundo
SP41	82	.376 .387	70	4100	Verdoso Profundo	Rojo Naranja Verde, Azul	Rojo Profundo
SPX27	—	.463 .415	81	2700	Amarillo Cálido	Rojo Naranja	Azul
SPX30	81.5	.437 .402	82	3000	Blanco (Rosado)	Rojo Amarillo, Naranja	Rojo Profundo
SPX35	82.5	.413 .393	82	3500	Blanco	Rojo Naranja Verde, Amarillo	Rojo Profundo
SPX41	84.3	.376 .387	82	4100	Blanco Blanco	Todos	Rojo Profundo

SP-30 FLOURESCENTES 30K

SP-35 FLOURESCENTES 35K

SP-41 FLOURESCENTES 41K

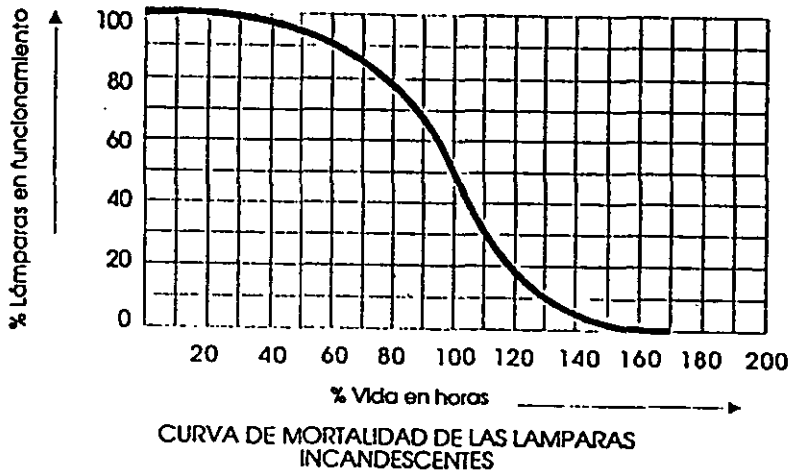
SP-65 FLOURESCENTES 65K

SPX-30 FLOURESCENTES 30K DE LUJO

SPX-35 FLOURESCENTES 35K DE LUJO

SPX-41 FLOURESCENTES 41K DE LUJO

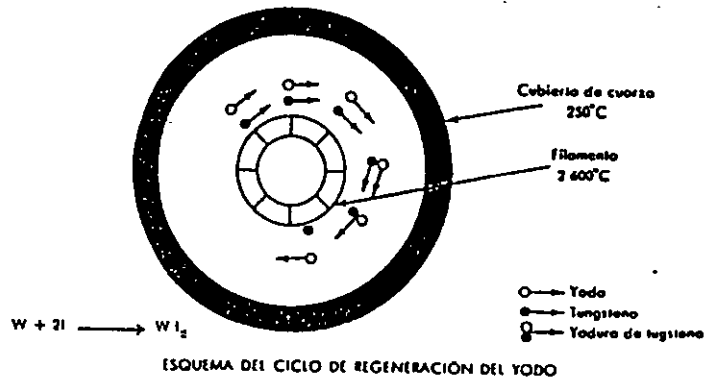
El concepto de vida media de lámpara, los fabricantes lo definen como: "es el tiempo de duración que especifica el fabricante para sus lámparas y se determina colocando un lote a vida, cuando el 50% termina su vida útil, se dice que esta es la "vida media" por lo tanto la mitad de las lámparas finalizaran su vida media. De la lámpara incandescente para alumbrado general es aproximadamente de 1000 horas bajo condiciones normales de funcionamiento. La gráfica que se muestra a continuación, presenta la curva típica de mortalidad de las lámparas de tipo incandescente obtenido en pruebas de laboratorio.



El avance más espectacular en el campo de la lámpara incandescente ha sido la lámpara de cuarzo-yodo o de "halógenos" y el principio del funcionamiento de esta es el ciclo de regeneración yodo-tungsteno.

Este ciclo se logra añadiendo el contenido de la ampolla de cuarzo de la lámpara una pequeña cantidad de yodo vaporizado entonces los átomos evaporados del tungsteno del filamento se combinan a temperaturas inferiores a 1450°C así cuando la temperatura es mayor de 250°C debido a las corrientes de convección térmica en el interior de la lámpara, se dirige al filamento a una alta temperatura y al llegar a su proximidad se disocia precipitándose el tungsteno sobre dicho filamento y por lo tanto regenerando el material incandescente al mismo tiempo que el vapor de yodo queda liberado para poder iniciar otro ciclo.

Mediante este ciclo de regeneración se consigue lo siguiente:



- Una mayor duración de la vida útil de la lámpara (2000 horas).
- Flujo luminoso mucho más constante que las lámparas normales de incandescencia.
- Temperaturas de color constante y óptimo índice de rendimiento de color.

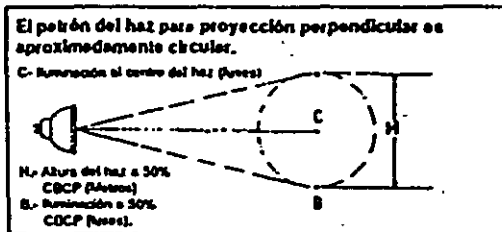
En el tipo de lámpara halógenas, se han desarrollado tecnologías de vanguardia, para fabricar las conocidas como microicas o halógenas miniatura en bajo voltaje ya que operan con 12 volts y además se fabrican cápsulas de vidrio "duro" o cerámicas especiales en 16/8" y hasta de 11/8" de diámetro y operan con solo 12 volts, se les identifica además como lámparas "MR-11" y "MR-16" de haz de luz frío ya que un buen porcentaje de calor generado de la capsulita de cuarzo al interior de la envolvente exterior, lo irradia la lámpara hacia la parte del casquillo y el menor porcentaje de calor al igual que la energía visible lo manda hacia adelante, por esta característica por su excelente índice de rendimiento de color, su tamaño compacto y su gran capacidad de control de haz luminoso y su alta eficacia resultan ideales para aplicarse en alumbrado localizado de acento.

Las lámparas reflectoras dicroicas también se encuentran en colores: azul, verde, rojo, etc..., entregándonos un haz prácticamente monocromático obtenido a base de reflectores y películas en el "difusor de bulbo bajo y principio de la suma e interferencia de la luz que nos señala"..., los nuevos adelantos en películas dicroicas han hecho posible producir un haz coloreado de luz usando una lámpara PAR sin necesidad de usar filtros absorbentes de luz, ² el principio dicroico también permite la fabricación de las lámparas PAR cool lux (luz fresca) en las cuales la luz sale a través del lente, mientras que el calor escapa por detrás del reflector.

* Las principales características de una lámpara dicroica MR-16 y MR-11 en bajo voltaje son:

- 1) Entregan más lúmenes por watt que las lámpara incandescentes permitiendo reducir el wattaje sin reducir la luz.
- 2) Su diseño de bajo voltaje, reduce el consumo de energía dramáticamente, los reflectores multifacetados o punteados ayudan a eliminar reflejos del filamento, esto da como resultado un patrón de luz uniforme, limpio, sin manchas.
- 3) El recubrimiento dicroico reduce el calor para proteger artículos sensibles al calor y para asegurar confort.
- 4) Su tamaño compacto ahorra espacio, reduce el tamaño del luminario dando mayor flexibilidad en el diseño de éste.
- 5) Su bombilla de tungsteno halógeno brinda un excelente rendimiento de color, mantiene su brillantez inicial hasta el fin de su vida

Para hallar la lámpara MR-16 sin cubierta más apropiada para cierta aplicación, se mide la distancia que existe entre el luminario y el objeto. Se selecciona la distancia más cercana a esta medida en la siguiente tabla, y se encuentra la lámpara que ofrezca el nivel de iluminación deseado en luxes y el tamaño del haz deseado.



Altim. (m)	Descripción	Código ANSI	Vida (hrs)	Temp. Color (K)	# CSCP Candelas	Ángulo	Distribución (DISTANCIA EN METROS)								
							0	1	2	3	4	5	6	7	
20	Muy concentrado	ESX	2000	2925	3300	11°	C	13200	3300	1467	825	367	205	137	92
							H	0.10	0.2	0.29	0.39	0.58	0.77	0.96	1.15
							B	6600	1650	733	412	183	103	66	46
							H	0.22	0.45	0.67	1.33	1.87	2.85	-	-
50	Muy concentrado	EXT	3000	3050	9150	13°	C	-	9150	4066	2267	1016	571	366	254
							H	-	0.23	0.34	0.46	0.68	0.91	1.14	1.37
							B	-	4575	2033	1143	508	285	183	127
							H	0.21	0.42	0.64	0.95	1.38	1.70	-	-
50	Difusión	EXN	3000	3050	1500	38°	C	6000	1500	666	375	166	93	-	-
							H	0.34	0.69	1.03	1.38	2.07	2.76	-	-
							B	3000	750	333	187	83	46	-	-
							H	0.21	0.42	0.64	0.95	1.38	1.70	-	-
75	Difusión	EYC	3500	3050	2200	38°	C	8800	2200	977	550	244	137	-	-
							H	0.34	0.69	1.03	1.38	2.07	2.76	-	-
							B	4400	1100	488	275	122	68	-	-
							H	0.21	0.42	0.64	0.95	1.38	1.70	-	-

Ángulo en grados
 CSCP = Candelas al centro del haz.

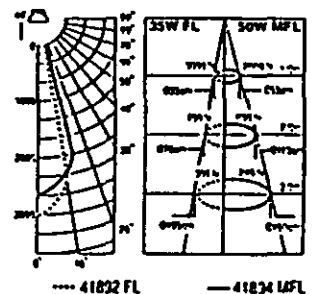
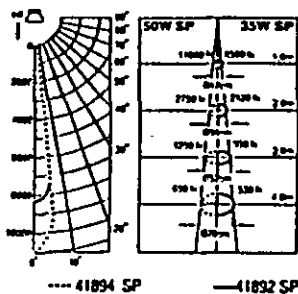
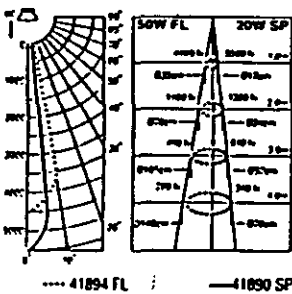
Existen también las lámparas dicroicas halógeno-Tungsteno cerradas o en cápsulas con ventajas sobre las abiertas ya que permiten una mayor seguridad de manejo.

Por todo lo expuesto, las aplicaciones típicas de estas lámparas se tienen en la iluminación creativa de arquitectura, decoración y escenografía en :

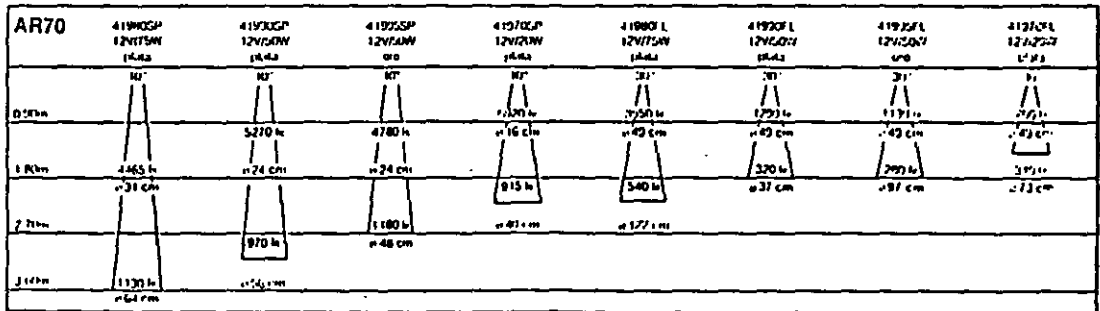
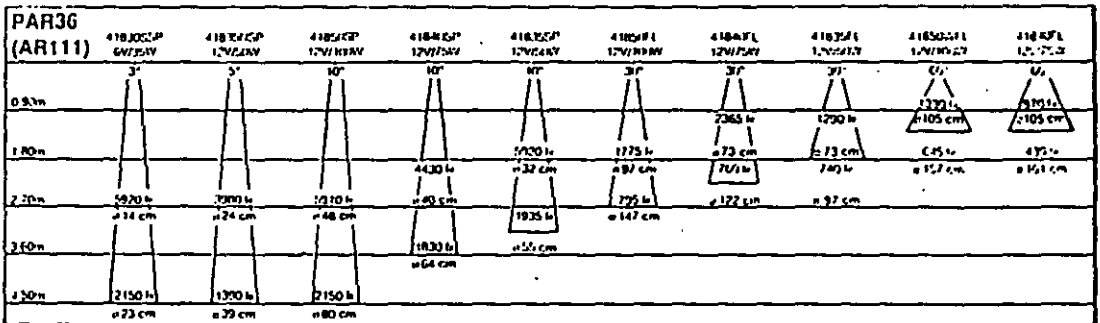
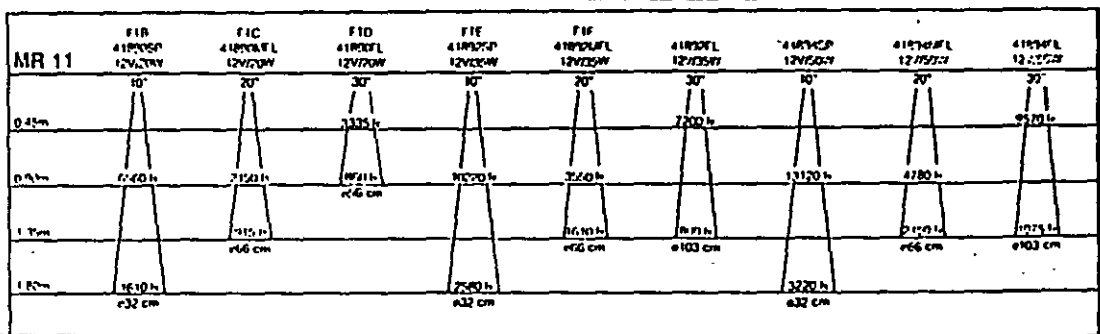
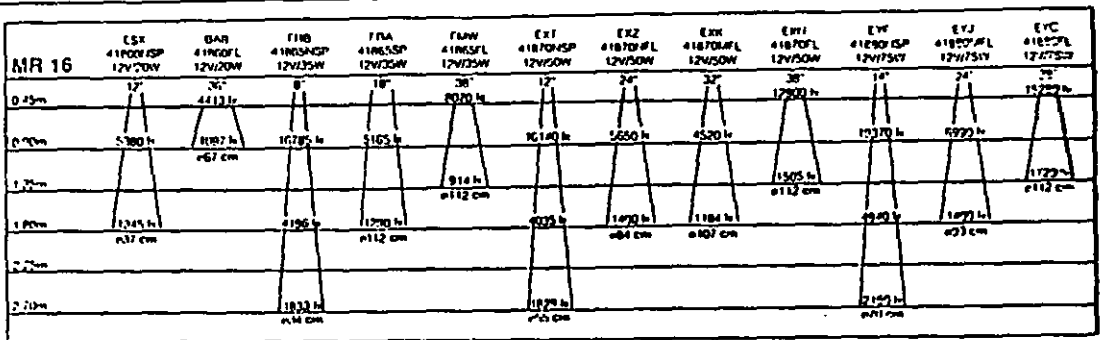
- Aparadores.
- Joyerías.
- Restaurantes.
- Galerías.
- Mostradores.
- Museos.
- Exhibidores.
- Oficinas.
- Hogar.

A continuación se presentan las curvas de distribución luminosa (fotometricas) de algunas de las lámparas antes mencionadas.

Lámparas halógenas con reflector
Distribución luminosa en cd
Intensidades de iluminación en lux



Distribución de la intensidad luminosa (cd) de diversas lámparas de halógeno de bajo voltaje con reflector



OSRAM

1. Las lámparas incandescentes producen la luz mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un filamento calentado hasta el rojo blanco emitiendo a esta temperatura radiaciones comprendidas dentro del espectro visible. Estas lámparas se componen de un filamento de tungsteno que alcanza una temperatura inferior a 3655°K que es la de fusión de ese elemento; según la potencia de la lámpara se tendrá una determinada temperatura por ejemplo, en la lámpara de 25W, ésta es de 2550°K , en la de 100W de 2880°K y en la de 1000W de 2995°K .

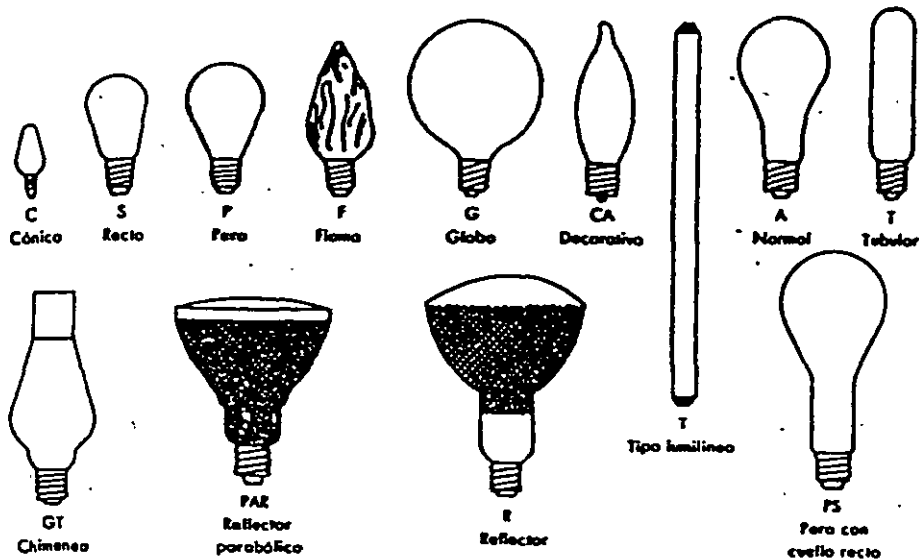
La temperatura del filamento se puede aumentar para obtener una mayor emisión de luz, mejorando el color, pero sacrificando la duración de la lámpara, es decir si a una lámpara con filamento para operar a 120 V le aplicáramos 135 V aumentaremos su emisión en un 50% pero disminuimos su vida a un 25%.

Los elementos esenciales de una lámpara de filamento son: el bulbo, la base y el filamento.

Debido a la necesidad de que el filamento incandescente funcione dentro de un recipiente o espacio al cual se le ha hecho el vacío es necesario emplear una campana de vidrio totalmente sellada a la que se denomina bulbo. El vidrio empleado en las lámparas incandescentes varía en cuanto a su constitución de acuerdo al uso que se le dé, es decir para alumbrado general se construyen de "vidrio blando", pero las de alumbrado especial con "vidrio duro" ya que deben de resistir condiciones más severas como la lluvia, la nieve, etcétera.

La nomenclatura empleada para definir los tamaños y formas de los bulbos se designan por una letra o letras y a continuación un número, indicando la primera, la forma del bulbo y el segundo, el diámetro máximo del mismo en octavos de pulgada, así por ejemplo PS-35 significa: PS= forma de pera (pear shaped) y el 35 que tiene un diámetro máximo de $35/8$ de pulgada o sea $4\frac{3}{8}$ con una equivalencia en el sistema métrico decimal de 11.112 cm. Las lámparas más comúnmente empleadas tienen bulbo tipo 'A' por lo general de 15 a 200 W de

potencia, y esa letra es una designación arbitraria. Diferentes bulbos para lámpara incandescente:



El bulbo puede ser transparente para aplicaciones de un control exacto de luz como en los sistemas ópticos o tener su interior esmerilado para emplearse en alumbrado general aunque estos tienen una pérdida del 2% de luz en relación a los primeros.

Existen lámparas de colores principalmente en rojo, azul, amarillo, marfil y blanco y esto se consigue mediante la aplicación de un revestimiento pigmentado en el interior o exterior de un bulbo transparente; existen también los revestimientos de cerámica, y los que se obtienen a base de ingredientes de productos químicos a los componentes de vidrio.

Las lámparas a través de su vida y al final de ella se empiezan a "enegrecer" siendo éste el resultado de la evaporación normal del filamento producida por el depósito en la superficie interna del bulbo de partículas de tungsteno.

El casquillo o base se define como el "medio por el cual la ampolla o bulbo se conecta al portalámpara". Esta conexión asegura la firmeza del foco y lo sitúa en posición de recibir la alimentación eléctrica.

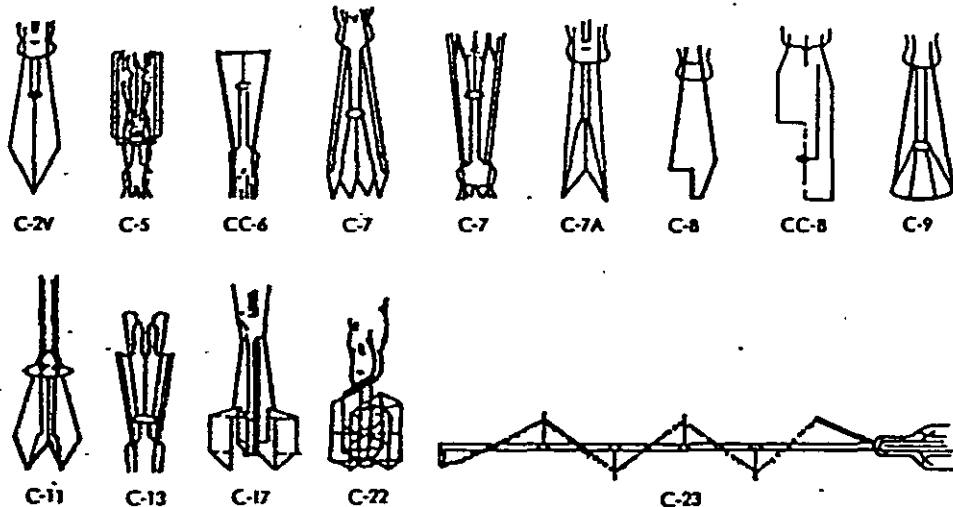
Los tipos de bases utilizados más comúnmente son los de rosca y por lo general los focos incandescentes con potencias hasta 300 W tienen ese casquillo denominado "rosca media o rosca Edison" y para capacidades superiores se emplea la base "Mogul" o "Goliath". En las mayorías de las lámparas incandescentes se emplea cemento especial para unir el vidrio del bulbo al metal de la base, sin embargo en potencias superiores a 500 watts en donde las temperaturas en la rosca son más elevadas pudiendo fundir el cemento normal, se emplean cementos especiales o la llamada base mecánica.

Existen una infinidad de bases tales como la minican, la candelabro, intermedia, disco, media, mogul, bayoneta, media con faldilla o sea el casquillo reforzado, biposte mediana y prefocada. Cada una de estas bases tienen determinadas aplicaciones y así la candelabro se emplea en lámparas decorativas, para anuncios; la mediana en lámparas de uso general de 300 watts o menores, y la mogul en mayores de 300 watts, como ya se había asentado. Los filamentos son los elementos productores de la luz de la lámpara y se fabrican en varias formas para distintos usos designándose, como los bulbos, con una letra que indica el tipo de construcción del alambre y con un número que identifica la forma de dicho filamento.

Si el filamento es recto se le designa con la letra S (straight), la C significa filamento en espiral y la CC filamento espiral doble de la forma 8.

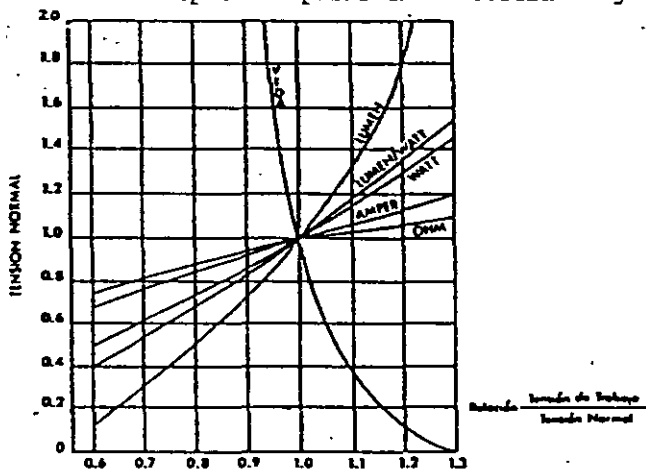
La potencia en watts de una lámpara de filamento es igual a la tensión de alimentación en voltios multiplicada por la corriente que circula a través del filamento ($W = EI$). Cuanto mayor es la potencia de una lámpara alimentada a una determinada tensión, mayor será la corriente y mayor también el diámetro del filamento para conducirla ($W = RI^2$).

La invención de la lámpara de filamento llena con gas inerte, mezcla de argón y nitrógeno, realizada en 1913 por el científico americano Irving Langmuir (1881-1957) brindó una mayor eficiencia y una luz de color más blanco; en la actualidad todas las lámparas menores de 40 watts de capacidad suelen ser del tipo al vacío y las restantes son rellenas de gas.



DESIGNACIÓN DE LOS FILAMENTOS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES.

El funcionamiento de las lámparas incandescentes a tensiones distintas, de aquellas a las que han sido diseñadas, dan como resultado las gráficas, que a continuación se muestran (para lámparas en atmósfera de gas).



Con las siguientes relaciones podemos determinar, el flujo luminoso, la potencia y la vida de la lámpara cuando se tenga variaciones de tensión.

$$\frac{\phi_1}{\phi_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^a$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^b$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^c$$

en donde:

ϕ = flujo luminoso

L = vida de la lámpara

P = potencia disipada por la lámpara

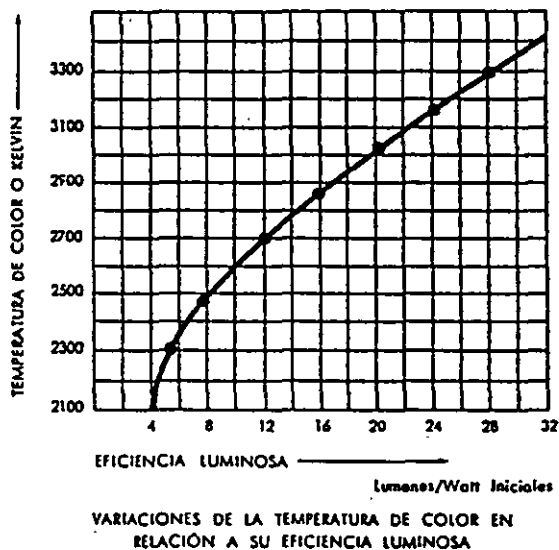
V = tensión aplicada a la lámpara

Las constantes a, b y c las podemos considerar de la siguiente tabla:

Tipo de lámpara	Constante		
	a	b	c
Lámpara al vacío	3.51	13.5	1.580
Lámpara en atmósfera de gas	3.38	13.1	1.541

Para cada temperatura corresponde un color de luz emitida y el término de "Temperatura de color" podríamos definirlo como la temperatura a la que debe llevarse un cuerpo teóricamente denominado "cuerpo negro" para que emita una luz de un color idéntico al de este cuerpo.

Es interesante observar que la temperatura de color de las lámparas varía directamente proporcional a las variaciones de las eficacias en Lúmenes watt de las lámparas, como puede apreciarse en la información de la siguiente gráfica.



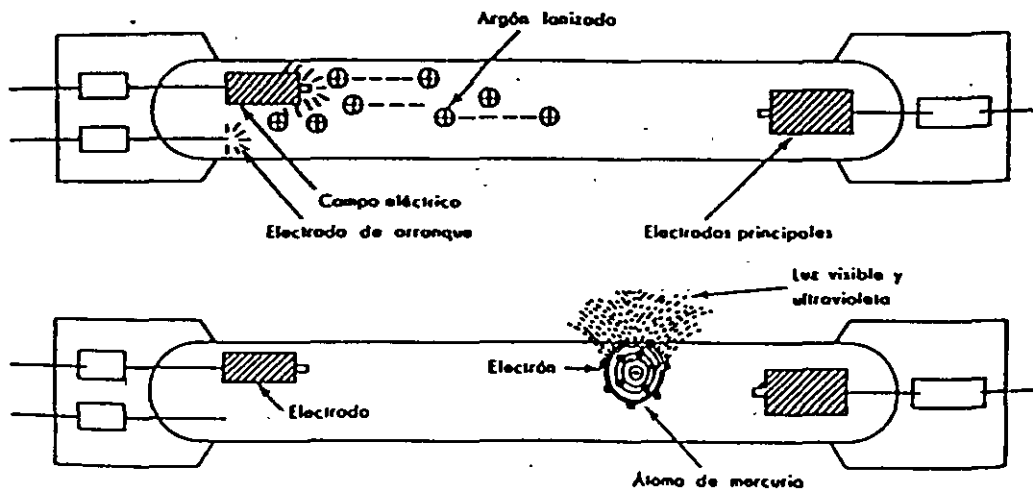
La eficacia de una lámpara o "eficacia radiante" es la relación del flujo radiante emitido y la potencia consumida; en las lámparas incandescentes es de 16 lúmenes/Watt y en potencias de 150 a 1500 Watts es de 10 a 21 Lúmenes/Watt.

El alumbrado público que se inició con lámparas de arco se desarrolló durante muchos años a base de lámparas incandescentes tanto en circuitos tipo serie como del tipo múltiple. A raíz de la comercialización tanto de las lámparas de mercurio y de sodio en baja presión que proporcionaban una mayor eficacia, las instalaciones de ese tipo se fueron transformando y poco tiempo después se fueron nuevamente sustituyendo esas fuentes luminosas por las de vapor de sodio en alta presión. Actualmente la lámpara incandescente en el alumbrado de calles y avenidas pasó a la historia.

Las Lámparas rellenas de gas se designan clase C y las de vacío B.

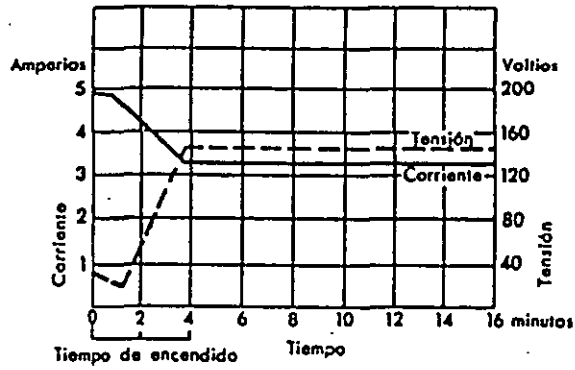
2. Lámparas de descarga.

a) La lámpara de vapor de mercurio es una lámpara de descarga eléctrica en la cual la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o de un gas. La aplicación de un potencial eléctrico ioniza el gas y permite en esa forma que la corriente pase entre dos electrodos, colocados uno en cada extremo de la lámpara. Estos electrones, cuando chocan con los átomos de gas o vapor, alteran temporalmente su estructura atómica y la energía desprendida mientras los átomos alterados restablecen su estado normal es la que produce la luz que es debida a una radiación de mercurio.



DATOS DE LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO
(Tipo Blanco de lujo G. E.)

Watts	Lúmenes iniciales	Vida promedio	Temperatura del color (°K)
100	4 200	24 000	3 900
175	8 600	24 000	3 900
250	12 100	24 000	3 900
400	22 500	24 000	3 900
1 000	63 000	24 000	3 900



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CORRIENTE DE ARRANQUE Y DE LA TENSIÓN DE ENCENDIDO EN UNA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO.

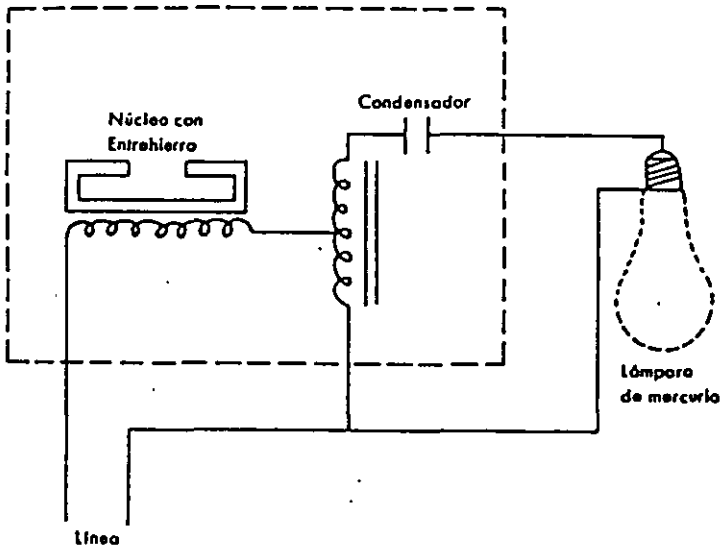


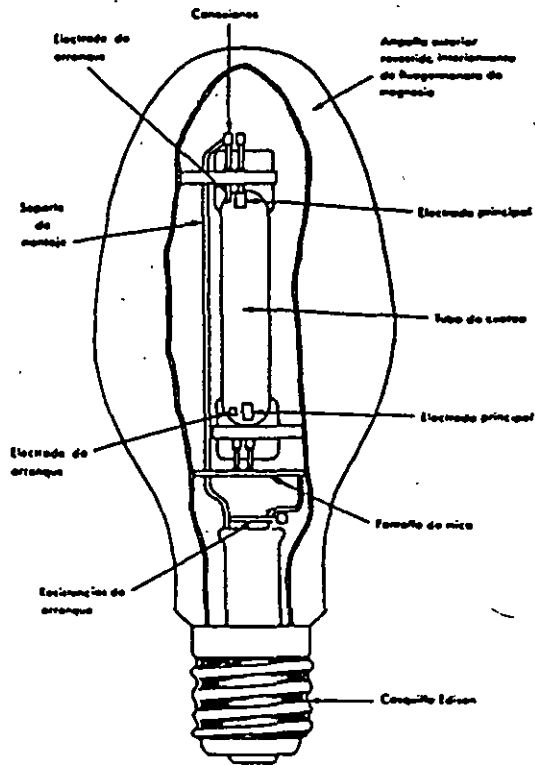
DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON BALASTRA AUTORREGULADA Y FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO.

La lámpara de vapor de mercurio requiere, para su arranque y operación, un elemento auxiliar denominado balastro, que tiene como función el limitar la corriente para que la lámpara tenga la tensión y corriente adecuadas.

Al aplicar una diferencia de potencial a los extremos de la lámpara, se produce un campo eléctrico entre el electrodo de arranque y el electrodo principal, que provoca una emisión de electrones y por consiguiente una descarga local y la ionización del gas de arranque; después de este preámbulo salta el arco entre los electrodos principales y el mercurio se convierte en vapor a la vez que transporta cada vez una corriente mayor. Después de esto es necesario que transcurran de 4 a 5 minutos para que se alcancen los valores de corriente y tensión de funcionamiento.

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE LAS LÁMPARAS
DE VAPOR DE MERCURIO**

Potencia de la lámpara (watts)	Designación ASA	Corriente de arranque	Tensión de circuito Abierto (Voltios)		Características de servicio	
			Temp. 10 °C o más	Ambiente —29 °C	Corriente (Amps.)	Tensión (Volts.)
250	H-37-5KB	3.0	220	220	2.1	135
400	H-33-1-CD	5.0	220	237	3.2	135
700	H-35-18-NA	5.0	460	460	2.8	265
1 000	H-36-15-GW	6.0	460	460	4.0	265

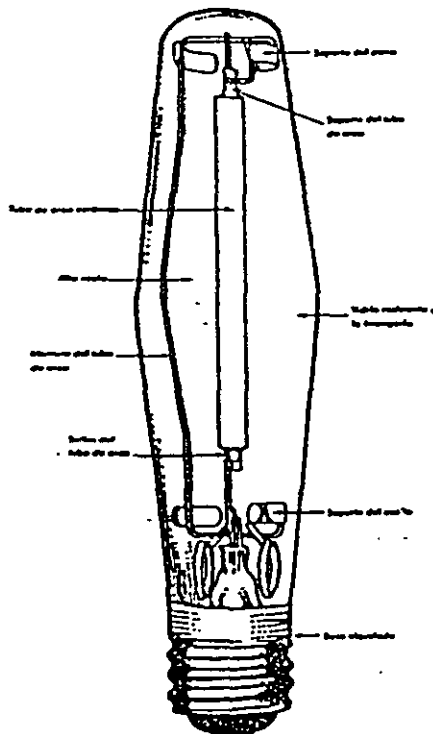


CONSTITUCIÓN DE UNA LÁMPARA DE MERCURIO DE COLOR CORREGIDO.

b) La lámpara de vapor de sodio de alta presión ha revolucionado los sistemas clásicos de alumbrado público de los últimos años ya que su gran eficiencia de lúmenes/watt ha alcanzado valores nunca antes imaginados.

Como todas las lámparas de descarga en gas, se requiere de un dispositivo de limitación de corriente y debe emplearse además un ignitor que proporcione pulsos de baja energía y alta frecuencia, superpuestos al voltaje principal a través de los electrodos de la lámpara y cuando el gas enciende, cosa que es instantánea, entonces el ignitor se desconecta automáticamente.

La descarga inicial se efectúa en un gas raro (xenón) y el calor así producido causa parte de la evaporación de la amalgama de sodio. Se continúa la descarga en los vapores de sodio mercurio y poco tiempo después se estabiliza emitiendo una luz blanco-oro con eficiencias hasta de 140 Lumen/watt en la lámpara de 1000 watts. También como en la lámpara de vapor de mercurio, su tiempo de encendido es de alrededor de 3 minutos; la luminancia de estas lámparas es sensiblemente inferior al de las demás lámparas eléctricas.



CONSTITUCIÓN DE UNA LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN.

A continuación se indican los elementos de que está compuesta la lámpara de vapor de sodio de alta presión; así como una tabla en donde se aprecian las principales características de las lámparas de este tipo en capacidades desde 70 hasta 1000 watts.

**DATOS DE LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO
ALTA PRESIÓN (G. E.)**

<i>Watts</i>	<i>Lúmenes iniciales</i>	<i>Vida promedio</i>	<i>Temperatura de color (°K)</i>
70	5 800	12 000	1 900
100	9 500	12 000	2 100
150	16 000	16 000	2 100
250	30 000	15 000	2 100
400	50 000	20 000	2 100
1 000	140 000	15 000	2 100

La lámpara de vapor de sodio de baja presión se desarrolló en forma práctica entre 1932 y 1933 y su eficiencia inicial oscilaba entre los 45 y 69 lúmenes/watt emitiendo una luz amarilla, característica del espectro del sodio, la cual distorciónaba los demás colores. Esta fuente luminosa se empleó inicialmente en alumbrado de lugares peligrosos como cruces de ferrocarril e intersecciones de arterias principales, así como en la iluminación de carreteras.

Hoy día el rendimiento de este tipo de lámparas es extraordinario y alcanza en algunas capacidades hasta 180 lúmenes/watt y eso ha representado un elemento básico a considerar por el ahorro de energía eléctrica que representa sobre

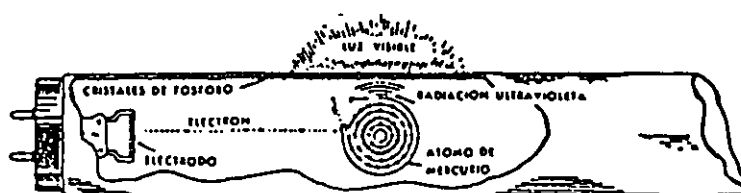
todo en la época actual en donde con la escasez de energéticos el costo de la energía eléctrica se ha incrementado terriblemente. Además esta luz monocromática (589 nm) hace que percibamos mejor las diferencias de contraste y permite que penetre más luz con lluvia y niebla.

c) Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte (generalmente argón), la luz visible a las radiaciones ultravioleta, resultante de la colisión entre electrones y átomos de mercurio vaporizado. Estas lámparas tienen un buen rendimiento luminoso que puede llegar a los 110 lúmenes/watt y una débil luminancia que evita cualquier clase de deslumbramiento cuando estas lámparas se sitúan directamente en el campo visual.

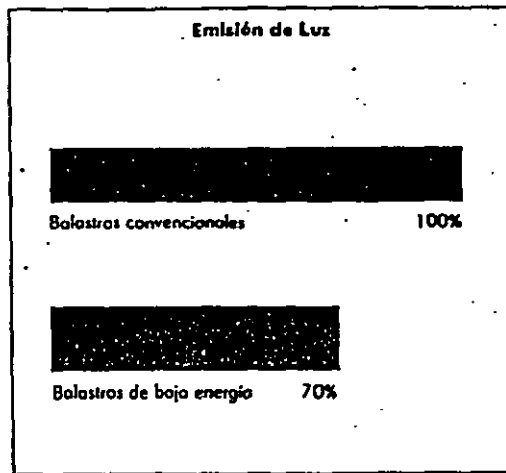
Las lámparas fluorescentes se componen de un tubo que es en realidad la ampolla o envoltura para la mezcla de los gases y su interior se aprovecha para revestir de materiales fluorescentes; en los extremos del bulbo tubular se colocan totalmente sellados los electrodos que son de tungsteno

con materiales emisores como los óxidos de bario, estroncio y calcio. Existen dos tipos de electrodos, el llamado "cátodo caliente" el cual alrededor de los 1000°C empieza a desprender electrones para que se establezca el arco y el "cátodo frío" que es un tubo de níquel o de hierro puro y en donde su superficie interna está recubierta con un material emisor, este trabajo se hace cerca de los 150°C. Las materias fluorescentes o fosforescentes varían de acuerdo con el color de la lámpara es decir éste depende de la composición química de los fósforos.

Los casquillos o bases conectan la lámpara al circuito de alimentación eléctrico y también lo sostienen, habiendo una gran variedad de contactos como son: de una espiga, de dos espigas (miniatura, mediana T-8, mediana T-2, mogul T-17) y embutida de doble contacto (T-12) y de 4 espigas (se emplea en las circulares).



El balastro es un dispositivo electromagnético o electrónico, limitador de corriente, que controla los parámetros eléctricos que hacen posible la operación correcta de la lámpara de descarga que alimenta.



En sistemas con lámparas fluorescentes hay que considerar tres conceptos fundamentales:

- Interferencia electromagnética (EMI) que la Federal Communications Commission de USA limita en su manual FCC en la parte 18-15J.
- Factor de potencia
- Contenido total de armónicas.

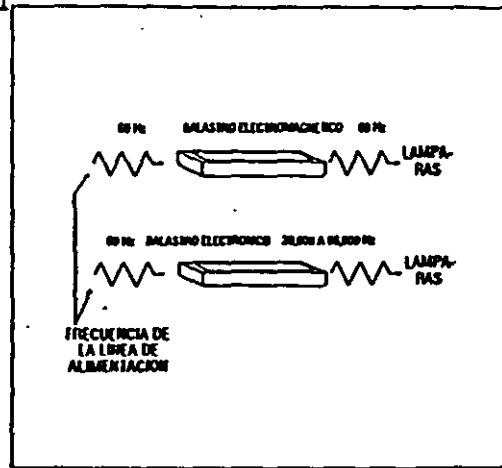
La distorsión total de armónicas (THD) se calcula matemáticamente mediante la siguiente fórmula:

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{\sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}$$

El factor de armónicas es la relación del valor efectivo de todas las armónicas al valor efectivo de la fundamental. Según ANSI-IEEE (C57.12.80.1978), dicho factor se puede expresar matemáticamente en la siguiente forma:

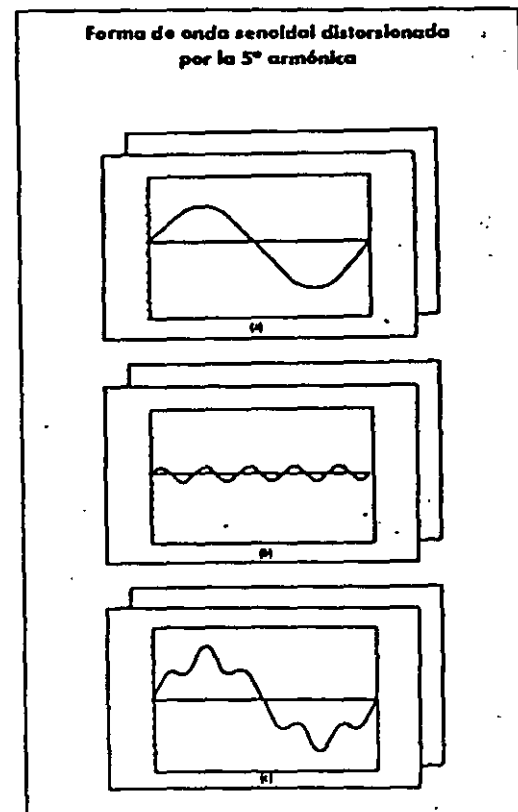
$$\text{Factor de armónicas (para voltaje)} = \frac{\sqrt{E_2^2 + E_3^2 + E_4^2 + \dots + E_n^2}}{E_1}$$

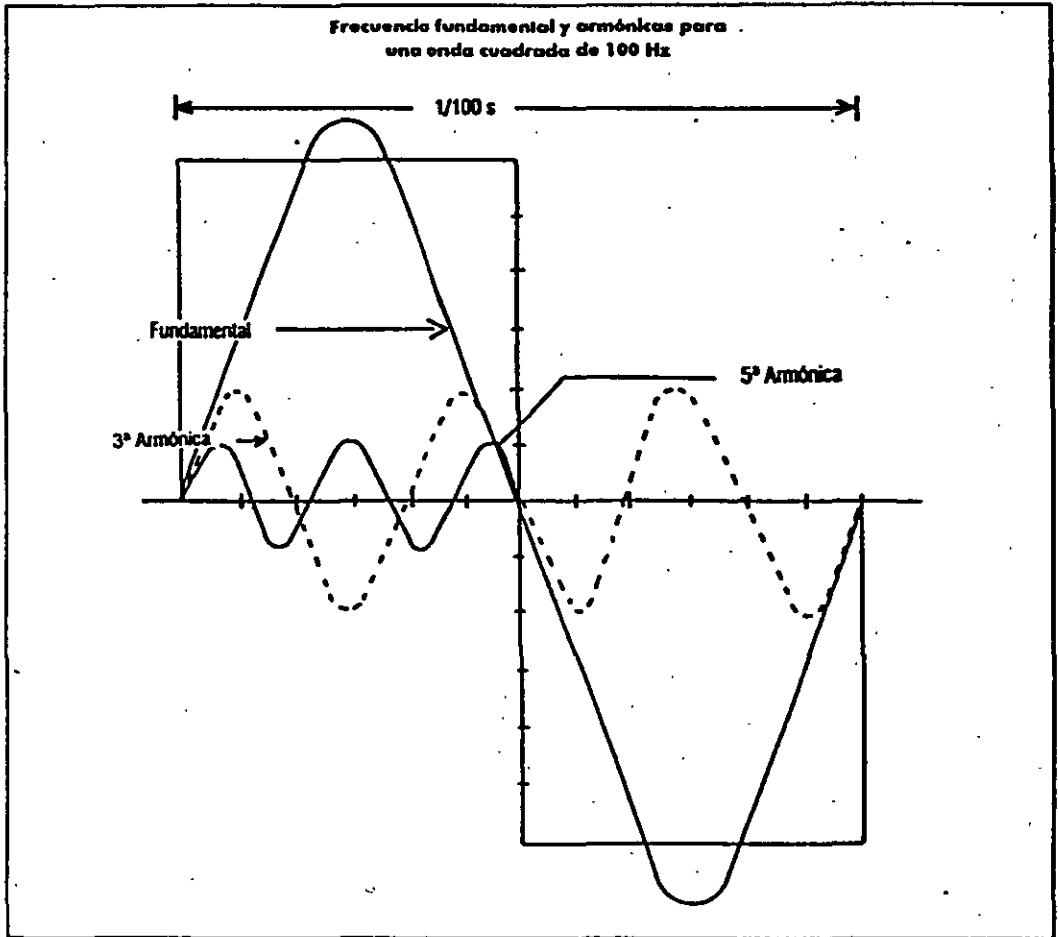
$$\text{Factor de armónicas (para corriente)} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$



Factor de distorsión de corriente =

$$FDC = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}$$





La adición de las pérdidas debidas a las componentes armónicas limitan la capacidad real de trabajo de los equipos, ya que hay un sobrecalentamiento en motores, capacitores y transformadores.

Una fuente principal de armónicas se debe a las lámparas a base de descarga en gas, como son las fluorescentes, las de mercurio, sodio de alta presión, etc.

Los tubos de luz fluorescente dan lugar a corrientes armónicas impares de magnitud importante y en una carga trifásica la tercera es la dominante.

Factor de distorsión de voltaje =

$$FDV = \frac{1}{V_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}$$

V_1 = Voltaje a la frecuencia fundamental

V_n = Voltaje a la n armónica

FUNDAMENTACION

En la actualidad, las constantes crisis energéticas y económicas mundiales con sus impactos negativos en los niveles de bienestar de los habitantes de los países, obligan a los gobiernos a diferir sus proyectos de construcción de centrales generadoras de energía eléctrica, y a impulsar programas de uso eficiente y ahorro de energía eléctrica. Asimismo, la irreversible explosión demográfica que demanda cada vez mas servicios de energéticos primarios, derivados del petróleo, aunado a las grandes cantidades de hidrocarburos utilizados en la operación de las grandes centrales termoeléctricas, es una preocupación mundial de supervivencia ya que estudios fundamentados revelan que el petróleo se puede acabar en un corto plazo no mayor de 40 años.

No menos importante es señalar que los programas nacionales de eficiencia y ahorro de energía persiguen como beneficios colaterales el cuidado del medio ambiente, ya que al quemar combustóleo en el proceso de generación, se envía a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes.

Hay que destacar que en un país como México, que históricamente participa en una economía globalizada, con nuevos proyectos llenos de tecnología de punta, las instituciones educativas incorporan a sus planes de estudio asignaturas con programas de ahorro de energía, para que los egresados tengan más recursos académicos que los hagan competitivos. Finalmente se considera que cualquier empresa de bienes y servicios que incluye los programas de uso eficiente y ahorro de energía eléctrica en su filosofía administrativa, responde a las exigencias de productividad y competitividad de los tiempos modernos.

Finalmente debe tomarse en consideración que en el caso particular de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión, actualmente se incorporan con carácter de obligatorias, las Normas Oficiales Mexicanas denominadas de eficiencia energética.

El objetivo general de este trabajo es el de capacitar al lector en la administración de la energía eléctrica, en las instalaciones de los usuarios, mediante una metodología de diagnóstico energético y el desarrollo de proyectos integrales de ahorro de energía, aplicando tecnologías de punta en ese campo de especialidad, y cuyo fin último es la reducción del consumo de energía (KWH) y de la demanda KW.

Es el deseo sincero del autor que la ley de la sinergia, permita que el cúmulo de conocimientos obtenidos en esta obra, aunado a las aportaciones y dedicación de los lectores interesados en el uso eficiente de la energía eléctrica, el cuidado del medio ambiente y la preservación de nuestros recursos no renovables, contribuyan a “crear un México más próspero y soberano”. (2)

- 1) Ing. Mateo Treviño Gaspari “el nuevo enfoque de los programas de ahorro de energía eléctrica en México, revista energía racional, FIDE. México D.F., año 5, No. 18, Enero-Marzo de 1996.
- 2) Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, “el ahorro de energía, prioritario dentro del programa de reestructuración del sector 1995-2000, “revista energía racional. FIDE. Año 5 No. 19 Abril- junio de 1996.

3) La explosión demográfica y su vinculo con el consumo de la energía, la ecología y sus recursos naturales no renovables.

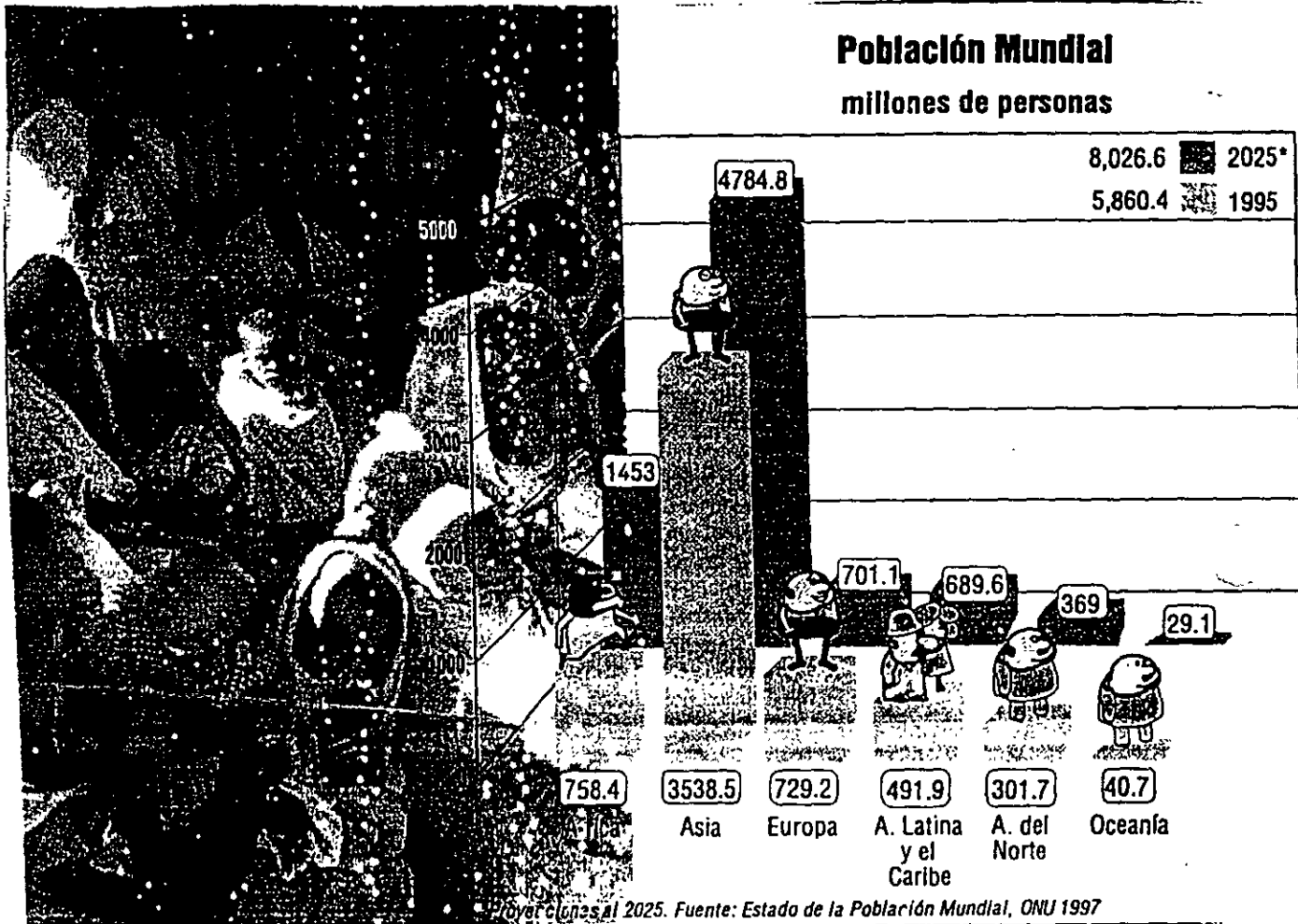
“Cuando el destino nos alcance”... Titulo de una película que destaca cuando la humanidad llena de habitantes cada rincón de las grandes metrópolis en el mundo y llegan a tener problemas muy serios, dentro de los cuales se aprecia la falta de alimento, así como la de los energéticos. En la actualidad las personas vinculadas con los energéticos, su uso eficiente y el ahorro de energía agregarían al titulo de dicha película: ... *¿o ya nos alcanzo?*

Basta y sobra con viajar en el metro de la Cd. de México, de preferencia entre las 7:00 y 9:00 A.M. o de las 18:00 a 20:00 para corroborar lo mencionado en el anterior párrafo, en efecto esta ciudad, incluyendo la zona conurbada con los mayores índices de población en el mundo, presenta serios problemas de sobre vivencia ya que sus cerca de 20,000,000 de habitantes demandan no solo alimentos, sino servicios de transporte y por supuesto de energéticos.

Una información que refuerza la problemática de los gobiernos de los países para dotar a sus pobladores de servicios básicos, apareció en el periódico *“el financiero”* el día 23 de Agosto de 1997, el cual fue escrito por Roxana Gonzáles García, en el artículo, se destaca que el problema de crecimiento de la población es causa de hambrunas y olas migratorias hacia el norte por lo cual alerta la ONU sobre explosivo crecimiento demográfico en África, Asia, y América Latina, y que proyecta más de 8 mil millones de habitantes en el año 2025. Asimismo se cita que la acelerada explosión demográfica en zonas subdesarrolladas de África, América latina, Asia y el caribe ha agravado los problemas de pobreza, marginación y provocando una creciente ola migratoria que en muchos casos se traduce en conflictos internacionales.

Aunque el incremento de población es un fenómeno mundial se calcula que en la actualidad habitan en el planeta 5,800,000 millones de habitantes- los países en desarrollo registran el mayor porcentaje del crecimiento -97%-, lo cual agudiza la pobreza del tercer mundo y dificulta el desarrollo social y económico sostenible. En el mismo artículo se puntualiza, la entrevista concedida al diario por el representante del Fondo de Población de las Naciones (FPNUM), Rainer Rosenbaum, quien señaló: “En la actualidad los países llamados en desarrollo no disponen de recursos suficientes para atender a la nueva población que crece de manera acelerada. El funcionario de la ONU dijo que la falta de educación sexual y la falta de recursos económicos agudiza el problema de crecimiento de la población en sectores de los países en desarrollo, donde se vuelve una carga para el gobierno.

El gráfico proporcionado por el importante diario de circulación nacional del cual se extrajo el artículo citado es por demás elocuente.



En el caso de México, el gobierno Federal hace verdaderos esfuerzos para dotar a la población de servicios de energía eléctrica, como se verá en temas subsecuentes.

En torno al consumo de energía que demanda la creciente población, Joseph Puig y Joaquín Corominas nos mencionan: "la pasmosa facilidad con que obtenemos un torrente de fuerza eléctrica simplemente apretando un botón; la comodidad de apretar solo un poco el acelerador y, casi mágicamente salir disparados a mil por hora... nos hace olvidar demasiado a menudo la increíble complejidad del mundo, con todas sus implicaciones políticas, económicas, sociales y medioambientales, a escala incluso planetarias.

Tres ejemplos muy recientes lo confirman: Japón a detectado sobre su cielo las primeras partículas de humo procedentes de pozos petroleros incendiados en la guerra del Golfo Pérsico, aquel conflicto internacional que costo miles de vidas, y cientos de miles de dólares.

Las centrales termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de Luz y Fuerza del Centro (LyF) en México, para su proceso de generación de energía eléctrica queman gran cantidad de combustóleo potencialmente contaminante, ya que según Enrique M. Coperias, experto en energía, los combustibles fósiles como recursos naturales no renovables, junto con la energía nuclear, son los que mayor fama tienen, por haberse demostrado que son capaces de provocar grandes contaminantes, contribuyendo a fenómenos como el efecto de invernadero y la llamada lluvia ácida.

EL AHORRO DE ENERGÍA ELECTRICA Y EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE.

El ingeniero Mateo Treviño Gaspari, en una valiosa aportación más a este tema de particular importancia, en un artículo escrito en la Revista Energía Racional del FIDE, aborda el delicado y actual tema y que a la fecha se ha convertido en un problema social muy serio: la contaminación ambiental. En el artículo denominado "EL FIDE EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE", el autor destaca que de manera general, los programas y proyectos emprendidos por el FIDE tienen un doble propósito, por un lado contribuir a elevar la productividad y competitividad tanto del sector eléctrico, como de los usuarios de energía eléctrica, y por el otro, fortalecer el esfuerzo que se realiza en el mundo para disminuir el uso de los hidrocarburos. Así, además de participar en el desenvolvimiento de la economía del país se logra minimizar el impacto en el medio ambiente provocado por la quema de combustibles fósiles para la producción eléctrica. En el mismo artículo se destaca una vez más la importancia de la energía eléctrica para el medio ambiente, señalándose que a partir de los proyectos que el FIDE ha puesto en marcha el ahorro de energía eléctrica alcanzado hasta 1993 asciende a 155 GWh, lo que equivale a un ahorro considerable de barriles de combustóleo. Cabe aclarar que estos barriles de combustóleo serían los requeridos para producir este volumen de energía

eléctrica. En cuanto al medio ambiente, esto se traduce en una reducción anual de cientos de toneladas de gases contaminantes que se enviarían a la atmósfera. Se apunta que si bien es cierto que los resultados son sustanciales, actualmente los esfuerzos del FIDE se orientan a tener mayores ahorros que sean producto del efecto multiplicador de los proyectos demostrativos que se han desarrollado hasta ahora.

Por otra parte en el período comprendido de 1990 y 1993 los ahorros obtenidos ascienden a 3,345 GWh que son aproximadamente, el 3.8% del consumo de energía eléctrica que se registró en el año de 1989.

El ahorro de energía eléctrica estimado, permite reducir la emisión de 52,517 toneladas de dióxido de azufre, 3,487 toneladas de óxidos de nitrógeno, 9,632 toneladas de bióxido de carbono, 243 toneladas de monóxido de carbono y 3,579 toneladas de partículas. De esta manera ha sido posible que las metas de ahorro establecidas por el FIDE al inicio de su operación, se superen. Se pronostica que las metas para el ahorro para 1994 son de 5,485 GWh y para el año 2000 de 12,177 GWh; que contribuirán significativamente a una mayor disponibilidad de hidrocarburos como resultado de una menor utilización de los mismos.

En cuanto a la preservación de los recursos naturales, se menciona que otro de los beneficios que aporta el ahorro de energía eléctrica es evidentemente la disminución del consumo de combustibles fósiles para su generación. Por cada 10 barriles de combustóleo que se produjeron en 1992, casi 7 barriles, los consumió el sector eléctrico de nuestro país. Esta cantidad es significativa si se considera que en este mismo año se consumieron 16 millones de metros cúbicos de combustóleo. En cuanto al gas, un poco más del 15% de la producción se emplea con el mismo fin, consumiéndose un total de 4,418 millones de metros cúbicos. El consumo de diesel ascendió a 312,000 metros cúbicos en 1992, mientras que se utilizó un total de 4,249 mil toneladas de carbón; el 63% de la producción nacional de este energético. En este sentido, cualquier esfuerzo para lograr ahorros de energía eléctrica, en este sector se va reflejando directamente y en forma determinante, en la conservación de recursos naturales. Es importante hacer notar que los combustibles mencionados provienen de recursos no renovables. Los hidrocarburos en particular, son un factor básico para la generación de divisas.

Un aspecto de gran importancia para el estudiosos del ahorro de energía eléctrica, es saber CUANTO SE CONTAMINA PARA PRODUCIR UN KWh, que de manera clara se desarrolla en el artículo. Por poner un ejemplo, de acuerdo con la información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, la emisión de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera es de 15.7 Kg. Por cada MWh que se produce a partir del combustóleo. El SO₂ es uno de los

gases más peligrosos que junto con la lluvia produce ácido sulfúrico, el cual daña considerablemente bosques y ecosistemas. De manera similar por cada KWh producido se emiten casi 3 grms. De SO_2 cuando se emplea gas y 8.6 Kg. cuando se emplea carbón en plantas generadoras. Esta información pone de relieve la trascendencia del ahorro de energía eléctrica alcanzada en 1989 que ascendió a 110, 100 GWh, se logrará reducir la emisión de 17, 286 toneladas de bióxido de azufre, 1,266 toneladas de óxidos de nitrógeno, 3, 171 toneladas de bióxido de carbono, 79 toneladas de monóxido de carbono y 1, 178 toneladas de partículas.

1.- RETOS Y DESAFIOS DEL SECTOR ELECTRICO EN MEXICO.

La inversión necesaria para construir la infraestructura eléctrica necesaria en nuestro país, que permita dotar de energía eléctrica a la mayoría de la población es de aproximadamente 352 mil millones de pesos, esto durante los próximos diez años.

El principal reto del sector eléctrico es asegurar de manera confiable, al menor costo posible y con la mejor calidad la creciente demanda de electricidad.

De 1988 a 1997 la demanda de electricidad creció a una tasa promedio anual de 5.3% y la prospectiva del sector eléctrico para el periodo 1998-2007 prevé un crecimiento promedio anual de 5.8% en las ventas de electricidad. El aumento anual esperado para las regiones de Baja California, Occidental, Peninsular y Noroeste es mayor al promedio.

El proceso de generación-distribución, distribución, utilización, representa un enorme consumo de recursos energéticos, siendo en su mayoría no renovables y potencialmente contaminantes, el 51.7% de la capacidad efectiva instalada de generación en México se basa en hidrocarburos, con el impacto negativo en el medio ambiente.

Con las inversiones antes mencionadas, se deberá aumentar la capacidad instalada de generación en 13 mil megavatios (MW) en los próximos seis años y de 21 mil 700 MW en los próximos diez años, cifras que se comparan con la capacidad instalada actual de 35 mil MW. Con inversiones del orden de 25 mil millones de dólares USD.

La realidad económica que vive nuestro país, impide que el gobierno federal pueda invertir en la totalidad de los nuevos proyectos mencionados para los próximos 10 años, de aquí que se busquen por el sector eléctrico alternativas, como puede ser el concurso y participación de los inversionistas privados mediante la licitación de proyectos de generación independiente de energía (IPP).

En opinión del Banco Mundial para Minas, Energía y Telecomunicaciones, es necesario privatizar la industria eléctrica y que el Banco Mundial apoyaría una decisión mexicana en ese sentido.

El reto pues, en materia de energía eléctrica es cada vez más grande. Las ramas económicas de mayor dinamismo y que aportan mayor valor agregado son intensivas en el fluido eléctrico. Además, el crecimiento poblacional representa un factor que aumenta las necesidades del suministro eléctrico a los casi 96 millones de mexicanos que actualmente habitan este gran país y a los aproximadamente 3 millones de nuevos habitantes que llegarán cada año durante los próximos diez años. El problema es serio.

Para poder doblar el PIB per cápita de la población, México requiere crecer a un ritmo sostenido del 5% anualmente en un periodo de 18 años. Para respaldar ese crecimiento, la oferta de energía debe crecer, por lo menos, en esta misma tasa, y desde luego a una tasa superior si se desea abatir los rezagos existentes.

El consumo per cápita en México es de alrededor de 1400 KWH por residente, en Canadá y E.U.A. es casi de 12 y casi 9 veces superior al de México respectivamente.

En Febrero de 1999, prácticamente el poder ejecutivo en México anunció reformas a los artículos 27 y 28 constitucionales y con ellos iniciar los preparativos para la privatización eléctrica, y con ello permitir a los particulares- nacionales y extranjeros- puedan invertir en la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Es importante para el estudioso de temas vinculados con el uso eficiente de la energía eléctrica conocer lo que estipulan los artículos 27 y 28 constitucionales.

El artículo 27 señala: "corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares..."

El artículo 28 constitucional también define a la electricidad como una área estratégica en la que el estado ejerce funciones de manera exclusiva.

Fuentes oficiales en nuestro país, mencionan que la Comisión Federal de Electricidad es una empresa que deberá seguir cumpliendo con objetivos prioritarios como la electrificación de zonas rurales y colonias populares, así como promover el ahorro de energía. Así mismo se informa que en la actualidad 95% de una población total de más de 96 millones de mexicanos disfruta del sector eléctrico, lo cual significa que en menos de 40 años la industria ha crecido para darle servicio a 75 millones más de mexicanos y que además ese avance se sustentó en inversiones hechas exclusivamente por el estado, y que los objetivos de esta importante etapa se han cumplido, y que para los próximos seis años se requerirán inversiones por 250 mil millones de pesos. Esto es más de lo que se gasta en salud y seguridad social en tan solo un año. Por lo cual es definitiva la posibilidad de que los particulares puedan invertir en la generación, distribución y comercialización de la energía eléctrica sin perder la rectoría del estado.

En 1998 el sector eléctrico contaba con una capacidad efectiva de 34,791 MW con la siguiente conformación de las centrales generadoras:

Hidrocarburos:	51.7%
Hidroeléctrica:	28.8%
Dual:	6.0%
Nuclear:	3.8%
Geotérmica y eólica:	2.2%
Carboeléctrica:	7.5%

El panorama expuesto sobre el estado actual del sector eléctrico en México es en verdad un reto y un desafío, tanto para el gobierno como para todos los que habitamos en este país, ya que sin lugar a dudas, proporcionar energía eléctrica a casi 96 millones de habitantes actuales, mas los millones que se vayan acumulando anualmente, incluyendo los aproximadamente 26 millones de mexicanos en pobreza extrema, es un problema que atañe a todos en lo económico (recuerdese que para construir la capacidad requerida en infraestructura eléctrica durante los años venideros se estiman 25 mil millones de dólares), ecológico, de desarrollo social, etc... El ahorro de energía se presenta pues como una alternativa para coadyuvar en la solución del problema del suministro.

La Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), estiman que desarrollando proyectos de cogeneración en nuestro país, preliminarmente, se determinó que el potencial total nacional. Incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX- en el escenario bajo es de 2,900 MW, el medio de 4,000 MW y el alto de 6,000 MW. Sin embargo existen barreras de tipo técnico, económico, de actitud que generan un alto grado de incertidumbre, sobre la pronta y efectiva incorporación de este esquema en nuestro país.

Por parte del Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE), en base a metas al año 2000, estimadas por empresas consultoras especializadas en el ramo, se logró establecer una proyección ponderada para el año 2000. Se ha estimado un ahorro de aprox. 20,500 GWH, que representan el 21% de las ventas de energía eléctrica en 1992.

Para el logro de las metas mencionadas, se requiere en el futuro inmediato de la participación y la sinergia de las compañías suministradoras de energía eléctrica en México, así como de los usuarios del fluido eléctrico en una proporción del 30% y 70% respectivamente

EL ESTADO ACTUAL DE LA PRIVATIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA AL 2 DE FEBRERO DE 1999

LOS ARTICULOS CONSTITUCIONALES COMO SE ENCUENTRAN Y COMO
QUEDARIAN

ACTUAL

Artículo 27, párrafo sexto

..Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.

Artículo 28, párrafo cuarto

No constituirán monopolios las funciones que el estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalan las leyes que expide el congreso de la unión. la comunicación via satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de esta constitución; el estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la nación, y al otorgar concesiones y permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

PROPUESTA

Artículo 27, párrafo sexto

...Corresponde exclusivamente a la nación el control operativo de la red nacional de transmisión de electricidad, el cual no podrá ser concesionado a los particulares.

Artículo 28, párrafo cuarto.

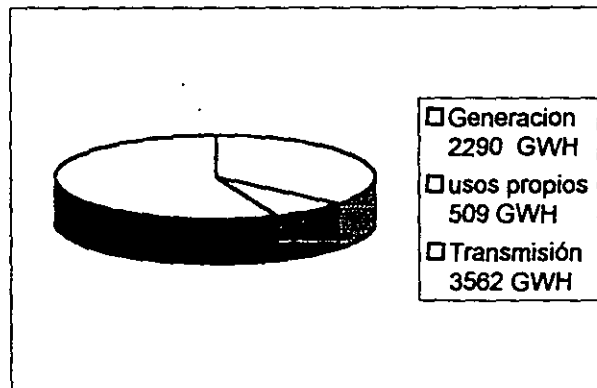
No constituirán monopolios las funciones que el estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica ; minerales radioactivos; generación de energía nuclear; el control operativo de de la red nacional de transmisión de electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite, los ferrocarriles y la generación, transmisión distribución y comercialización de energía eléctrica son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de ésta constitución; el estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación, así como de las redes generales de transmisión y de distribución de energía eléctrica, de acuerdo con las leyes de la materia.

2.- RAZONES IMPORTANTES PARA AHORRAR ENERGIA ELECTRICA

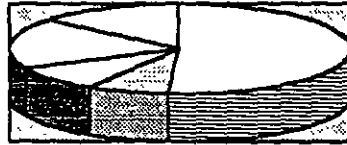
Fundamentalmente los programas de uso eficiente y ahorro de energía en México, así como el desarrollo de diagnósticos energéticos y de proyectos de ahorro en industrias, centros comerciales e inmuebles de servicios, casas habitación, servicios públicos, etc..., persiguen beneficios de tipo económico, de impacto ambiental y de preservación de los recursos naturales no renovables, tal es el caso del petróleo, sin dejar a un lado el beneficio de modernizar instalaciones electromecánicas e incrementar la productividad de las empresas como resultado de incorporar en las instalaciones de los inmuebles equipos eléctricos, de control, de aire acondicionado, etc..., catalogados como tecnologías de punta o "high tech" como ocurre en las edificaciones catalogadas como inteligentes.

Prueba de lo anterior resultan las metas de ahorro de energía eléctrica en el periodo 1992-2000 fijadas por la Comisión Federal de Electricidad a través de su programa de Ahorro de Energías del Sector Eléctrico como se aprecia en la siguiente figura:

METAS DE AHORRO INTERNAS 1992-2000 AHORRO TOTAL. 6,361 GWH



METAS DE AHORRO EXTERNAS 1992-2000
AHORRO TOTAL 14,159 GWH



- Industria 7221
- Domestico 1133
- Alumbrado Público
1274
- com. Y serv. 2648
- bombeo agricolo
1982

AHORRO

20 520 GWH



EQUIVALENCIA

CONSUMO ANUAL DEL AREA
DE LA CD. DE MEXICO

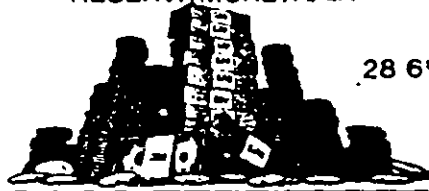
3 125 MW



3 VECES
LA CAPACIDAD INSTALADA
EN EL VALLE DE MEXICO

RESERVA MONETARIA

4.866 MLLD.DLL.



28 6% de 17.000 MLLS. DLLS.

PRODUCCION PETROLERA MENSUAL

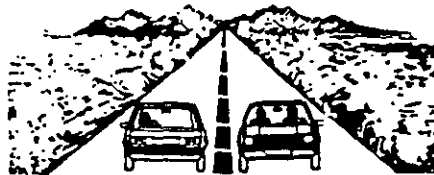
53.35 MILLONES DE BARRILES



71% de 75 MILLONES
DE BARRILES

CONSTRUCCION DE SUPERCARRETERAS

15.32 BILLONES DE PESOS



4.000 KILOMETROS

CONSTRUCCION DE AULAS

15.32 BILLONES DE PESOS



106.300 AULAS TIPO CAPFCE

CREACION DE EMPLEOS

15.32 BILLONES DE PESOS



540 MIL EMPLEOS

Los esfuerzos del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, del Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, de instituciones educativas como el Instituto Politécnico Nacional asimismo de las firmas consultoras actualmente establecidas en México, de los fabricantes de equipo y material eléctrico, y en general de las personas y organismos dedicados al uso eficiente y ahorro de la energía, encuentran su razón de ser en cinco puntos básicos:

- 1.- Cuidado de los recursos naturales no renovables, del medio ambiente y la creación de una cultura energética en México.
- 2.- Beneficiar técnica y económicamente a los usuarios industriales, de comercios y servicios, residenciales, etc...
- 3.- Beneficiar a toda empresa relacionada con la fabricación y comercialización de equipo ahorrador.
- 4.- Beneficiar a las empresas dedicadas a brindar servicios de consultoría, o bien a aquellas empresas de servicios eléctricos orientadas a proporcionar servicios energéticos.
- 5.- Beneficiar a las compañías suministradoras de energía eléctrica, a la sociedad y al país en conjunto.

2.1 CUIDADO DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, DEL MEDIO AMBIENTE Y LA CREACIÓN DE UNA CULTURA ENERGETICA EN MÉXICO.

Históricamente las centrales termoeléctricas en México han representado el mayor porcentaje de la capacidad de infraestructura eléctrica instalada, en 1998 de los 34,978 MW de capacidad total del país, a dichas centrales les correspondían 20,468 MW. Al utilizar combustóleo en su proceso de generación dichas centrales son potencialmente contaminantes y fuertes consumidoras de derivados del petróleo producido por Petróleos Mexicanos. Se estima que de no aplicar medidas de uso racional del petróleo como energético primario, México corre el riesgo de convertirse de exportador en importador, con su impacto negativo en la economía.

Una de las causas del aumento de la contaminación atmosférica en el valle de México en la última década fue la sustitución de gas natural por combustóleo en las plantas termoeléctricas que suministran energía eléctrica a la Ciudad de México y en las industrias localizadas en la zona metropolitana. El problema del cuidado de los recursos naturales no renovables, es de índole mundial. Tres cuartas partes de la energía producida en el mundo proviene de los combustibles fósiles. Dependemos de ellos. Pero se trata de una adicción peligrosa: las reservas se nos están terminando. Las plataformas petrolíferas se multiplican, y hasta se diseñan por computadora. Cada vez se adentran más en los océanos; las perforaciones alcanzan mayores profundidades. Estamos sorbiendo los últimos litros de oro negro; dentro de cuarenta años aproximadamente, no quedará ni

En México desafortunadamente no contamos con una cultura en ahorro de energía eléctrica, como también ocurre en otros servicios de uso cotidiano como el agua, la limpieza, etc... El Fideicomiso para el ahorro de energía y La Comisión Nacional para el ahorro de Energía, realizan esfuerzos supremos para llegar a sectores amplios de población con su publicidad y difusión que comprende desde los niveles de educación primaria hasta diplomados y maestrías en las escuelas de educación superior.

2.2. BENEFICIAR ECONOMICA Y TECNICAMENTE A LOS USUARIOS INDUSTRIALES, DE COMERCIOS Y SERVICIOS, RESIDENCIALES, ETC.

Efectivamente el ahorro de energía eléctrica es una opción rentable. La tarifa eléctrica generalmente está formada por los cuatro siguientes conceptos: Consumo de energía eléctrica (KWH), por cargos fijos, por bajo factor de potencia (Cuando es menor a 90%) y por demanda máxima (KW). Ahorrar incide favorablemente en los conceptos citados, porque tiende a reducir la corriente, aunque no afecta los cargos fijos. El caso del factor de potencia es un caso particular, porque así como puede representar un recargo de hasta 120%, también puede convertirse en una bonificación de 2.5%.

El ahorro de energía en sistemas eléctricos, gira en torno de una cuestión fundamental: De la cantidad de energía disipada al medio en forma de calor. El proceso es un fenómeno irreversible, es una pérdida absoluta. Las pérdidas pueden ser de origen eléctrico (efecto Joule) o magnético (histéresis y corrientes p[ar]asitas). Las pérdidas por efecto Joule (I^2R) son las más importantes.

Por lo antes expuesto, se deduce que una disminución de corriente favorece en general a la eficiencia de los sistemas eléctricos. Existen excepciones ; un motor o un transformador trabajando en vacío manejan corrientes mínimas y sin embargo su eficiencia es cero, ya que no transfieren energía alguna a la carga.

En el caso de los conductores, independientemente del calibre y tipo, la resistencia ($R = \rho L / A$) depende del calibre, del material del que este construido, de la longitud, de la frecuencia y de la temperatura a la que trabaje .La temperatura esta determinada a su vez por la técnica de instalación y del ambiente en el cual se opere, pero de forma definitiva de la corriente que se maneje. Un conductor que conduzca corriente alta se calentará y con ello elevará sus pérdidas. Por ejemplo, un alambre de cobre que debido a la corriente trabaje a 100° C ; presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a 20°C. También el aislamiento de los conductores sufre consecuencias negativas por el deterioro sufrido a causa del calentamiento. Estos conceptos tambien son válidos para motores, reguladores, arrancadores, reactores, balastos, transformadores, etc.

Al reducir la corriente, hay mejoras en la regulación de tensión, a mayor corriente mayor caída de voltaje. Por ejemplo, ignorando el efecto térmico, si la corriente se

duplica, la caída de tensión también aumenta al doble, pero si la corriente se reduce 20% la caída decrece también 20%.

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

En los sistemas de acondicionamiento ambiental, se disminuye la carga térmica. Cada KWH de pérdidas requiere 3,412 BTU de aire acondicionado (a/c). Como cada tonelada de a/c equivale a 12,000 BTU, cada 3.5 KWH evitados, ahorran una tonelada de a/c.

Ahorrar energía también permite ahorrar en cableado para obras nuevas o existentes, en KVA de transformadores, en equipo de protección, en mantenimiento, etc., sin embargo el beneficio más inmediato está en la reducción del importe de la facturación eléctrica, a través de la optimización del consumo (KWH), demanda máxima (KW) y factor de potencia (FP).

Finalmente, para un usuario, la energía eléctrica representa un cierto porcentaje de sus costos de producción. Existe un índice energético llamado intensidad energética que relaciona la energía consumida para lograr una unidad de producto terminado, por ejemplo joules/lanta o KWH/tonelada de cemento. En la siguiente figura se aprecian las intensidades energéticas de varias ramas industriales en México, y las correspondientes a los países avanzados. Con las firmas de tratados comerciales de nuestro país con otros del orbe, las empresas mexicanas tendrán que mantener o elevar la calidad de sus productos o servicios pero a un costo igual o menor al internacional para poder competir con las empresas extranjeras. Las acciones encaminadas para lograr ahorros de energía son cada día más necesarias, mas factibles y rentables.

2.3 BENEFICIAR A TODAS AQUELLAS EMPRESAS RELACIONADAS CON LA FABRICACION Y COMERCIALIZACION DE EQUIPO AHORRADOR.

Derivado de la apertura comercial, en nuestro país actualmente han aumentado el número de empresas que comercializan una multiplicidad de marcas y líneas de motores, compresores, balastos, lámparas, etc., de alta eficiencia y con aplicación en proyectos de ahorro de energía eléctrica. Algunos de estos productos no son siempre confiables, ni satisfacen los requerimientos técnicos de las instalaciones eléctricas en México. En lugar de ser un impedimento para el desarrollo de la industria nacional, esa situación se está volviendo positiva, ya que está dando oportunidades para desarrollar productos idóneos para el mercado interno. Existen programas de apoyo para tal fin auspiciados por el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, como es el caso del denominado sello FIDE, que es un aval de calidad en el cumplimiento de ahorro de energía por los equipos eléctricos que lo porten. Así mismo para el industrial mexicano,

productos idóneos para el mercado interno. Existen programas de apoyo para tal fin auspiciados por el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, como es el caso del denominado sello FIDE, que es un aval de calidad en el cumplimiento de ahorro de energía por los equipos eléctricos que lo porten. Así mismo para el industrial mexicano, resulta sumamente conveniente participar como aliado comercial del FIDE, dentro de un programa denominado de incentivos y desarrollo de mercado apoyado y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), orientado a ofrecer descuentos especiales a los usuarios finales que compren productos ahorradores de energía lo cual beneficia al industrial mexicano y/o al comercializador de productos nacionales y extranjeros. De ésta actividad, derivan mayores fuentes de empleo para los mexicanos.

2.4. BENEFICIAR A LAS EMPRESAS DEDICADAS A BRINDAR SERVICIOS DE CONSULTORIA O BIEN A AQUELLAS EMPRESAS DE SERVICIOS ELECTRICOS ORIENTADAS A PROPORCIONAR SERVICIOS ENERGETICOS.

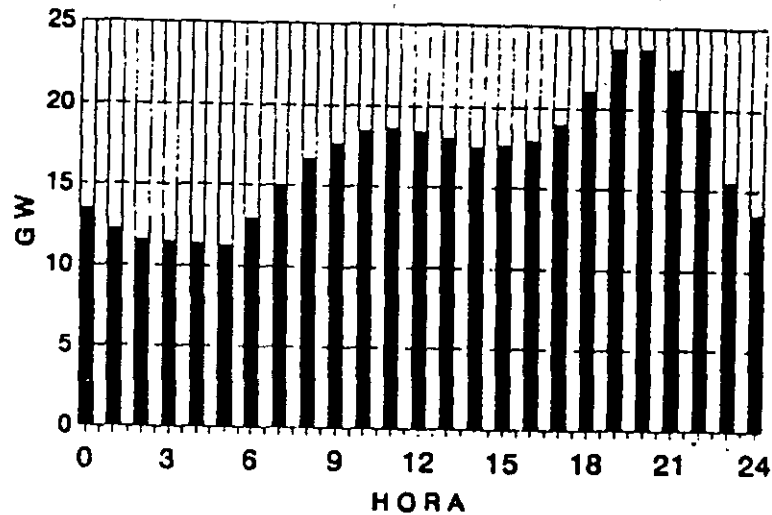
Las actividades relacionadas con el ahorro de energía están siendo un buen negocio en México. La concientización está creando la necesidad de especialistas en ahorro de energía en todas las ramas lo que está propiciando la creación de múltiples microempresas y también la creación de nuevas áreas especializadas en ahorro de energía dentro de empresas consultoras ya establecidas y con amplia experiencia en áreas afines. Las oportunidades se están dando también para profesionistas con amplia experiencia quienes están desarrollando una positiva labor de consultoría. Vale la pena mencionar que tanto FIDE como la CONAE, así como asociaciones civiles de profesionistas en aplicación energética, impulsan fuertemente la creación y desarrollo de Empresas de Servicios Energéticos Integrales, el FIDE las identifica como ESEI'S y en E.U.A. se conocen como las ESCO'S (Energy Services Companies).

2.5 BENEFICIAR LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS DE ENERGIA ELECTRICA, A LA SOCIEDAD Y AL PAIS.

Un incremento de carga provoca un aumento de corriente en diversos puntos del sistema eléctrico nacional con los inconvenientes en regulación, control de frecuencia, pérdidas en líneas de transmisión y distribución, pérdidas en transformadores, etc.

La suma de los perfiles de las cargas individuales, produce el perfil de carga nacional con un pico de demanda que se presenta muy marcadamente entre las 19:00 y las 21:00 hrs., demanda que es satisfecha con plantas pequeñas con altos costos de operación, lo que supone además la inversión en equipo costoso que trabaja con factor de carga baja, es decir pocas horas al año. En general las empresas suministradoras de energía eléctrica en el mundo, enfrentan nuevos retos cuya solución puede requerir cambios estructurales de gran importancia.

GENERACION HORARIA DURANTE UN DIA LABORABLE EN EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL



agrr/depfi/6-92

Figura 1-3

Son requisitos adicionales, la protección del medio ambiente y la conservación de recurso energéticos; especialmente los no renovables.

Con su participación mayoritaria del 51.7% de las centrales termoeléctricas en el proceso de generación de la energía eléctrica en México, representan una causa importante en la contaminación ambiental.

El utilizar combustibles fósiles-carbón, combustóleo y gas natural, en este tipo de plantas, da lugar a impactos ambientales de mayor o menor importancia, dependiendo de la capacidad (MW) de la planta y el combustible usado.

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

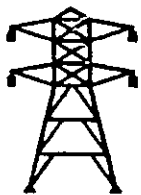
En las gráficas correspondientes, se comparan las emisiones de contaminantes resultantes de la combustión de dos energéticos al producir un KWH en una planta termoeléctrica convencional.

A manera de ejemplo de como impacta el efecto de la generacion de energía eléctrica en la zona del Valle de México, Se tiene que en 1991 el consumo de energía en la región correspondiente al área de control central, fue de 29,371 GWH, que correspondió aproximadamente a la cuarta parte del total nacional. De esa cantidad el 84% se consumió en la zona metropolitana del valle de México, lo que significa que en esa zona que abarca menos del 1% de territorio nacional ,se consumió aproximadamente el 21% de la energía eléctrica producida en todo el país.

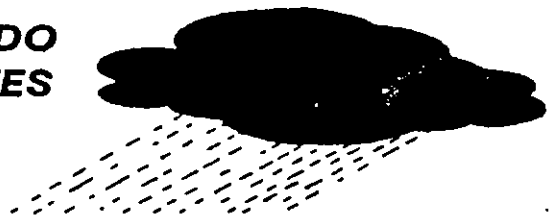
Tambien se tiene que el 78 % de la energía consumida en la zona central se produjo en 27 plantas generadoras comprendidas en el área de control central, de las cuales 20 de ellas son hidroeléctricas y 7 termoeléctricas. Estas cifras pueden ser engañosas, porque aunque las termoeléctricas representan en número solo el 26%, su generación de energía eléctrica representó el 72% en 1992.

En cuanto a la ubicación de las plantas generadoras, se tiene que todas las hidroeléctricas se encuentran fuera de la cuenca del valle México, mientras las 7 termoeléctricas se localizan en la parte norte de la cuenca. Estas son potencialmente contaminantes por la producción de óxido de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO2), causantes de la lluvia ácida, y tambien emiten bióxido de carbono (CO2) que contribuye al efecto invernadero en la atmosfera, lo que producirá a largo plazo un incremento de la temperatura en la superficie terrestre y un cambio global del clima.

Los vientos dominantes en el valle , provienen del norte, acarreado la contaminación hacia el centro y sur de la cuenca. La contaminación no se limita al aire; cada megawatt de generacion termoeléctrica, requiere un consumo de consumo de agua para enfriamiento de un litro de segundo.

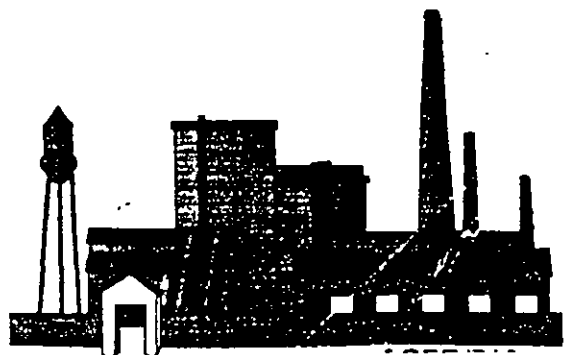


**CADA KWH AHORRADO
EVITA LOS SIGUIENTES
CONTAMINANTES:**



Gramos

NOx	1.22	0.82
SO2	3.41	1.6
CO2	263.1	214.83
CH4	0.00268	0.00195



3.-DEPENDENCIAS Y ORGANISMOS DEDICADOS EN MEXICO A PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA.

3.1 FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (FIDE)

Es un organismo de carácter privado no lucrativo, creado en el año de 1990 para promover acciones que induzcan y fomenten el ahorro y uso racional de la energía eléctrica, dedicado a demostrar y difundir con actividades y resultados concretos la viabilidad técnica y rentabilidad económica del ahorro de energía eléctrica.

Las acciones emprendidas en los últimos años para promover el ahorro de energía eléctrica en México, han demostrado que las inversiones aplicadas con éste fin son técnicamente factibles y económicamente rentables para todos los sectores de la sociedad.

Su estructura organizacional, a partir de su Dirección general, le permite promover y concretar proyectos de ahorro de energía eléctrica y diagnósticos energéticos a través de firmas de consultoría, en industrias, comercios y servicios, usuarios menores y servicios públicos municipales. Vale la pena destacar que a través del Fideicomiso se administra el programa nacional del horario de verano, se coordina el programa de sello FIDE y se impulsa el programa de incentivos y desarrollo de mercados de reciente creación y con el financiamiento y los auspicios del Banco Interamericano de Desarrollo. El FIDE participa fuertemente en la difusión y promoción del ahorro de energía eléctrica y de esta manera coadyuva a la creación de una cultura energética dentro de la sociedad mexicana. Asimismo el FIDE tiene el propósito de difundir las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética a nivel nacional con el fin de que el público en general esté informado acerca de la eficiencia energética que deben cumplir los sistemas, equipos y dispositivos.

3.2. COMISION NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA (CONAE)

Es una comisión intersecretarial del gobierno federal, creada por acuerdo presidencial el 28 de septiembre de 1989, para promover y facilitar las acciones en materia de ahorro y uso eficiente de energía.

La CONAE esta constituida por las siguientes dependencias y entidades:

- Secretaría de Energía (SE)
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
- Secretaría de de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Secretaría de Educación Pública (SEP)
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)
- Departamento del Distrito federal (DDF)
- Petroleos Mexicanos (PEMEX)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)

OBJETIVOS DE LA CONAE

Coordinar y apoyar las medidas que faciliten y estimulen el ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos en la República Mexicana.

A través de sus áreas, promueve estudios, proyectos y diagnósticos energéticos demostrativos, así como los mecanismos para facilitar la aplicación generalizada de estas medidas. De igual forma, activa las fuerzas del mercado y apoya el desarrollo de recursos técnicos, educativos, financieros e institucionales necesarios para lograr se instrumenten en la práctica las medidas de ahorro y uso eficiente de energía.

Con sus servicios la CONAE pretende beneficiar a todos los sectores sociales del país, mediante la aplicación de sus programas de atención a los usuarios de mayor consumo de energía.

AREAS OPERATIVAS

La CONAE cuenta para su operación con las siguientes áreas:

- 1.- Industria.
- 2.- Cogeneración y fuentes no convencionales de energía.
- 3.- Transporte.
- 4.- Normalización.
- 5.- Sector energético.
- 6.- Inmuebles y alumbrado público.
- 7.- Educación.
- 8.- Cooperación internacional.
- 9.- Promoción regional y financiamiento.

Actualmente, las oficinas de la Comisión se encuentran en Insurgentes Sur 1582, en la Ciudad de México y cuenta con su página en internet <http://www.conae.gob.mx>, que forma parte de un sistema de información compuesto por dicha hoja y de ligas informáticas en la red.

3.3.- PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA DEL SECTOR ELECTRICO (PAESE) DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE).

Prácticamente este programa (PAESE) lo opera un departamento creado por la Comisión Federal de Electricidad, tiene oficinas y representantes en toda la República Mexicana. Opera coordinadamente con el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica y dentro de otras importantes funciones tiene bajo su responsabilidad el seguimiento y la evaluación permanente del PAESE cuya meta de ahorro para el período 1992-2000 como ya se ha mencionado es de 20520 GWH. El domicilio y números telefónicos del PAESE en la Ciudad de México, son los mismos que el FIDE.

3.4.- ASOCIACION DE TECNICOS Y PROFESIONISTAS EN APLICACION ENERGETICA A.C. (ATPAE).

Actualmente ésta asociación que es la más importante en su género, tiene establecida como misión; "promover y propiciar el uso de la energía de manera permanente, con rigor técnico, con independencia de criterios, con un enfoque multidisciplinario y plural, con calidad y presencia reconocidos y con estricto apego a la ética profesional".

Dentro de sus líneas estratégicas, por su importancia se mencionan las siguientes:

- desarrollar profesionales y técnicos de excelencia y prestigio en ahorro y uso óptimo de energía.

- convertirse en organismo certificador de especialistas en eficiencia energética.

Entre los apoyos disponibles en la asociación para los socios, destacan:

- estar en contacto con los especialistas más destacados en los principales temas relacionados con la energía, en distintos ámbitos, desde lo académico y de investigación, hasta el productivo, pasando por organismos públicos y empresas paraestatales tanto en México como en el extranjero.
- Contar con información oportuna sobre eventos, bibliografía y en general lo más relevante en materia de eficiencia energética, planeación y aspectos ambientales.
- Posibilidad de obtener becas hasta por el 100% para asistir a seminarios, cursos y viajes de estudio al extranjero.
- Recibir información sobre oportunidades de negocios en su ámbito de actividad.
- Contar con apoyo para la gestión de financiamientos para proyectos.
- En un futuro próximo utilizar los servicios de certificación de especialistas en eficiencia energética que la atpae pondrá a disposición de sus socios y promoverá su aceptación entre organismos públicos y privados.
- Acceso a participar como consultor en los proyectos que realiza la ATPAE, así como instructor en sus programas de capacitación y en las solicitudes de otros organismos y empresas nacionales y extranjeras.

Para mayor información

Domicilio : Av. Revolución No. 728-15, Col. Nonoalco Mixcoac, C.P. 03700, México D.F.

Tel. : 56 11 93 52 Fax : 56 11 92 80

E-mail : atpae 98 q dfl.telmex.net.mx

3.5.- DEPENDENCIAS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS.

3.5.1.- UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA.

Actualmente ofrece en su plantel Iztapalapa la carrera de Ingeniero en energía.

3.5.2.- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

Opera su Programa de Uso eficiente de energía PUE, ofrece cursos de actualización y educación continua, así como diplomados y la Maestría en ahorro de energía.

3.5.3.- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.

Ofrece cursos, seminarios y diplomados en uso eficiente y ahorro de energía eléctrica. Tiene convenios de cooperación mutua con el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica. Ofrece cursos a distancia.

3.5.4.- UNIVERSIDAD ANAHUAC.

Ofrece la maestría en sistemas de ahorro de energía.

Las anteriores dependencias e instituciones, son una muestra de lo que seguramente se tienen en planes y programas de estudio a nivel nacional.

IV AHORRO DE ENERGIA EN CENTRALES GENERADORAS.

Hablar de ahorro de energía en las centrales generadoras del sistema eléctrico nacional es un tema complejo e interesante, ya que se trata de un trabajo de investigación cuyas fuentes de investigación son precisamente las empresas suministradoras del fluido eléctrico en México es decir de la Comisión federal de Electricidad (CFE), y Luz y fuerza del Centro, así mismo de las compañías privadas dedicadas en la actualidad a brindar tan importante servicio a la nación, de igual forma la mayor empresa dentro del sector energético, Petróleos Mexicanos genera en algunas de sus grandes plantas en la república mexicana su energía eléctrica, y en casos especiales le vende a la propia CFE sus excedente de energía eléctrica generada.

dentro de la estructura de la CONAE, descrita en capítulos anteriores la dirección del sector energético es la encargada de promover la eficiencia energética, realizar diagnósticos energéticos y desarrollar proyectos y recomendaciones a las industrias pesadas CFE y PEMEX, de particular importancia en la economía de México.

En la CFE existe la coordinación del programa de ahorro de energía del sector eléctrico (PAESE) que conjuntamente con el Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), fija metas de ahorro, promueve el ahorro, realiza diagnósticos y apoya la realización de proyectos y aplicación de medidas de ahorro de energía del sector eléctrico.

es el PAESE quien estableció la meta de ahorro de energía al interior del sector eléctrico durante el periodo 1992-2000, de 6451 GWH en generación, transmisión, etc...

Asimismo estableció para los usuarios finales, industriales, comercios y servicios, etc. la cantidad de 14,159 GWH como meta. De particular interés, y relacionado con las metas a alcanzar en el período de ocho años antes mencionado, son las declaraciones efectuadas recientemente por el director del FIDE a importante diario de circulación nacional a saber:

- En los últimos 9 años, México se ahorró cerca de dos mil millones de dólares en inversiones para la producción de energía gracias a los planes y programa que se implantaron para reducir el consumo de ese energéticos.
- Se comentó que mediante las acciones desarrolladas por el FIDE, se han ahorrado alrededor de 8,000 KWH en consumo y cerca de 2,000 MW en potencia.
- A grosso modo, se informó, se habla de un ahorro anual de consumo de facturación de 4000,000,000 de pesos anuales, aunque esta cifra depende en mucho de la estructura tarifaria y del tipo de usuario.

- Un beneficio adicional es lo que se aseguró, en términos de que actualmente la eficiencia energética es un factor fundamental para el desarrollo nacional y mundial, esto es, la preocupación principal es producir mas bienes y servicios con menor consumo de energía, lo que además de representar una disminución en el pago de insumos, contribuye a conservar el entorno ecológico.
- Congruente con la necesidad del gobierno federal, a través de la CFE de invertir en proyectos de infraestructura en el sistema eléctrico nacional y de esta forma aumentar en la capacidad instalada, se especifica que la participación del sector productivo, a quienes se solicita participen y se comprometan a llevar a cabo acciones correctivas que propicien una eficiencia en el trabajo al producir más con menos energía eléctrica, de las dependencias gubernamentales, y de la población en general, se ha traducido en un ahorro importante de energía que permitió aprovechar los 2000,000,000 de dls. ahorrados en otro sectores, al no tener que invertir dicho monto en programas para generar electricidad.

Destaca la información, que en 1998, se ahorraron 1,179 MW, de los cuales 683, correspondieron a la reducción en el consumo logrado con el horario de verano, 143 se ahorraron en el uso domestico y en las pequeñas y medianas empresas, industriales y comerciales 137 MW se redujeron en el consumo industrial; 125 en el agropecuario, y 61 gracias a la adaptación de nuevos sistemas de alumbrado, entre otros.

En reciente declaración el secretario técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de energía (CONAE), informó que durante 1999 como resultado de la aplicación del horario de verano en México, se evitó el consumo de 8,000,000 de barriles de petróleo, cantidad suficiente para movilizar durante cuatro meses a toda la flotilla vehicular de la ciudad de México, que con la reducción de la demanda de energía eléctrica durante las horas pico, se difirieron permanentemente inversiones de \$7,000,000,000, que equivalen al costo de u a central generadora con capacidad para encender simultáneamente 10.2 millones de focos de 60 Watts. Asimismo agregó que la aplicación del horario de verano se tradujo en 1999, en un ahorro por abatimiento de la demanda de energía eléctrica en hora pico de 613 mega watts. La reducción en el consumo de energía eléctrica que se ha acumulada durante los primeros cuatro años de aplicación del horario de verano equivale a la electricidad consumida por los 19.6 millones de hogares del país durante casi 7 semanas.

Dicho en otras palabras, éstos ahorros equivalen a la energía que consumirían 200 000 000 de focos de 60 watts encendidos una hora diaria durante un año. si estos focos estuvieran alineados formarían una línea recta de 12,075 km. de largo. Es importante destacar que con el horario de verano y otros programas de ahorro de energía, México está a punto de llegar a la meta que se impuso para el año 2000. una disminución anual en el consumo de fluido eléctrico del orden de 8,051

millones de Kwh y una reducción de más de 1,436 Megawatts de la demanda en las horas pico.

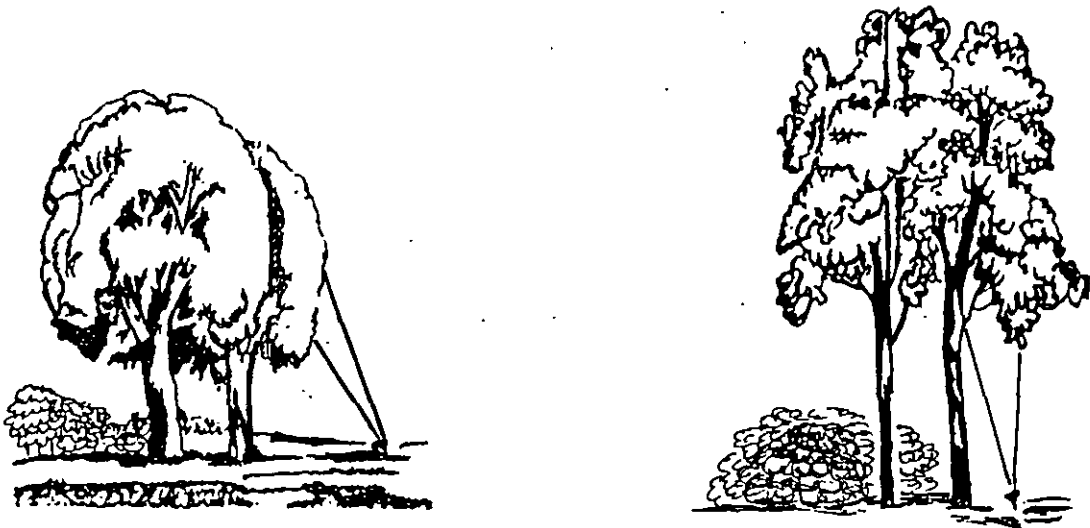
En opinión del autor de esta antología y discrepando de comentarios de connotados políticos en contra de los avances del FIDE y de los programas de ahorro de energía del sector eléctrico, haciendo propia la frase de *"zapatero a tus zapatos, políticos a la política y consultor a tu especialidad en ahorro de energía"* considero válidos los datos y las estadísticas proporcionadas por el director del FIDE, que falta mucho por hacer, en un México falto de cultura en ahorro de energía, es cierto, pero solamente con el concurso y la participación de todos. suministradores y usuarios del valioso fluido, se podrán elevar las condiciones de usos eficiente de la energía con todas sus bondades, y podremos así poner nuestro granito de arena, para coadyuvar al engrandecimiento de nuestro país, ahora más globalizado y exigido que nunca por las grandes economías mundiales, para hacer más productivo y competitivo y con grandes oportunidades para lograr su estabilidad económica y su pleno desarrollo.

Actualmente estamos investigando en la Comisión Nacional para el ahorro de energía, en el PAESE y en el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) los avances en los programas de ahorro al interior del sector eléctrico, para tener una referencia oficial que nos sirva de parámetro para aproximarnos a los avances relacionados con los 6,451 GWH planteados en las metas 1992-2000 del PAESE descritas en otro capítulo de esta antología.

ILUMINACION DE PARQUES Y JARDINES

La iluminación de un parque o jardín es uno de los renglones en donde se debe mezclar la técnica con la decoración, es decir utilizar el equipo más apropiado para el objetivo que se desea pero al mismo tiempo iluminar los objetos más importantes con el fin de que la conjunción de ambos factores den como resultado un ambiente por demás agradable.

El objetivo fundamental que se busca en éstas áreas, es el de acentuar el follaje de los árboles, los setos de arbustos o de flores, un espejo de agua, en fin todo aquello que brinde belleza escénica.

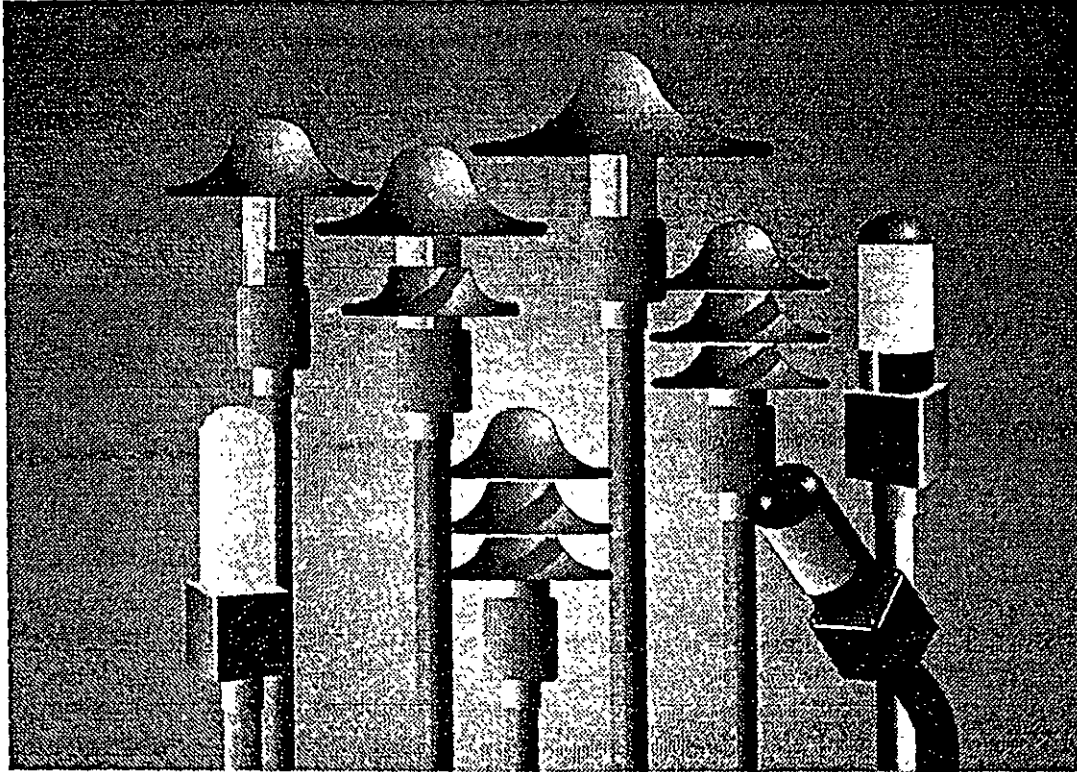


Iluminación de follajes de árboles

En algunas ocasiones todavía se adorna un árbol con una infinidad de focos colocados sobre el mismo, sin embargo es preferible iluminarlo mediante la colocación ya sea en su base o cerca de ella de proyectores dirigidos hacia su follaje, como se puede apreciar en los dibujos 1 y 2. Se emplean lámparas de aditivos metálicos o de sodio según el color que se desee obtener o en su defecto también pueden utilizarse filtros de diversos colores o la lámpara de sodio blanco.

Para la iluminación de plantas y flores tanto en parques públicos como en jardines particulares, se utilizan lámparas de menor potencia colocadas en luminarias diseñadas para ser utilizadas expresamente en zonas jardinadas.

Las luminarias que se emplean para la iluminación de jardines tienen forma de hojas, de hongos, de flores, etc., con el objeto que durante el día se confundan con el resto del arreglo del área y de que no sean un adefesio que vaya en detrimento de la belleza del jardín, pero que sin embargo durante la noche cumplan con su función de presentar una escena muy agradable.



Luminaria para emplearse en los andadores de un jardín

Hay que hacer hincapié en que tanto los proyectores para iluminar los árboles como las luminarias propias para un jardín, se deberán de instalar accesorios fáciles de manejar pero que sean resistentes tanto al intemperismo como a la lluvia.

El iluminar un parque o jardín es un arte y el diseñador deberá tener además conocimientos de alumbrado, la sensibilidad a la belleza, y a ser creativo.

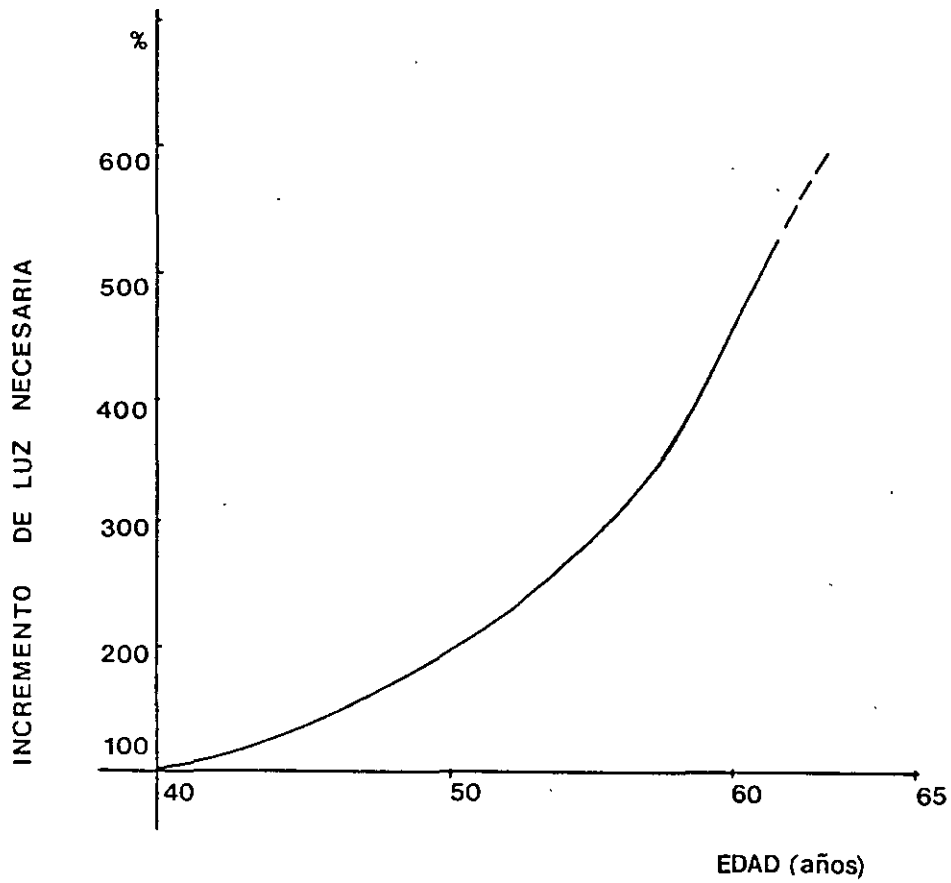
BIBLIOGRAFIA

Revista Internacional de Luminotecnia. No.1979/4.
Información de la Pyle-National Steber Division-USA.

OBJETIVOS DEL ALUMBRADO PUBLICO:

- A) Facilitar durante la noche la continuidad de trabajos cotidianos que se desarrollan en la vía pública, incrementando la productividad de la Población.
- B) Mayor seguridad en las personas, ya que pueden ver y ser vistas por otros individuos y conductores de vehículos al atravesar las calles.
- C) Poder identificar nombres de arterias, números y obstáculos con banquetas y arroyos.
- D) Ayuda a disminuir los accidentes de Tránsito de vehículos y por tanto los daños personales y materiales ya que el alumbrado público permite a los conductores, identificar a personas, otros vehículos, etc. .
- E) Hace más fáciles las labores de vigilancia ya que el alumbrado público, permite ver y ser vistos por guardias lo que contribuye a disminuir los actos violentos y salvaguardar la integridad personal.
- F) Ayuda a fines creativos, al emplearlo en parques y jardines.

De todo lo anteriormente mencionado se concluye que el alumbrado público beneficia a la comunidad en su seguridad y estimula el comercio, el turismo y las actividades recreativas.



Gráfica en donde se indica el incremento de luz necesario a partir de los 40 años*

* Exterior Lighting for Industry and Security.- Stanley L. Lyons.- Applied Science Publishers.1980.

NIVELES DE LUMINANCIA PARA ALUMBRADO PUBLICO

CLASE DE VIA O AREA	VIAS RAPIDAS	AVENIDAS PRINCIPALES	CALLES	CALLES SECUNDARIAS	PLAZAS IMPORTANTES	PARQUES Y JARDINES
LUMINANCIA PROMEDIO	1.2	1.0	0.7	0.4	1.0	0.7

NIVELES QUE SE RECOMIENDAN PARA ILUMINACION DE ARTERIAS Y AREAS URBANAS (LUXES)

CLASE DE VIA O AREA	VIAS RAPIDAS	AVENIDAS PRINCIPALES	CALLES	CALLES SECUNDARIAS	PLAZAS IMPORTANTES	PARQUES Y JARDINES
ILUMINANCIA PROMEDIO (a)	18	15	10	6	15	10
FACTOR DE UNIFORMIDAD (b)	0.30	0.30	0.20	0.17	0.30	0.25

• No se considera el alumbrado de señalamiento en andadores.

(a) Con superficie de asfalto clase R₁ y R₂.

(b) E promedio a E min.

**CLASIFICACION DE SUPERFICIE
DE ARROYOS.***

CLASE	Q _o	DESCRIPCION	REFLECTANCIA
R1	0.10	Superficie del arroyo con concreto a base de cemento portland. Superficie de asfalto con 15% de abrillantador.	Difuso principalmente.
R2	0.07	Superficie de asfalto con un agregado de 60% de grava de medidas mayores de 10 mm.	Mixto (difuso y especular)
R3	0.07	Superficie de asfalto con agregados oscuros.	Ligeramente especular.
R4	0.08	Superficie de asfalto con textura muy pulida.	Especular principalmente.

Q_o es el coeficiente representativo de la principal luminancia.

* W.J.M. Van Bommel y J.B. de Boer en su libro "Road Lighting" hacen mención de cuatro clasificaciones de materiales para superficies de arroyos y citan como fuente "Calculation and measurement of luminance and illuminance in road lighting". CIE Publication n° 30 (TC-4.6), (1976a).

Es de suma importancia el recubrimiento de las calles y avenidas ya que el color del pavimento tiene un papel muy importante en los resultados ópticos de una instalación de alumbrado público.

Los recubrimientos asfálticos tienen un color oscuro y en la noche y con el tiempo lluvioso hacen más difícil la percepción de obstáculos fijos o móviles. Las recomendaciones del IES de iluminancias dividen en tres grupos los valores de acuerdo con la clasificación del pavimento (R1, R2, R3, y R4).

El empleo de carpetas o recubrimientos claros representa el tener una instalación más confortable y más económica ya que el flujo luminoso necesario para tener un nivel determinado de iluminación es en muchos casos hasta de la mitad del que sería necesario en una arteria vial con recubrimiento oscuro.

El nivel de iluminación (Iluminancia) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Iluminación Inicial} &= \frac{(\text{lumens de lámpara}) (\text{coef. de utilización})}{\text{Area del pavimento por luminaria.}} \\ &= \frac{(\text{lumens iniciales de la lamp.}) (\text{coef. de utilización})}{(\text{Espaciamiento} + \text{luminarios}) (\text{ancho del arroyo})} \end{aligned}$$

$$E_i = \frac{\phi \cdot \text{cu} \cdot \text{FTPL}}{\text{DIP} \cdot a} \text{ en donde } E_i \text{ está dado en luxes}$$

ϕ en lumens

a en m.

DIP en m.

$$\text{Iluminación promedio} = \frac{(\text{lumens de la lámpara}) (\text{c.u}) (\text{FTPL})}{(\text{Espaciamiento} + \text{luminarios}) (\text{ancho del arroyo})}$$

$$E_p = \frac{\phi \cdot \text{cu} \cdot \text{FTPL}}{\text{DIP} \cdot a} \text{ en donde } E_p \text{ está en luxes}$$

Dip en m. (distancia interpostal)

o espaciamento entre luminarios.

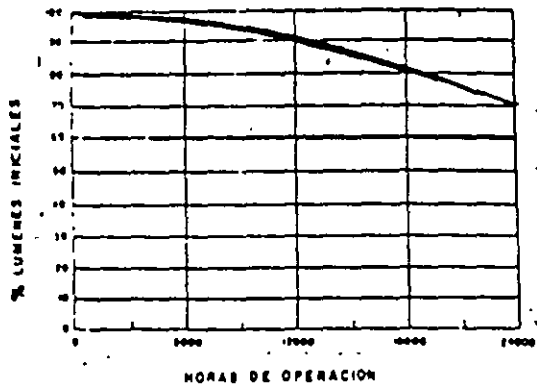
a en m. (ancho de la arteria)

El FTPL representa el factor total de pérdidas de luz y es un número menor que la unidad y agrupa el factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara, el factor de conservación que depende de la acumulación de polvo y suciedad tanto en el luminario como en el foco, el factor de balastro

que es el cociente entre el flujo que emite funcionando con balastro patrón, el factor de contaminación de la atmósfera, el factor de mortandad y el factor de depreciación de la superficie del reflector.

- FB = Factor de balastro
- FDF = Factor de depreciación del flujo luminoso
- FC = Factor de conservación (limpieza de luminarios)
- FCA = Factor de contaminación de la atmósfera
- FM = Factor de mortandad
- FDS = Factor de depreciación de la superficie del reflector.

de donde: $FTPL = FB \times FDF \times FC \times FCA \times FM \times FDS$



Curva de depreciación lumínica de una 1^a para de vapor de sodio a.p. de 150, 250, 400 y 1000 wats.

Para los valores del segundo factor, "de conservación por suciedad" tomaríamos los de la siguiente tabla:

FACTOR DE CONSERVACIÓN POR SUCIEDAD

<i>Tipo de luminaria</i>	<i>Factor recomendado</i>
Hermética	0.87-0.80
Ventilada	0.80-0.70
Abierta	0.75-0.65

También es necesario aplicar el "factor de lámpara" que es la relación entre el flujo emitido por la lámpara en la posición vertical; en la práctica se utiliza este factor con un valor de 0.95 únicamente cuando la lámpara se instala en posición próxima a la horizontal.

La altura recomendable de la fuente luminosa en función del flujo emitido por la misma se puede clasificar en la siguiente forma:

<i>Flujo luminoso de la lámpara</i>	<i>Altura del punto de luz (en metros)</i>
3 000 a 9 000	6.5 a 7.5
9 000 a 19 000	7.5 a 9.0
19 000 a 24 000	9.0 a 10.0
> 24.000	10.0 o más

El factor de uniformidad de iluminación es el más importante en las normas americanas (ASA Standard Practice) y no debe de exceder de 3 a 1 en todas las arterias excepto en las residenciales en las cuales será permisible la relación de 6 a 1.

En los últimos años se ha estado hablando mucho sobre la luminancia como si esto hubiera sido inventado en últimas fechas. Desde antes del año de 1937 en que diversos organismos internacionales interesados en la normalización y en establecimiento de patrones acordaron el empleo de los factores de luminosidad denominados originalmente como factores de visibilidad y el concepto de uno de esos factores ocupó un lugar importante en los sistemas de iluminación y éste fue el "Brillo" y de hecho el proceso de la visión en conjunto depende del concepto del brillo. Warren B. Boast profesor de Ingeniería Eléctrica del Iowa State College ya cita en su libro "Ingeniería de Iluminación" a la luminancia y la define como el "Brillo Fotométrico", e indica que "Más importante que la iluminación máxima, media o mínima es el brillo del pavimento visibles al conductor y al peatón" en el alumbrado Público.

Es de todos conocidos que la impresión luminosa que recibe el ojo proveniente de un objeto iluminado no es debido al nivel de iluminación de este objeto sino a su luminancia o sea por la luz que dicho objeto refleja hacia

el observador; en el alumbrado público el objeto es la carpeta de la calle o avenida junto con las guarniciones y banquetas y por eso cobran mucha importancia las características ópticas del recubrimiento o acabado de la carpeta. De acuerdo con la terminología sobre iluminación la luminancia se cita ya como un nuevo término de brillantez con relación a la intensidad luminosa y se expresa en candelas/m², lamberts o footlamberts.

De acuerdo con el CIE la uniformidad del nivel longitudinal sobre el eje de observación debe ser del orden de:

$$\frac{E_{\min}}{E_{\max}} = 0.5 \text{ a } 0.8$$

Conservando la uniformidad del nivel de iluminación dentro de estos límites se alcanza una buena uniformidad de iluminancia.

(En general cuanto más sea el brillo de la calzada menor será la probabilidad de que no se distinga un objeto que podría estar en una zona de brillo reducido).

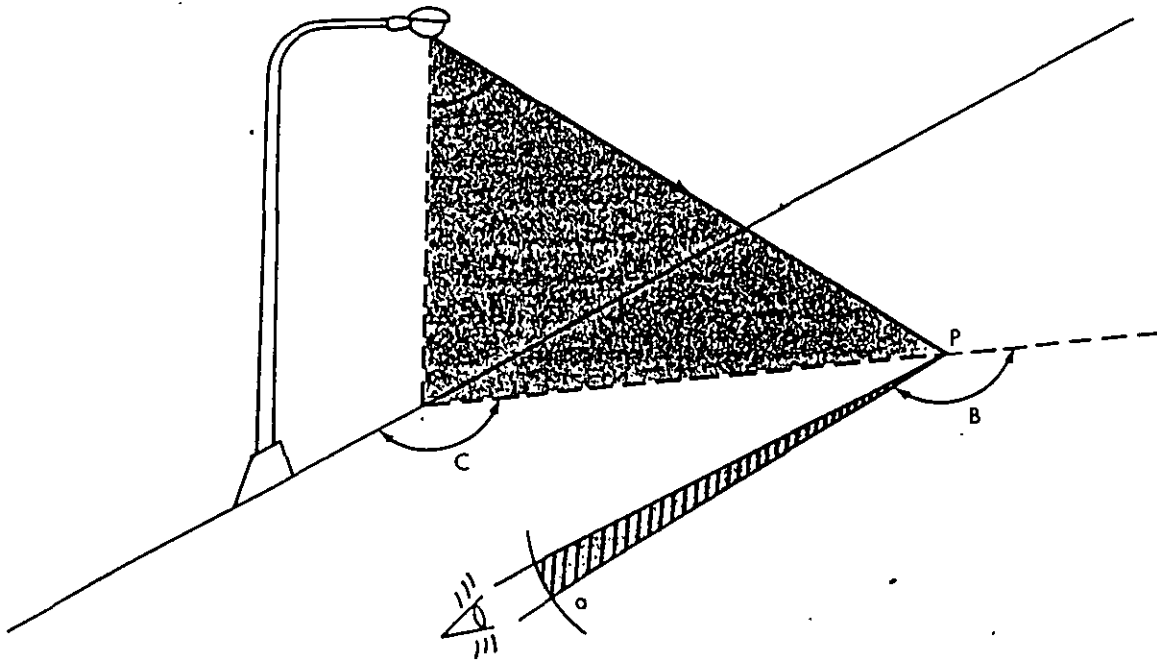
En Europa se han desarrollado un gran número de pruebas con observadores para ver que el nivel de luminancia era el más propio y resultó como "bueno" el de un valor de 1.5 cd/m².

El tener una instalación con una uniformidad de luminancia representa una mayor inversión dado que ésta solo puede lograrse mediante un menor espaciamiento de los arbotantes o mediante un sistema más perfeccionado de las luminarias lo cual obviamente aumenta el costo de la instalación.

Para el cálculo de la luminancia de la superficie de una arteria es necesario conocer sus contrastes reflectivos.

El coeficiente de luminancia $q = \frac{L}{E}$ depende de las posiciones del observador y de la

fente luminosa con respecto al punto p del ejemplo siguiente:



De donde se puede apreciar los ángulos de los cuales depende el coeficiente de luminancia.

a Angulo de observación (desde el plano horizontal)
 B Angulo de incidencia de la luz y el plano de observación
 J Angulo de incidencia.

$$L_p = \frac{I (J C)}{h^2} q (B J) \text{Cos } 3 J$$

En donde: I (JC) = Intensidad luminosa de la luminaria en dirección al punto p indicada por los ángulos J y C.

ISO Luminancia o ISO - cd/m² es el diagrama que une a todos los puntos de igual luminancia.

Los valores promedio de luminancia estarán de acuerdo con la siguiente tabla:

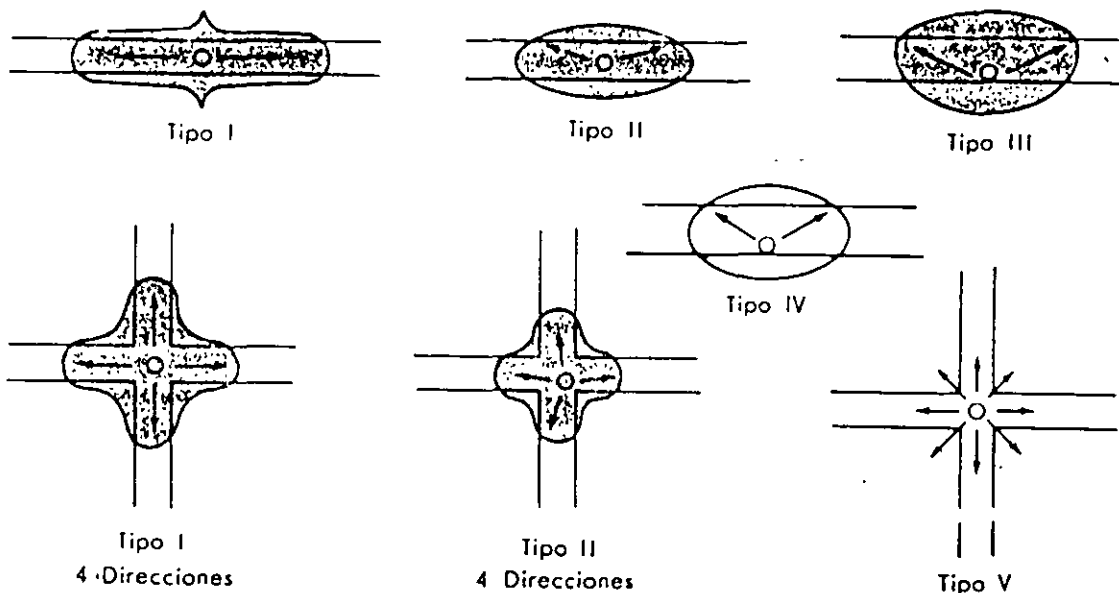
Valores mínimos mantenidos de iluminancia (E_{pro}) en lux. ●

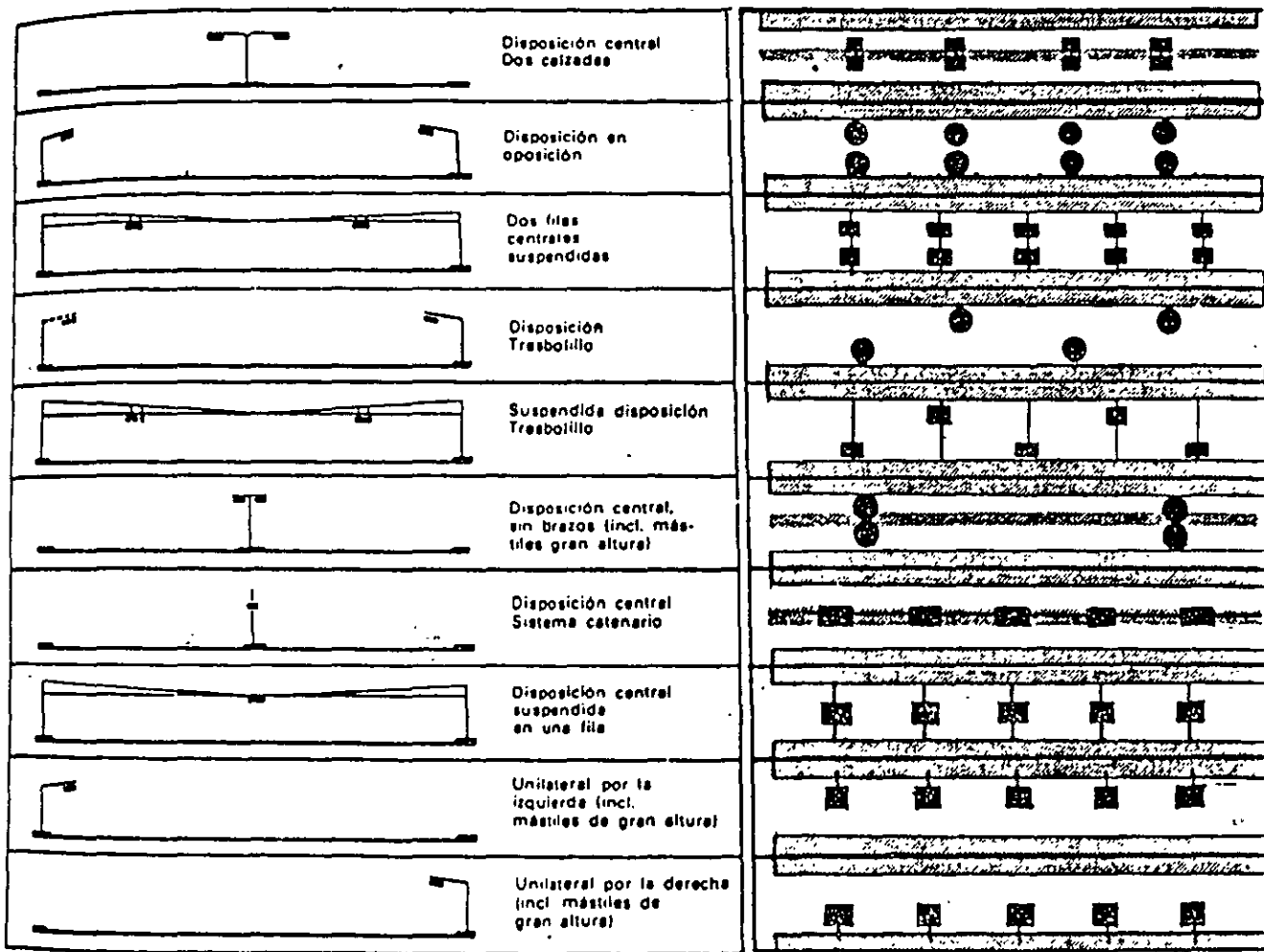
Clasificación de áreas y vialidades		Clasificación del pavimento			Uniformidad iluminancia (E_{pro} a E_{min})
		R_1	R_2 y R_3	R_4	
Autopistas y carreteras		4	6	5	3 a 1
Vías de acceso controlado en zona	Comercial	10	14	13	3 a 1
	Intermedia	8	12	10	
	Residencial	6	9	8	
Vías principales	Comercial	8	12	10	4 a 1
	Intermedia	6	9	8	
	Residencial	4	6	5	
Vías secundarias	Comercial	6	9	8	6 a 1
	Intermedia	5	7	6	
	Residencial	3	4	4	

Para la selección de la luminaria apropiada es necesario tener en cuenta el tipo de distribución que se requiere, su resistencia a los agentes atmosféricos y su estética.

La consideración fundamental es su distribución fotométrica dado que con ello se logrará la uniformidad de iluminación deseada.

Las luminarias de alumbrado público se clasifican generalmente con relación a la forma de distribución lateral y la Illuminating Engineering Society ha establecido siete patrones de curvas de distribución lateral: Tipo I cuatro direcciones, Tipo II, Tipo II cuatro direcciones, Tipo III, Tipo IV y Tipo V.





Tipo de disposición	Relación $\frac{\text{Altura Luminaria}}{\text{Ancho de la calle.}}$	
	Mínimo	Recomendado
Unilateral	0.85	1
Bilateral al tresbolillo	1/2	2/3
Bilateral en oposición	1/3	1/2

En el apéndice E del "American National Standard Practice for roadway Lighting" ANSI/IES-8-1977 se presentan los siguientes valores de luminancia.

CLASIFICACION DE ARTERIAS	LUMINANCIA*	
	FOOTLAMBERTS	CANDELAS POR m ²
VIAS PRINCIPALES A AUTOPISTAS	0.60 a 0.15	2.1 a 0.51
VIAS COLECTORAS	0.45 a 0.10	1.54 a 0.34
VIAS LOCALES	0.30 a 0.15	1.03 a 0.17

* Valores promedio mantenidos sobre superficies horizontales.

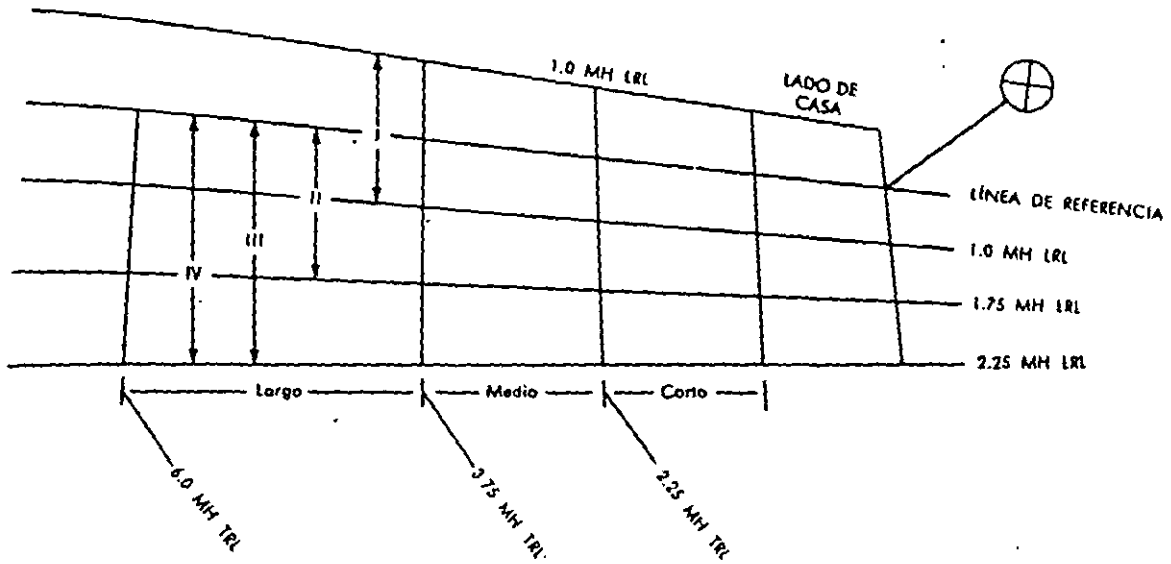
Además de la distribución lateral la IES-ASA Practice indica que es necesario tomar en cuenta la distribución de luz arriba de la máxima intensidad luminosa.

La clasificación de la distribución de la luz deberá ser efectuada en base a las curvas isocandelas en un diagrama rectangular las cuales se superponen al dibujo de la arteria en forma longitudinal y se cuadrícula en múltiplos de la altura de montaje partiendo del punto en que está colocada la fuente luminosa que será el origen. Estas curvas isocandelas así como las isolux y de utilización que veremos más adelante deberán ser proporcionadas por el fabricante de luminarias al proyectista.

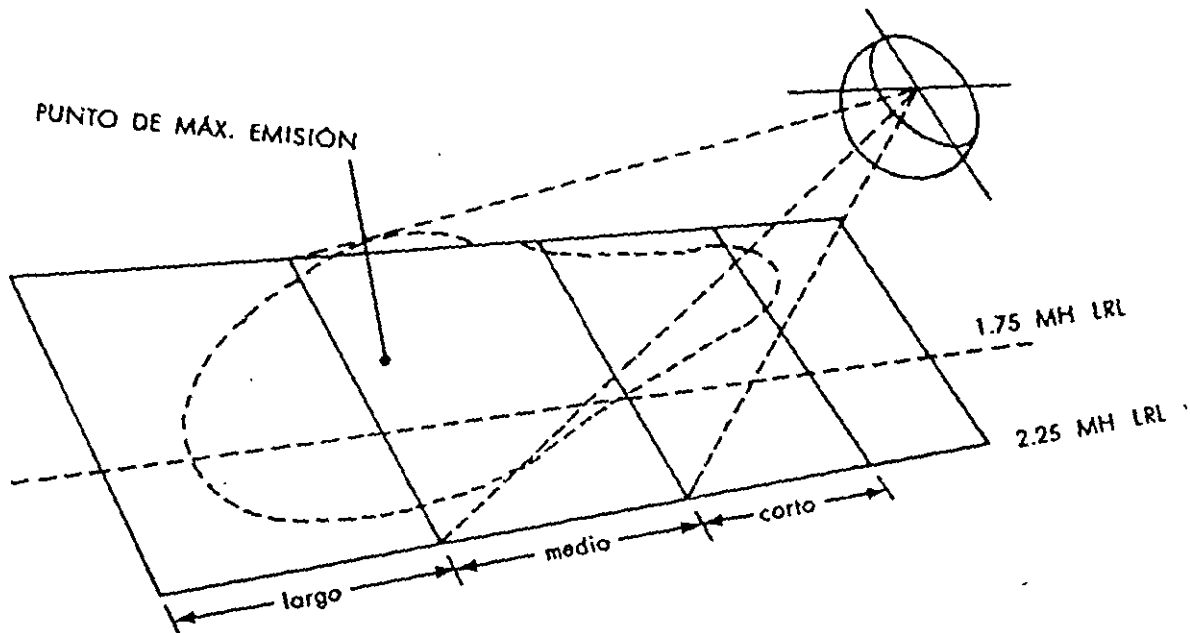
De acuerdo con la distribución de luz en la vertical las luminarias se dividen en tres grupos : Corta (S), Media (M) y Larga (L).

a) La distribución corta es aquella que tiene una distribución de luz en la cual el punto de máxima emisión luminosa varía de 1.0 MHTRL* a menos de 2.25 MHTRL.

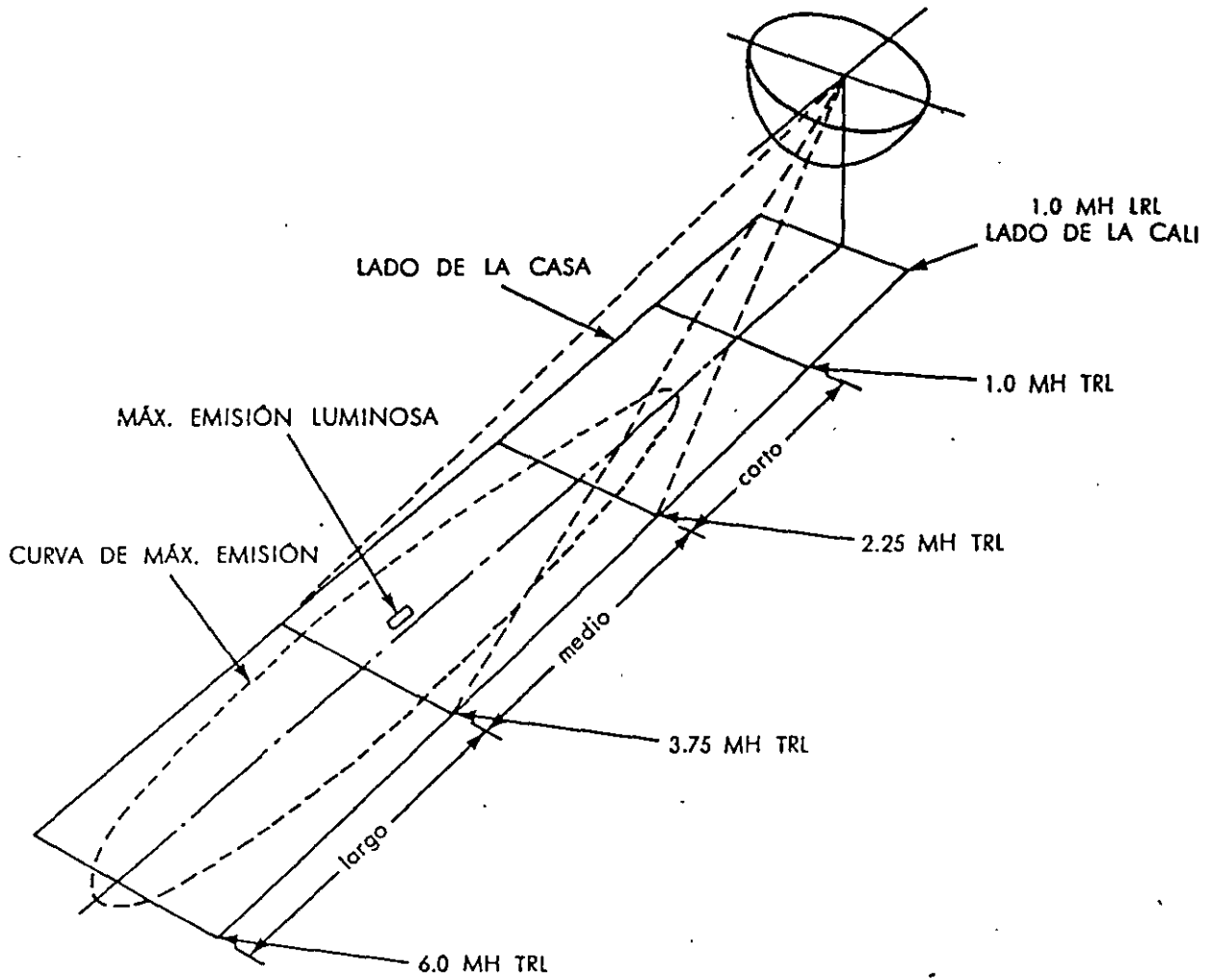
* Se emplean los mismos términos del Standard Practice y del Street Lighting Manual MH = altura de montaje: LRL = Líneas longitudinales de la avenida y TRL = Líneas transversales a la avenida o arteria.



COBERTURA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LUMINARIAS.



DISTRIBUCIÓN MEDIA PROYECCIÓN IES TIPO III



DISTRIBUCIÓN MEDIA PROYECCIÓN IES TIPO I.

* VARIACION DE LA EMISION LUMINOSA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE LUMINARIAS ORIGINADA POR LA SUCIEDAD INTERIOR, EN FUNCION DE LA CONTAMINACION AMBIENTE

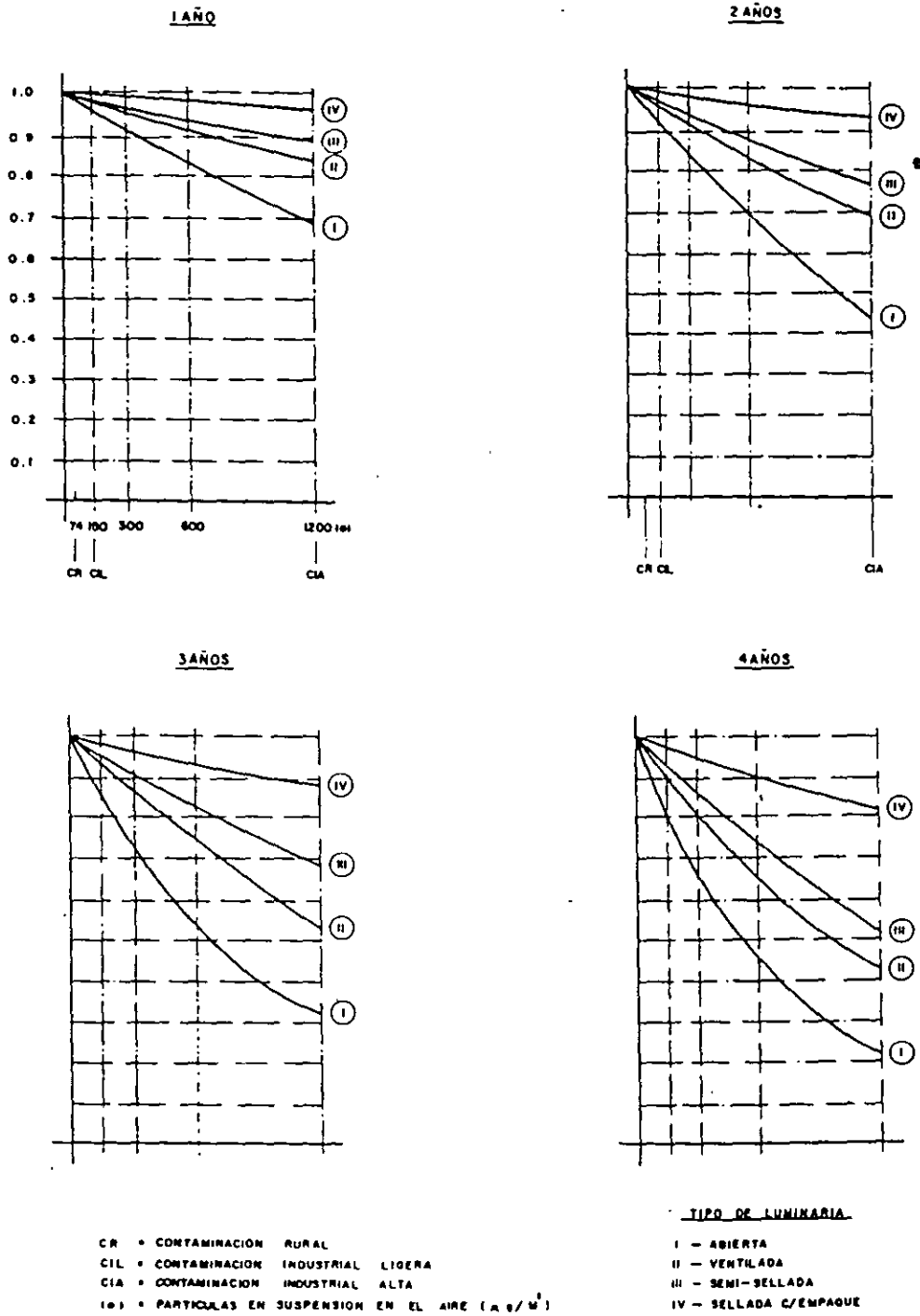


Figura III-16

15 05 80

b) La distribución media es cuando la luminaria proyecta una curva en donde el punto de máxima emisión luminosa queda en la zona comprendida entre 2.25 MHTRL y menos de 3.75 MHTRL.

c) En este grupo quedan incluidas las luminarias en curva larga en donde el punto de máxima emisión queda comprendido entre 3.75 MHTRL a menos de 6 MHTRL.

De acuerdo con su distribución de la máxima emisión luminosa se clasifican en:

TIPO DE LUMINARIA	CUT-OFF*	SEMICUT-OFF**	NONCUT-OFF
Distrib. Corta	2.75 MH	3.75 MH	Sin límite
Distrib. Media	6.00 MH	6.00 MH	Sin límite
Distrib. Largo	8.00 MH	8.00 MH	Sin límite

* No sobrepase el 10% de los lumens nominales.

** No sobrepase el 30% de los lumens nominales.

Las recomendaciones del CIE (Comisión Internacionale de l'Eclairage) clasifican a las luminarias en tres grandes grupos siendo éstas también el cut-off, semi-cut-off y noncut-off.

CLASIFICACION DE LUMINARIAS

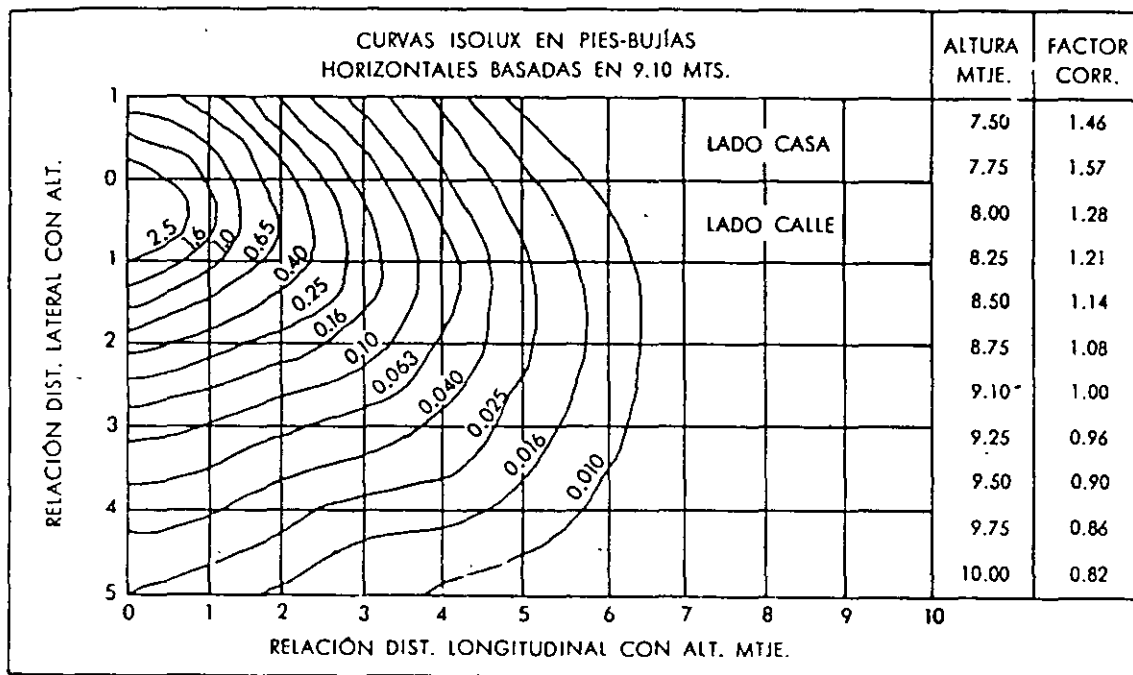
PARA ALUMBRADO PUBLICO

TIPO DE LUMINARIA	DIRECCION DE LA INTENCIDAD MAXIMA	VALORES MAXIMOS DE LA INTENCIDAD LUMINOSA EMITIDA BAJO:	
		90°	80°
Cut-off	0 - 65°	10 cd/1000 lum.	30 cd/1000 lum.
Semicut-off	0 - 75°	50 cd/1000 lum.	100 cd/1000 lum.
Noncut-off	0 - 90°	1000 cd independien- temente del flujo.	

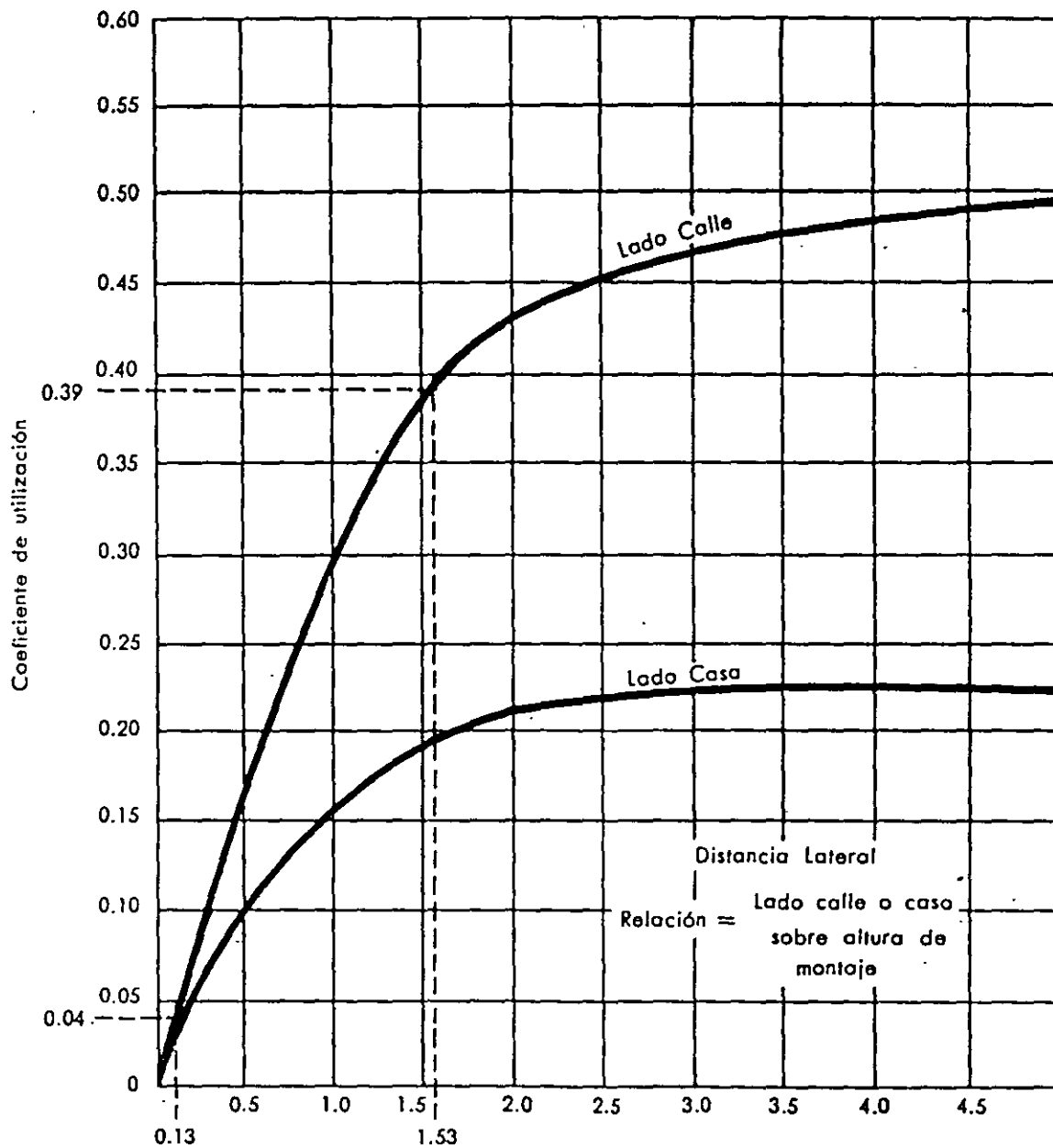
**COEFICIENTES DE REFLEXION DE
DIFERENTES TIPOS DE CARPETAS**

TIPO DE RECUBRIMIENTO	LUMINARIAS	LUMINARIAS SEMICUT-OFF
concreto limpio	12	8
concreto sucio	14	10
asfalto enblanquecido	14	10
asfalto gris	19	14
asfalto oscuro	24	18
empedrado	18	13

Con el objeto de que al proyectista se le facilite el cálculo para establecer la distribución de los diferentes niveles de iluminación y poder determinar su uniformidad es necesario solicitar a los fabricantes de luminarias las curvas isolux de éstas de acuerdo con la altura del punto de luz y con una tabla de factores de corrección para otras elevaciones.

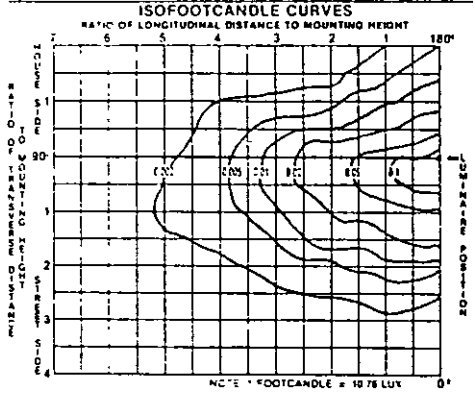


También es imprescindible que los fabricantes de unidades de iluminación entreguen a los proyectistas las curvas de utilización para que de acuerdo con las fórmulas que asentamos en páginas anteriores se proceda a calcular el flujo luminoso que incide sobre la arteria y por lo tanto determinar así el espaciamiento entre las unidades conociendo desde luego el valor del nivel de iluminación que se desea en función del tipo de arteria y la importancia de la misma.



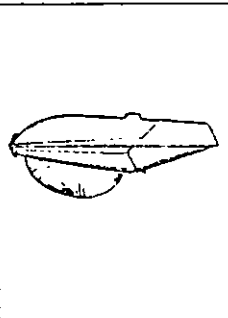
HOTOMETRIC DATA M-400A2 POWR/DOOR[®] LUMINAIRE

PHOTOMETRIC DATA 35-177367-01



General Electric M-400A2 POWR/DOOR Luminaire
Reflector No. 35-232562-01, Refractor 510
Socket Position 2C
LAMP—150 WATT HIGH PRESSURE SODIUM

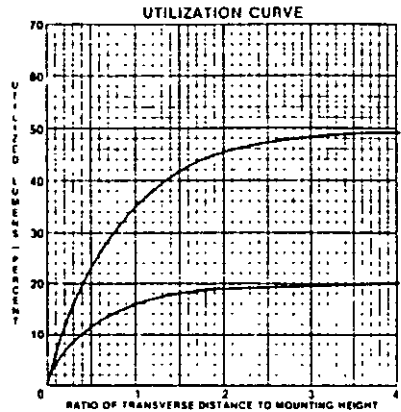
ANSIES TYPE NON CUTOFF
MEDIUMTYPE II
MOUNTING HEIGHT 30 FT
MAX CANDELA 480.1
MAX CONE 70°
MAX VERTICAL PLANE 87.5°/272.5"
MAX CANDELA AT 90° 96.6
MAX CANDELA AT 80° 283.2
NADIR FOOTCANDLES 0.2540
NADIR CANDELA 228.7



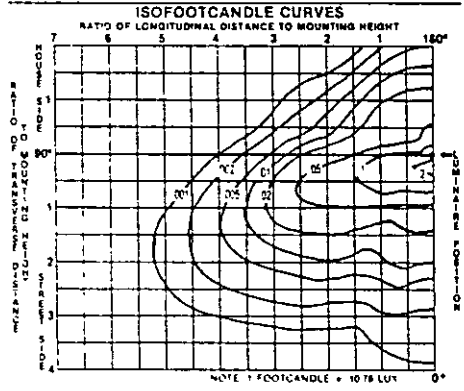
MULTIPLY ALL LUMEN CANDELA AND FOOTCANDLE VALUES BY THIS RATIO: RATIO = ACTUAL LAMP LUMENS / 1000

LIGHT FLUX VALUES (LUMENS % OF LAMP)	
DOWNWARD STREET SIDE	515
UPWARD STREET SIDE	18
DOWNWARD HOUSE SIDE	203
UPWARD HOUSE SIDE	11
TOTAL	747

PER 1000 LAMP LUMENS

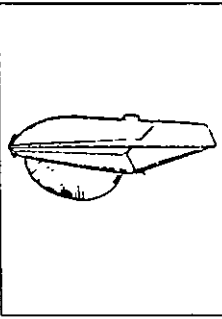


PHOTOMETRIC DATA 35-177381-02



General Electric M-400A2 POWR/DOOR Luminaire
Reflector No. 35-232562-01, Refractor 510
Socket Position 3C
LAMP—150 WATT HIGH PRESSURE SODIUM

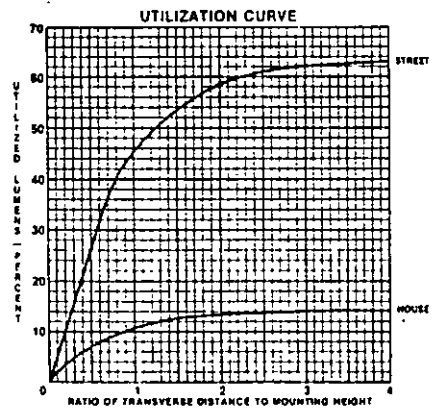
ANSIES TYPE SEMI-CUTOFF
MEDIUMTYPE II
MOUNTING HEIGHT 30 FT
MAX CANDELA 1033.2
MAX CONE 70°
MAX VERTICAL PLANE 72.5°/287.5"
MAX CANDELA AT 90° 19.7
MAX CANDELA AT 80° 150.9
NADIR FOOTCANDLES 0.141
NADIR CANDELA 127.2



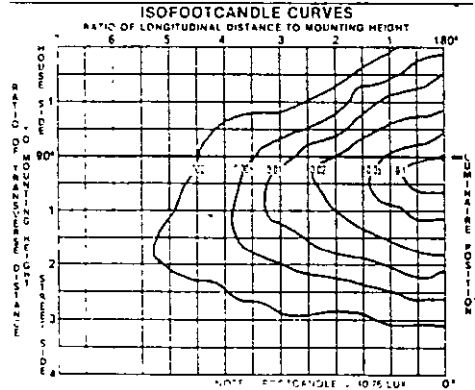
MULTIPLY ALL LUMEN CANDELA AND FOOTCANDLE VALUES BY THIS RATIO: RATIO = ACTUAL LAMP LUMENS / 1000

LIGHT FLUX VALUES (LUMENS % OF LAMP)	
DOWNWARD STREET SIDE	652
UPWARD STREET SIDE	8
DOWNWARD HOUSE SIDE	148
UPWARD HOUSE SIDE	3
TOTAL	810

PER 1000 LAMP LUMENS

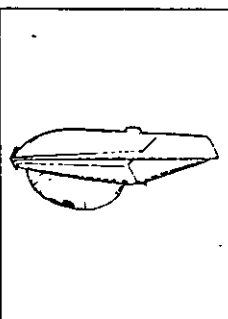


PHOTOMETRIC DATA 35-177368-01



General Electric M-400A2 POWR/DOOR Luminaire
Reflector No. 35-232562-01, Refractor 510
Socket Position 3C
LAMP—150 WATT HIGH PRESSURE SODIUM

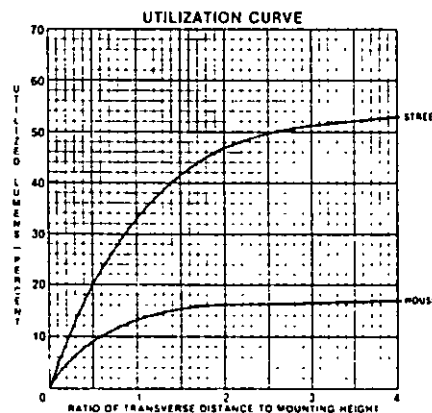
ANSIES TYPE NON-CUTOFF
MEDIUMTYPE III
MOUNTING HEIGHT 30 FT
MAX CANDELA 402.9
MAX CONE 70°
MAX VERTICAL PLANE 62.5°/277.5"
MAX CANDELA AT 90° 133.4
MAX CANDELA AT 80° 330.3
NADIR FOOTCANDLES 0.1447
NADIR CANDELA 130.3



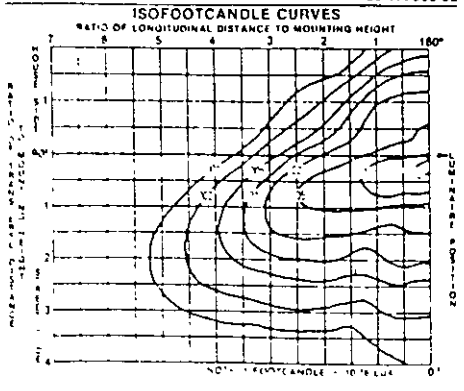
MULTIPLY ALL LUMEN CANDELA AND FOOTCANDLE VALUES BY THIS RATIO: RATIO = ACTUAL LAMP LUMENS / 1000

LIGHT FLUX VALUES (LUMENS % OF LAMP)	
DOWNWARD STREET SIDE	555
UPWARD STREET SIDE	22
DOWNWARD HOUSE SIDE	168
UPWARD HOUSE SIDE	10
TOTAL	754

PER 1000 LAMP LUMENS

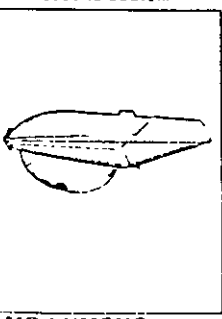


PHOTOMETRIC DATA 35-177382-02



General Electric M-400A2 POWR/DOOR Luminaire
Reflector No. 35-232562-01, Refractor 510
Socket Position 3C
LAMP—150 WATT HIGH PRESSURE SODIUM

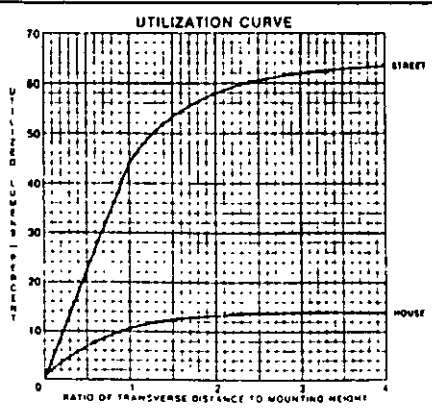
ANSIES TYPE SEMI-CUTOFF
MEDIUMTYPE III
MOUNTING HEIGHT 30 FT
MAX CANDELA 87.5
MAX CONE 87.5°
MAX VERTICAL PLANE 72.5°/287.5"
MAX CANDELA AT 90° 19.2
MAX CANDELA AT 80° 171.5
NADIR FOOTCANDLES 0.14
NADIR CANDELA 102.3



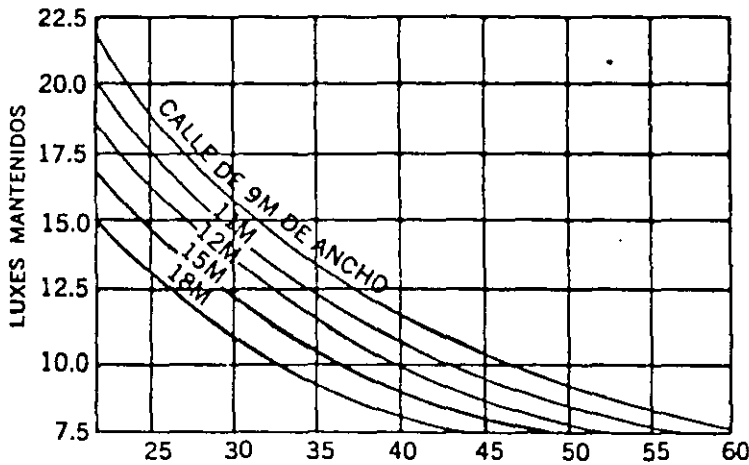
MULTIPLY ALL LUMEN CANDELA AND FOOTCANDLE VALUES BY THIS RATIO: RATIO = ACTUAL LAMP LUMENS / 1000

LIGHT FLUX VALUES (LUMENS % OF LAMP)	
DOWNWARD STREET SIDE	656
UPWARD STREET SIDE	8
DOWNWARD HOUSE SIDE	143
UPWARD HOUSE SIDE	2
TOTAL	809

PER 1000 LAMP LUMENS



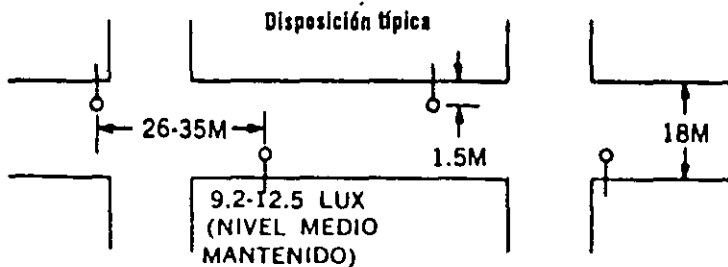
Algunos de los principales fabricantes de equipos de iluminación exterior proporcionan gráficas en donde para diferentes anchos de calles y avenidas y teniendo como base el valor de iluminación se determina rápidamente la distancia entre luminarios para una altura de montaje dada. Otros presentan curvas en donde los parámetros que se manejan son el nivel de iluminación, la relación de uniformidad y el espaciamiento para una potencia de lámpara determinada. Lo anterior lo podemos apreciar en las gráficas siguientes.



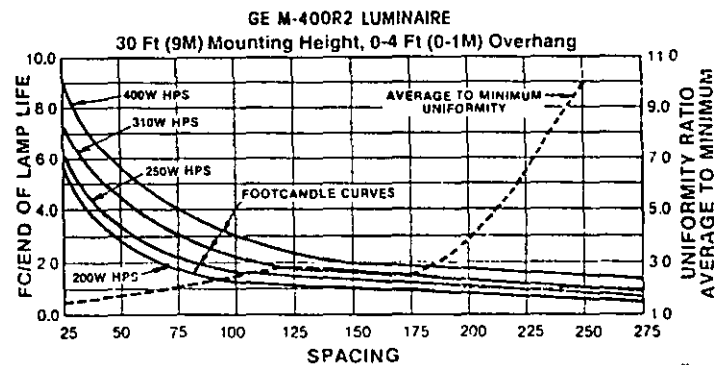
DISTANCIA ENTRE LUMINARIOS INSTALADOS ALTERNATIVAMENTE.

APLICACION.

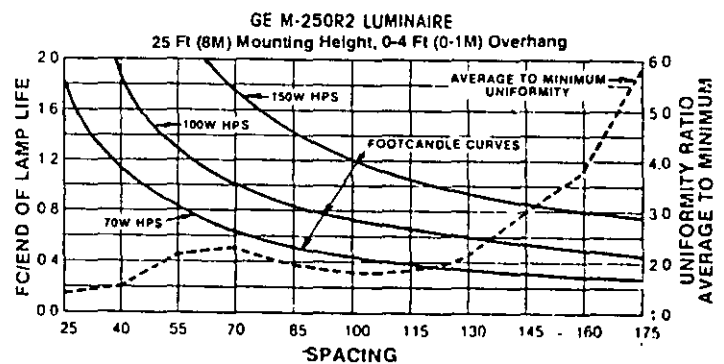
Luminario Tipo M-400.
 Lámpara: de 400 vatios, de mercurio, de color corregido.
 Altura de instalación: 9 metros.



ARROYO DE 3 CARRILES.*

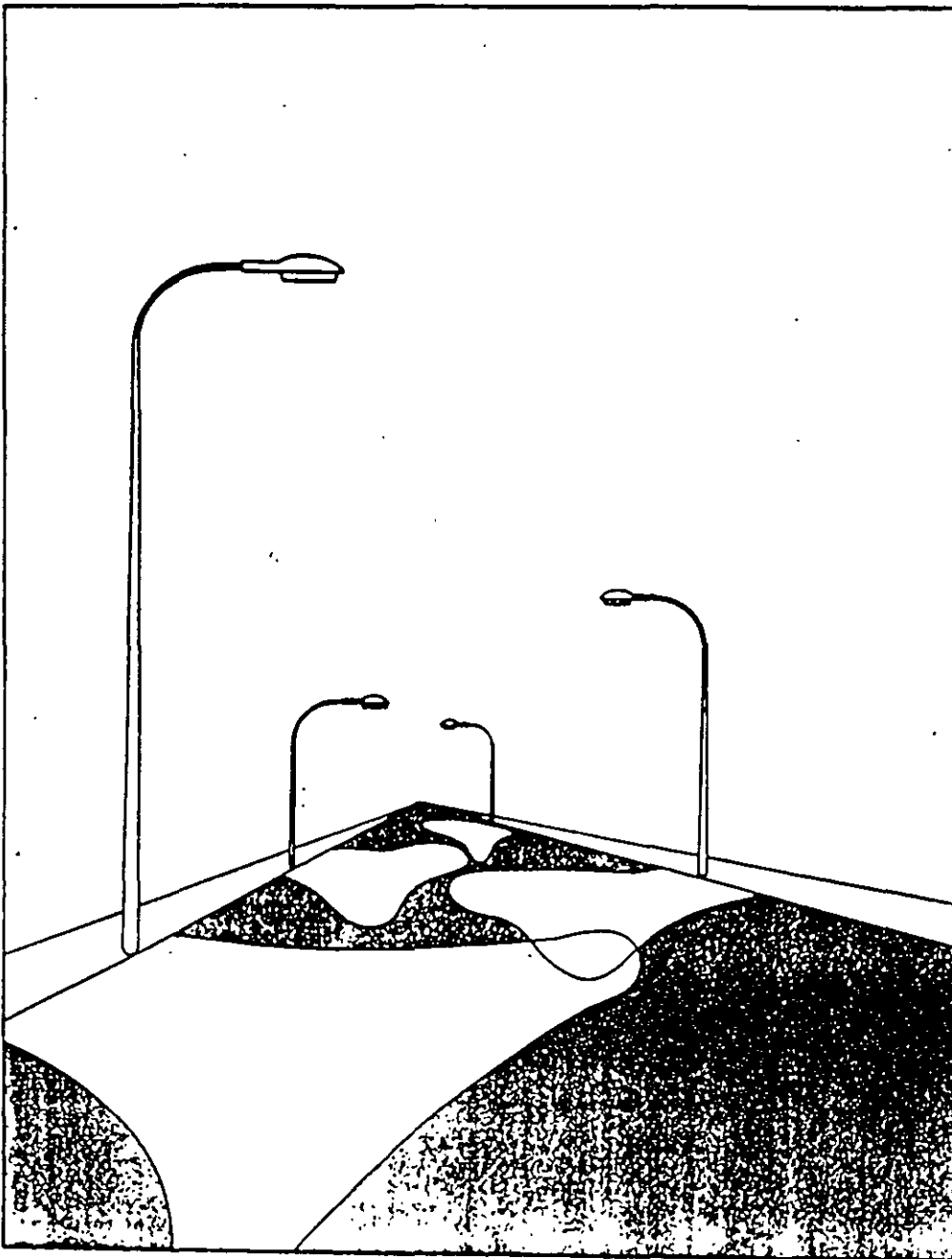


ARROYOS DE 2 CARRILES.*



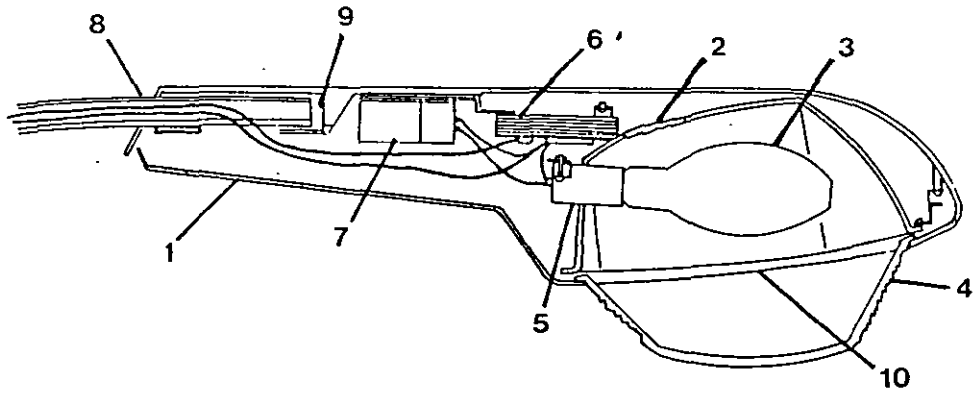
Todo lo anterior es solamente para dar una idea del número de luminarias en una arteria y poder hacer un presupuesto aproximado de la instalación en función del precio unitario por ensamble pero de ninguna manera representa un verdadero estudio fotométrico de esa vía por iluminar el cual tendrá que efectuarse posteriormente.

* Cortesía de GE Lighting Systems.



EFFECTO DE EXCESIVO ESPACIAMIENTO DE LUMINARIOS.

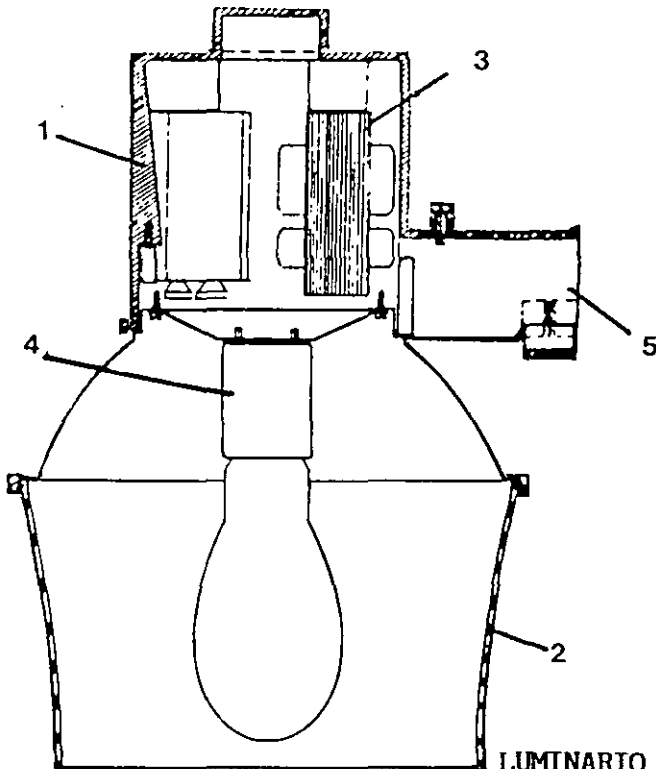
LUMINARIOS PARA ALUMBRADO
PUBLICO.



LUMINARIO CON LAMPARA EN
POSICION HORIZONTAL (TIPO OV).

- 1. Armadura de aluminio.
- 2. Reflector de Aluminio.
- 3. Lámpara.
- 4. Refractor de Cristal Prismático.

- 5. Socket Mogul.
- 6. Balastro.
- 7. Condensador del Balastro.
- 8. Brazo de Montaje.
- 9. Abrazadera Doble para fijar Brazo.
- 10. Empaque de Fieltro.



- 1. Armadura.
- 2. Reflector-Refractor.
- 3. Balastro.
- 4. Socket.
- 5. Entrada para Brazo.
- 6. Fococelda (Opcional).

LUMINARIO CON LAMPARA EN
POSICION VERTICAL.

**FACTOR DE CONSERVACION
DEL FLUJO LUMINOSO**

TIPO DE LAMPARA	FACTOR
Mercurio alta presión	0.85
Sodio alta presión	0.80
Sodio baja presión	0.90

**FACTOR DE CONTAMINACION
DE LA ATMOSFERA**

	LUMINARIA	
	ABIERTA	CERRADA
Atmósfera contaminada	0.65	0.70
Atmósfera no contaminada	0.90	0.95

Resuminedo se puede establecer que para poder desarrollar un proyecto de alumbrado público es necesario observar el siguiente procedimiento.

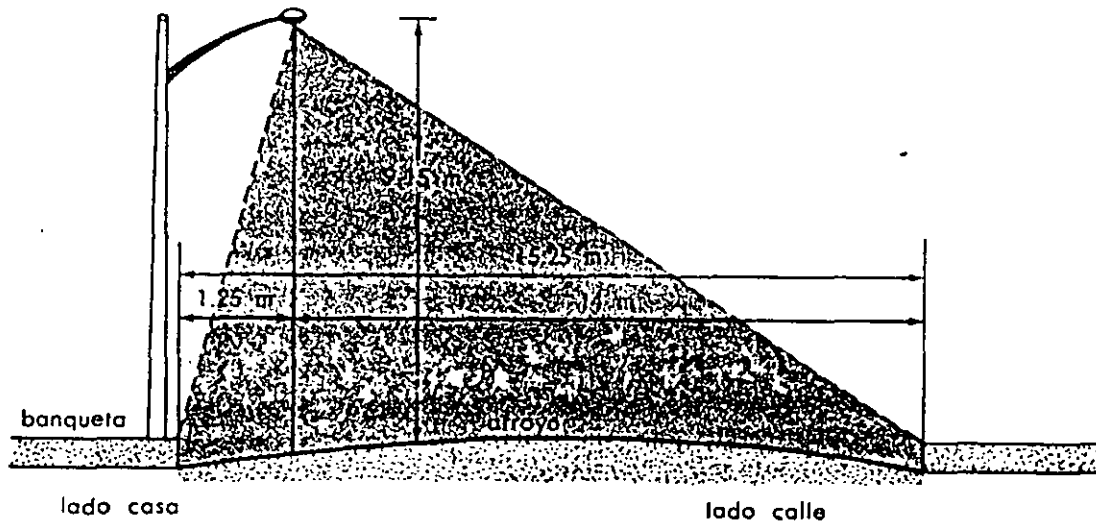
- 1) Determinar de acuerdo con la importancia de la arteria el nivel de iluminación.
- 2) Tener los datos del perfil de la vía o calzada.
- 3) Tipo de lámpara que se pretende emplear y cual es su flujo luminoso.
- 4) En función del tipo y capacidad de la lámpara que unidad de iluminación (luminaria) se selecciona.
- 5) Con los datos fotométricos proporcionados por el fabricante de luminarias determinar el coeficiente de utilización.

- *6) De acuerdo con el tipo de luminaria ver que factor de conservación (1) le corresponde.
- 7) Conforme el tipo de lámpara ver cual es el factor de conservación (2) que le corresponde en cuanto a la depreciación del flujo luminoso.
- 8) Calcular con la fórmula $E = \frac{\phi}{A}$ el espaciamiento.
- 9) De acuerdo con la relación altura de la luminaria/ancho de calle ver que disposición le corresponde.
- 10) Con la curva isolux calcular la iluminación en varios puntos para determinar el nivel de uniformidad.

A este nivel de proyecto habrá siempre varias alternativas aceptables y será el equilibrio entre los factores económicos, estéticos y de mantenimiento las que, determinen el más adecuado.

Ejemplos de aplicación:

Ejemplo N° 1



* En algunos casos considerar otros factores como se observa en la resolución de algunos de los ejemplos que a continuación se indican.

Datos:

Ancho del arroyo = 15.25 m.

Altura de montaje de la luminaria = 9.15 m.

Saliente del brazo = 1.25 m.

Lámpara de 250 watts de vapor de sodio alta presión con una emisión inicial de 30 000 lúmenes.

Luminaria: Tipo IES III, media, cut-off.

Nivel de iluminación que se pretende: 15 luxes.

Determinar el espaciamiento de las luminarias guardando una relación de uniformidad de 3:1.

Primero calculamos el coeficiente de utilización.

$$\text{Relación (Lado de la calle)} = \frac{15.25 - 1.25}{9.15} = 1.53$$

$$\text{Relación (Lado de la casa)} = \frac{1.25}{9.25} = 0.14$$

Con los valores anteriores a la curva de distribución (pag 130) y tenemos:

$$\begin{array}{r} \text{Para 1.53 (Lado calle)} \text{ ----- } 0.37 \\ \text{Para 0.14 (Lado casa)} \text{ ----- } 0.03 \\ \text{Coeficiente de utilización} = \frac{\quad}{0.40} = \text{c.u.} \end{array}$$

Como la unidad es hermética el factor de conservación por suciedad es igual a 0.85 (Ver tabla).

De acuerdo con los datos del fabricante de lámparas el factor de depreciación del flujo es: $\frac{27300^*}{30000} = 0.91$

Con los factores anteriores obtenemos el factor de conservación:
f.c. = 0.85 x 0.91 = 0.77

El factor de lámpara no se considera en éste ejemplo por tratarse de lámpara de vapor de sodio y sólo debe tenerse en cuenta para las lámparas de vapor de mercurio cuando se instalan en posición próxima a la horizontal.

Tampoco consideramos en éste problema el factor de balastro que es cociente entre el flujo emitido por la lámpara con balastos comerciales y el flujo que emite funcionando con balastos patrón.

* Datos de las lámparas General Electric; los 27300 lúmenes es la emisión al 50% de la vida nominal (15000 horas).

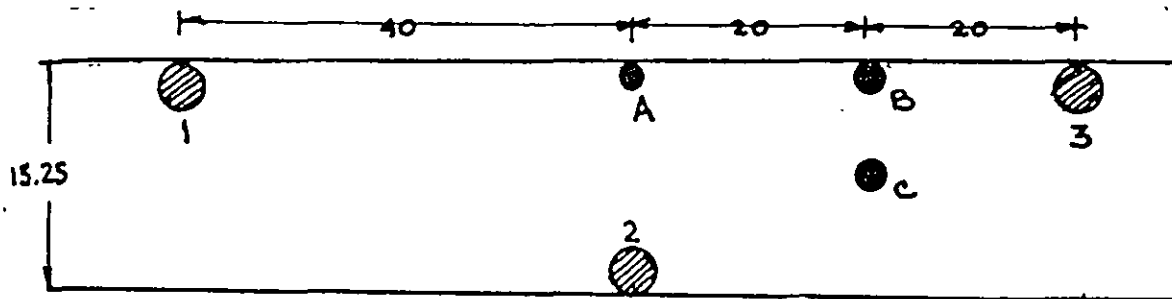
$$\begin{aligned} \text{Espaciamento entre luminarias} &= \frac{\text{Lumenes iniciales} \times \text{C.U.} \times \text{F.C}}{\text{iluminación promedio} \times \text{ancho del arroyo}} \\ &= \frac{30\,000 \times 0.40 \times 0.77}{15 \times 15.25} = \frac{9240}{228.75} = 40.39 \text{ m.} \end{aligned}$$

Consideramos una distancia de 40 m. con lo cual tenemos que calcular nuevamente el nivel de iluminación; ahora bien, como van a ir colocadas las luminarias.

La relación entre el ancho de la calzada y la altura de montaje de la luminaria deben de guardar ciertos valores que se proporcionan en la siguiente tabla:

TIPO DE DISPOSICION	RELACION: $\frac{\text{ALTURA LUMINARIA}}{\text{ANCHO DE LA CALLE}}$	
	MINIMO	RECOMENDADO
Unilateral	0.85	1
Bilateral al tresbolillo	1/2	2/3
Bilateral en oposición	1/3	1/2

Siguiendo con nuestro ejemplo tenemos: $\frac{9.15}{15.25} = 0.60$ valor que corresponde la disposición bilateral al tresbolillo.



Los cálculos nos indican que con el espaciamiento de 40 m. aprox. tenemos un nivel de iluminación de 15 luxes; verifiquemos ahora los niveles en los puntos A, B, y C que se indican en el croquis para determinar el nivel de uniformidad.

Para ésto utilizamos las curvas isolux o isofootcandle y transportamos a esa gráfica nuestras guarniciones tomando como base el centro focal, es decir; el valor cero, a partir de ese punto cualquier medida que se ubique en ese dibujo deberá estar en relación a la altura de montaje (Distancia transversal/altura de montaje o Distancia longitudinal/altura de montaje)

Partiendo de cero a guarnición interior: $\frac{1.25}{9.15} = 0.14$

Partiendo de cero a guarnición exterior: $\frac{14}{9.15} = 1.53$

Analicemos el punto A; debido a la influencia de la luminaria #1 recibe 0.05 fc (aproximado, ver gráfica) y está situado de esa luminaria a 40 m. o sea que transportamos la relación $\frac{40}{9.15} = 4.37$ al dibujo.

Debido a la influencia de la luminaria #2 que está enfrente recibe 0.6 fc y finalmente recibe de la luminaria #3 la misma cantidad de flujo luminoso que, la #1, resuminedo tenemos:

Punto A

De la luminaria N° 1	----->	0.05
De la luminaria N° 2	----->	0.60
De la luminaria N° 3	----->	0.05
		0.70 fc

O sea 0.70 pies-bujias iniciales lo cual hay que multiplicar por 0.77 que es factor de conservación para que pueda ser un valor comparativo: $E_A = \frac{0.70 \times 0.77}{1} = 0.54$ pies-bujias.

Punto B

De la luminaria N° 1	----->	0.00
De la luminaria N° 2	----->	0.50
De la luminaria N° 3	----->	0.20
		0.70 pies-bujias

$$E_B = 0.70 \times 0.77 = 0.54 \text{ pies bujias.}$$

Punto C

De la luminaria N° 1	-----	0.00
De la luminaria N° 2	-----	0.50
De la luminaria N° 3	-----	0.50
		1.00 pies-bujias

$$E_C = 1.00 \times 0.77 = 0.77 \text{ pies-bujias}$$

$$\text{Punto A: } E_A = 0.54 \times 10.76 = 5.81 \text{ Luxes}$$

$$\text{Punto B: } E_B = 0.54 \times 10.76 = 5.81 \text{ Luxes}$$

$$\text{Punto C: } E_C = 0.77 \times 10.76 = 8.29 \text{ Luxes}$$

Como el factor de uniformidad es la relación entre la iluminación media y la mínima en una superficie determinada tenemos:

$$\text{Nivel de uniformidad} = \frac{15}{5.81} = 2.58 : 1$$

La cual es aceptable ya que está abajo de la máxima tolerable que es de 3 : 1.

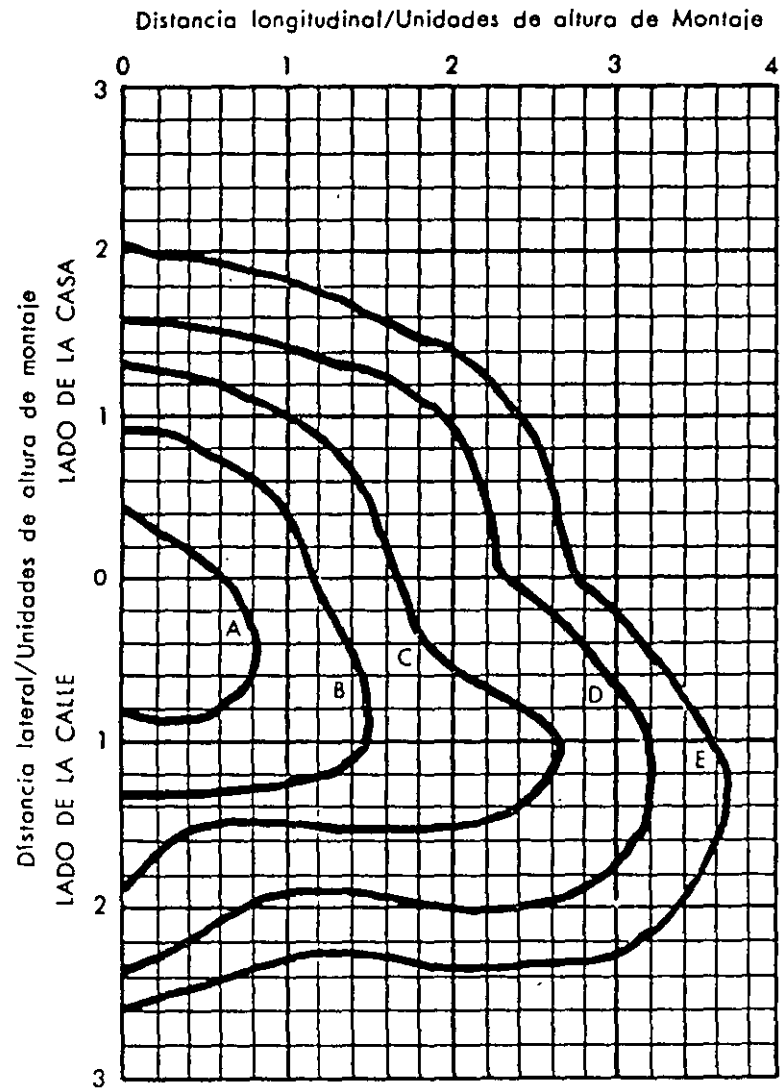
**NIVELES DE ILUMINACION DEBIDO
A LUMINARIOS 1,2,y 3.**

PUNTO	DISTANCIA LONGITUDINAL* (m)	DISTANCIA TRANSVERSAL (m)	NIVEL DE ILUMINACION (lux)
A	40	0	5.81
B	60	0	5.81
C	60	7.625	8.29

* Punto de referencia : luminario 1.

Nota: No se consideró en éste ejemplo el factor de depreciación de la superficie del reflector, de contaminación del ambiente y de montandad.

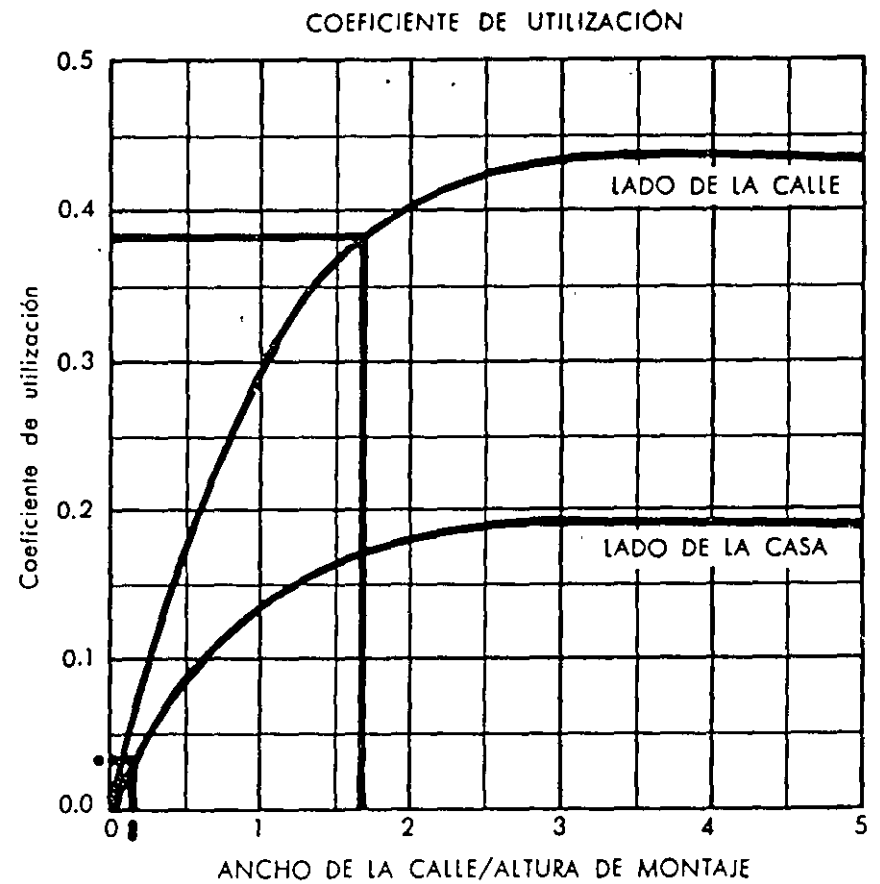
DIAGRAMA ISO FOOTCANDLE
(CURVAS ISOLUX)



Catalogo No. ASL-2LEC2-B

Lámpara: 250 Watts, Sodio Alta Presión, 30 000 lúmenes nominales

Clasificación IES: Tipo III, Medio, Cutoff

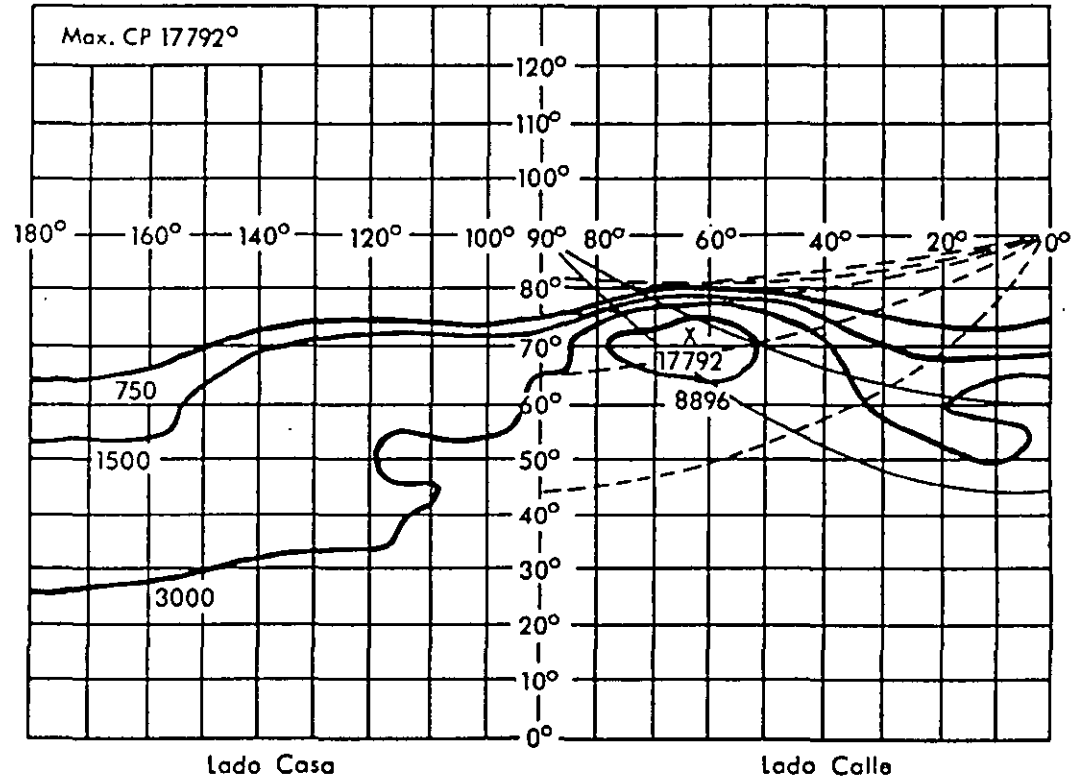


A	Valores/Pie-Bujía				Altura de montaje (pies)
	B	C	D	E	
6.75	2.25	1.13	0.45	0.23	20'
4.32	1.44	0.72	0.29	0.14	25'
3.00	1.00	0.50	0.20	0.10	30'
2.14	0.73	0.37	0.15	0.07	35'
1.68	0.56	0.28	0.11	0.06	40'

Distribución de Flujo luminoso

Zona	Lúmenes	% de Lámpara
Haz Inferior Lado Calle	12 928	43.1
Haz Inferior Lado Casa	5 665	18.9
Haz Inferior Total	18 593	62.0
Haz Superior Lado Calle	0	0
Haz Superior Lado Casa	0	0
Haz Superior Total	0	0
Flujo Total	18 593	62.0

DIAGRAMA ISO CANDELA



TRL Punteado estándar A: 1.0 MH, 2.25, MH, 3.75 MH, 6.0 MH, y 8.0 MH

LRL Llano estándar A: 1.0 MH, 1.75 MH, y 2.75 MH

Cortesía de Crouse-Hinds Domex, S. A. de C. V.

Ejemplo N° 2

Tomando en consideración el criterio de luminancia a partir de los niveles de iluminación y el tipo de carpeta empleada procedemos a resolver el siguiente ejemplo:

Luminario del tipo Semicut-off
 Altura de montaje = 12 m.
 Ancho del arroyo = 10 m.
 Distancia interpostal = 40 m.

Flujo luminoso = $\phi = 47\ 000$ (Lámpara de sodio alta presión)
 Coeficiente de reflexión para el asfalto = 18 = R
 Saliente del brazo = 0.60 m.

Se desea determinar el valor de luminancia promedio de ésta instalación.

$$\frac{10 - 0.60}{12} = 0.78 \implies Fu_1 = 0.51$$

$$\frac{0.60}{12} = 0.05 \implies Fu_2 = 0.05$$

$$Fu_t = 0.51 + 0.05 = 0.56$$

$$\text{Iluminación inicial} = \frac{\phi \times Fu_t}{\text{Espaciamiento entre luminarias} \times \text{Ancho de la calle}}$$

$$e = \frac{47000 \times 0.56}{40 \times 10} = 65.80 \text{ Luxes}$$

Como la luminancia de la arteria depende del flujo luminoso reflejado por su superficie en dirección del observador tenemos:

$$\text{Nivel de luminancia} = \frac{\text{Iluminación inicial}}{\text{Coef. de reflexión del asfalto.}}$$

$$L = \frac{E_i}{R} = \frac{65.80}{18} = 3.66 \text{ cd/m}^2$$

También podemos calcular el nivel de luminancia en la siguiente forma;

$$L = \frac{EP}{\pi} \text{ cd/m}^2 \quad \text{en donde}$$

E = Iluminación de luxes

P = Factor de reflexión del revestimiento de la calle.

P = De 0.15 a 0.25 para pavimentos claros.
De 0.05 a 0.15 para pavimentos oscuros.

$$L = \frac{65.80 \times 0.15}{3.1416} = 3.14 \text{ cd/m}^2$$

El valor de luminancia inicial se deberá ,ultiplicar por el factor de conservación (ya se vió que son dos factores) para obtener el valor de la luminancia promedio.

FACTOR DE CONSERVACION DEL FLUJO LUMINOSO

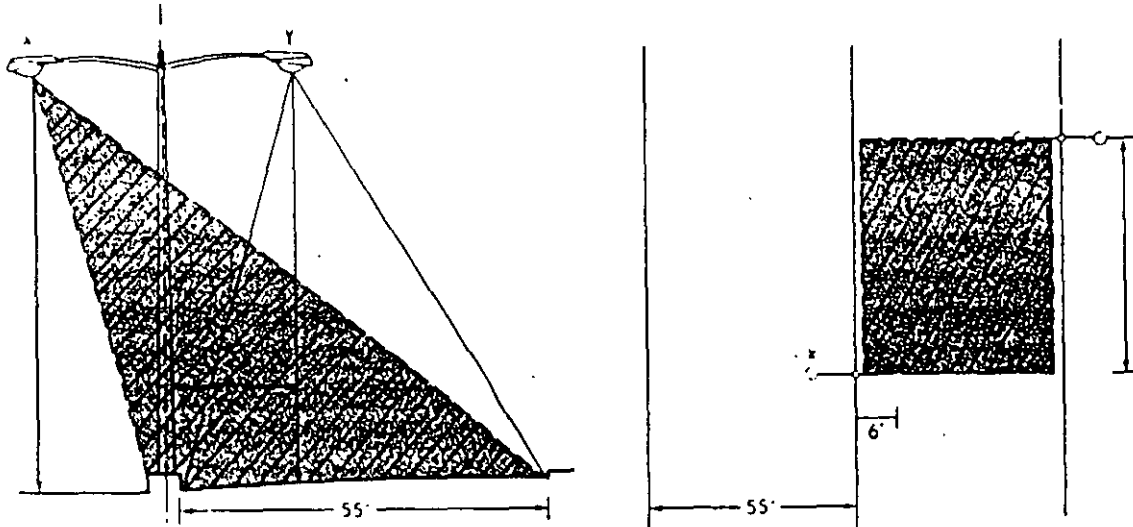
TIPO DE LAMPARA	FACTOR
Mercurio alta presión	0.85
Sodio alta presión	0.90
Sodio baja presión	0.90

$$L \text{ promedio} = 3.66 \times 0.85 \times 0.85 \times 0.8 = 2.49 \text{ cd/m}^2$$

Como se puede observar éste valor se está dentro de los límites que recomienda el CIE para vías rápidas y luminarias semi cut-off.

Ejemplo N° 3

Problema



$E = 2 \text{ ft-C}$ (Nivel de iluminación)
 Uniformidad = 3:1
 Lámpara: Vapor de mercurio
 Capacidad: 400 W. 20500 lumenes
 Altura de montaje: 30°
 Luminaria: IES Tipo III
 Saliente del brazo: 6'
 Ancho de la vía: 55'
 Arreglo de luminarias: en tresbolillo
 Determinar: Espaciamiento

I) Relación lado calle: = $\frac{\text{Ancho sección-saliente brazo}}{\text{altura de montaje}}$
 (o anterior)

$$\frac{55 - 6}{30} = \frac{49}{30} = 1.63 \implies 0.50$$

$$\text{II) Relación lado casa: } \frac{6}{30} = 0.2 \implies 0.05$$

(o posterior)

$$\text{CUy} = 0.50 + 0.05 = 0.55$$

b) En éste ejemplo la unidad x contribuye con luz a la sección considerada por lo que respecta a CU del lado de la casa.

$$\text{Relación lado casa} = \frac{\text{Ancho de la sección} + \text{saliente brazo}}{\text{altura de montaje}}$$

(o posterior)

$$= \frac{55 + 6}{30} = \frac{61}{30} = 2.03 \implies 0.19$$

Pero como los primeros 6' de la longitud considerada no caen dentro de la sección en estudio, entonces el C.U. correspondiente debe ser restado al ya calculado de 0.19:

$$\text{Relación lado casa (Luminaria X)} \\ \text{fuera de la sección dada} = \frac{6}{30} = 0.2 \implies 0.05$$

$$\text{CUx} = 0.19 - 0.05 = .14$$

De donde el coeficiente de utilización será:

$$\text{CUy} + \text{CUx} = 0.55 + 0.14 = 0.69$$

$$\begin{aligned} \text{Espaciamiento entre} \\ \text{Luminarias} &= \frac{(20\ 500) (0.69) (0.80) (0.85) (0.95)}{2 \times 55} \\ &= \frac{9137.67}{110} = 83.07' \end{aligned}$$

$$l = 83.07 \times 0.305 = 25.34 \text{ m.}$$

$$E = 2 \text{ ft-c} = 2 \times 10.76 = \underline{21,52 \text{ luxes}}$$

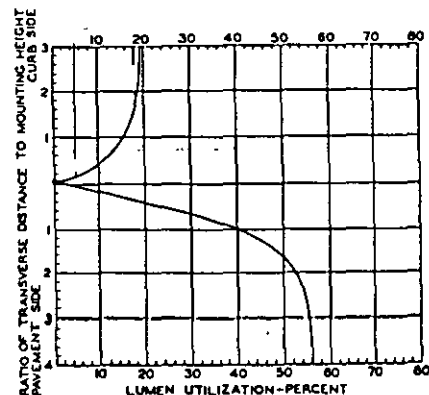
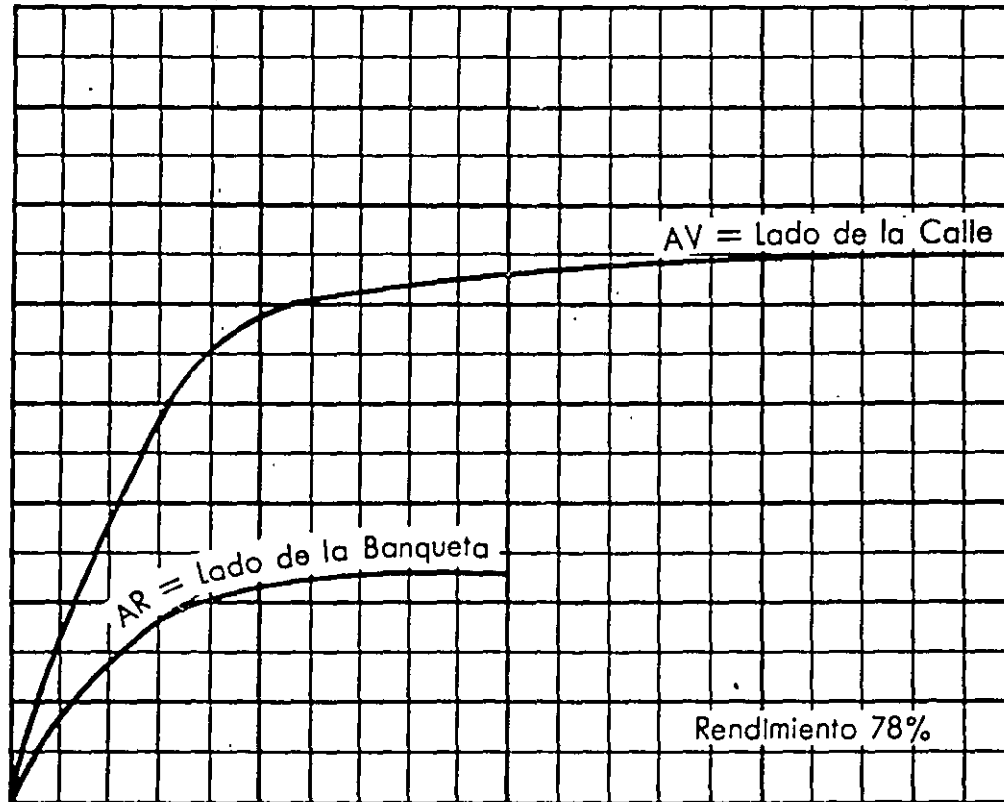


Figure 4 - Utilization Curve

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

NOTA: Para luminarias cerradas el coeficiente es de 0.90



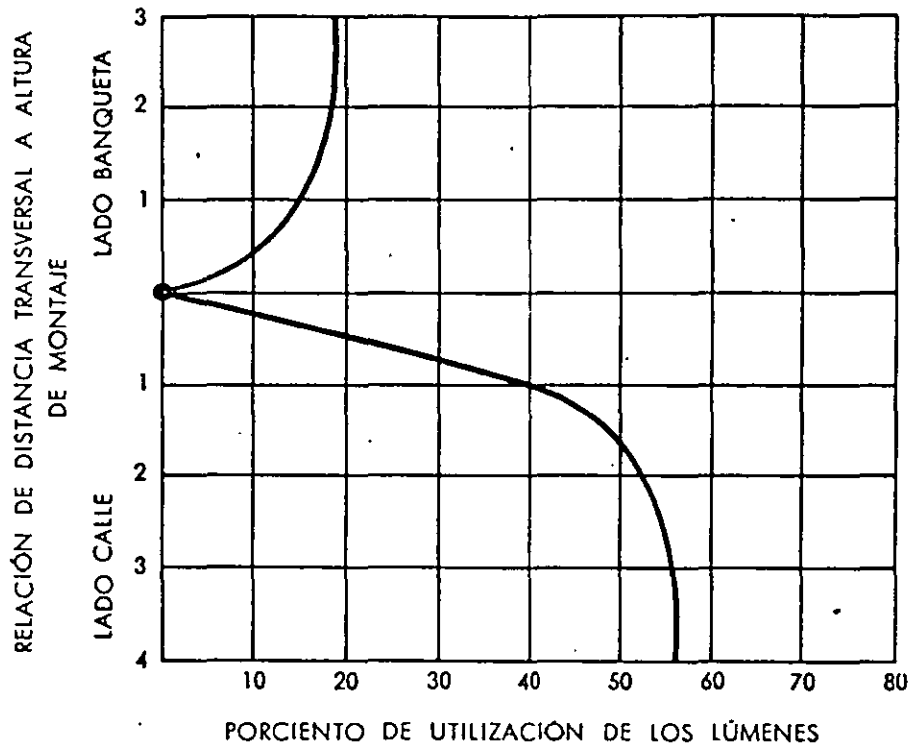
Luminaria

Inclinación: 10%

Fuente: Sodio Alta Presión

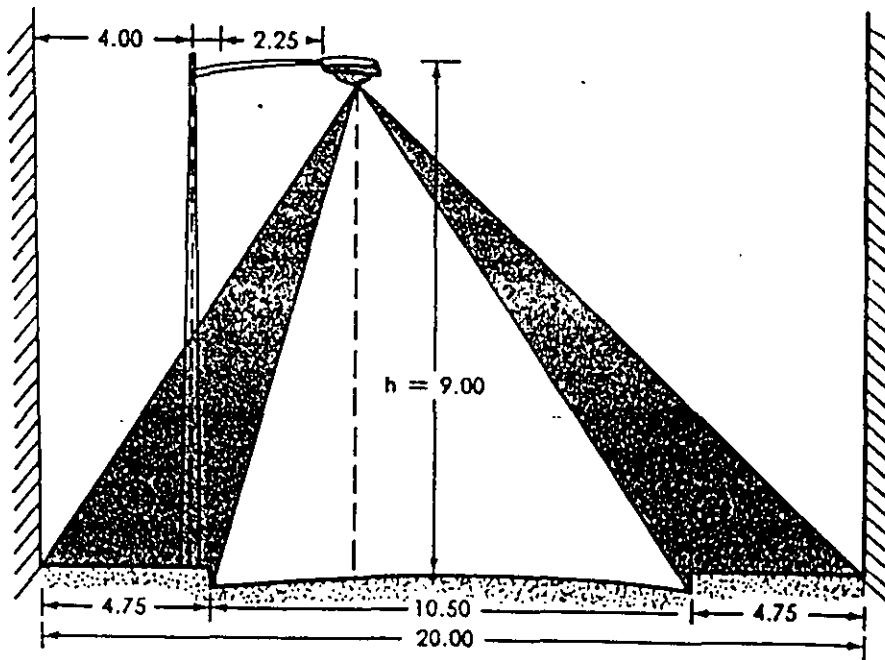
Lámpara: 400 Watts

47 000 lúmenes



Ejemplo N°4

Problema .



Datos.

Unidades semi cut-off sin cubierta

Arreglo unilateral

Brazo de 2.50 m. de longitud

Altura de montaje de 9m.

De acuerdo con el revestimiento de las banquetas $R = 13$

Espaciamiento de 32 m.

Nivel promedio de la luminancia requerido en la superficie del arroyo = 1.5 cd/m^2

Determinar el tipo de lámpara y niveles promedio de iluminación en las banquetas.

Sabemos que:

$$R = \frac{E}{L} \quad E = L \times R = 1.5 \times 13 = 19.5 \quad 20 \text{ Luxes.}$$

Coefficientes de utilización:

$$\text{Lado casa: } \frac{2.25}{9} = 0.25 \implies 6\%$$

$$\text{Lado calle: } \frac{8.25}{9} = 0.92 \implies 27\%$$

$$CU = 6 + 27 = 33\% = \underline{0.33}$$

El flujo de la lámpara necesaria para alumbrar la superficie del arroyo será:

$$\begin{aligned} E &= \frac{\phi \cdot cu \cdot f.c.}{10.50 \times 32} = \frac{25500 \times 0.33 \times 0.78 \times 0.95}{10.50 \times 32} = \\ &= \frac{6235.52}{336} = \underline{\underline{18.56 \text{ Luxes}}} \end{aligned}$$

$$fc_1 = 0.87$$

$$fc_2 = 0.9 \quad fc = 0.87 \times 0.9 = 0,783.$$

Factor de contaminación de la atmósfera = 0.95

	LUMINARIA	
	ABIERTA	CERRADA
ATMOSFERA CONTAMINADA	0.65	0.70
ATMOSFERA NO CONTAMINADA	0.90	0.95

$$L = \frac{E_m}{R} = \frac{18.56}{13} = 1.43 \text{ cd/m}^2$$

Sin considerar el F de contaminación: $\frac{1.43}{0.95} = 1.51 \text{ cd/m}^2$

Como deseamos obtener el nivel de iluminación promedio en las banquetas seguimos el procedimiento como se indica:

Banqueta detrás de luminaria:

$$\frac{2.25 + 4.75}{9} = \frac{7}{9} \cdot 0.78 \text{ f F.u.} = 0.15$$

Pero a ese valor hay que restarle el valor ya calculado del lado de la casa del cálculo anterior o sea: $\frac{2.25}{9} = 0.25$ --- 6%

$$f_{u_{bl}} = 15 - 6 = 9\%$$

Para la banqueta enfrente de la luminaria:

$$\frac{8.25 + 4.75}{9.00} = \frac{13}{9} = 1.44 \text{ y } f_u = 0.35$$

Pero también a esto hay que restarle el valor ya calculado del lado del arroyo del cálculo anterior o sea: $\frac{8.25}{9.00} = 0.92 \text{ -- } 27\%$

$$fu_{b2} = 35 - 27 = 8\%$$

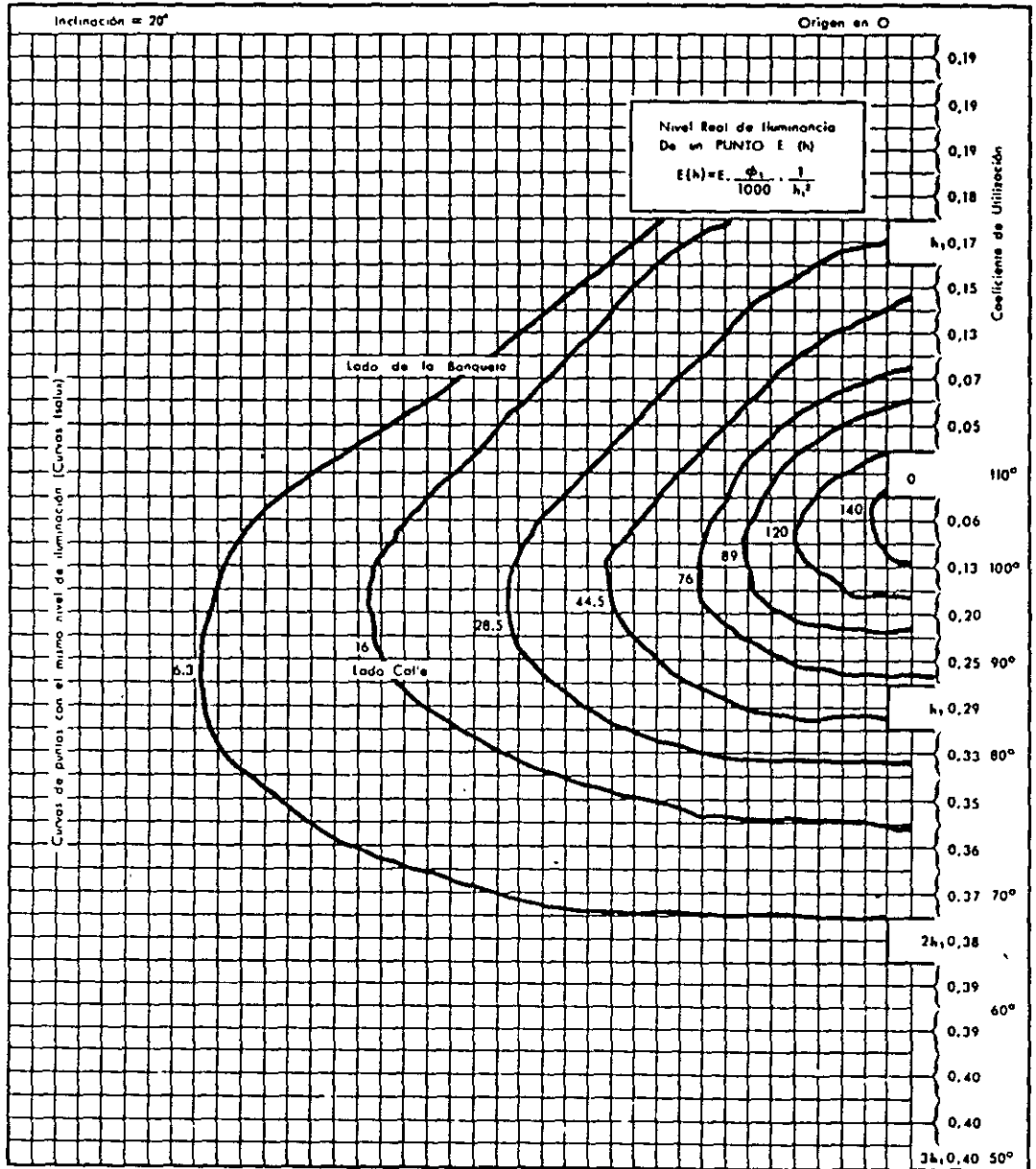
De lo anterior podemos ya calcular nuestros niveles de iluminación en las banquetas:

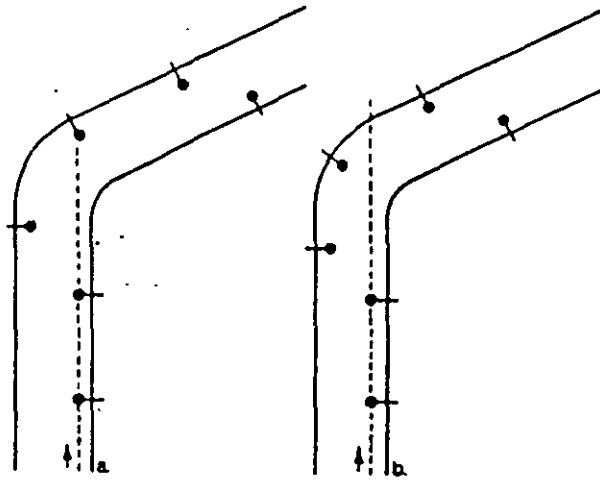
$$Eb1 = \frac{\phi \cdot fu_{b1} \cdot fc}{A} = \frac{25500 \times 0.09 \times 0.78}{4.75 \times 32} = \frac{1790.10}{152}$$

$$E_{b1} = 11.78 \text{ Luxes.}$$

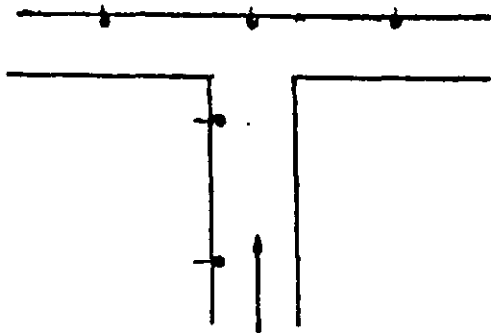
$$E_{b2} = \frac{25500 \times 0.08 \times 0.78}{4.75 \times 32} = \frac{1591}{152} = 10.47$$

$$E_{b2} = 10.47 \text{ Luxes.}$$

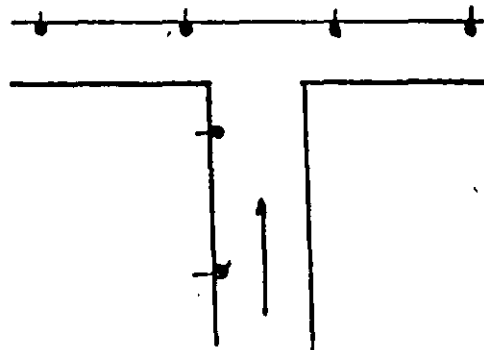




Situación peligrosa creada por la mala colocación de un luminario. El poste instalado en la curva queda en la misma línea con los otros dos situados en la acera recta y produce una impresión de que continúa el arroyo (a). En el dibujo (b) se coloca correctamente y no produce confusión.



Localización inadecuada de una luminaria ((Hostiga al conductor del vehículo)

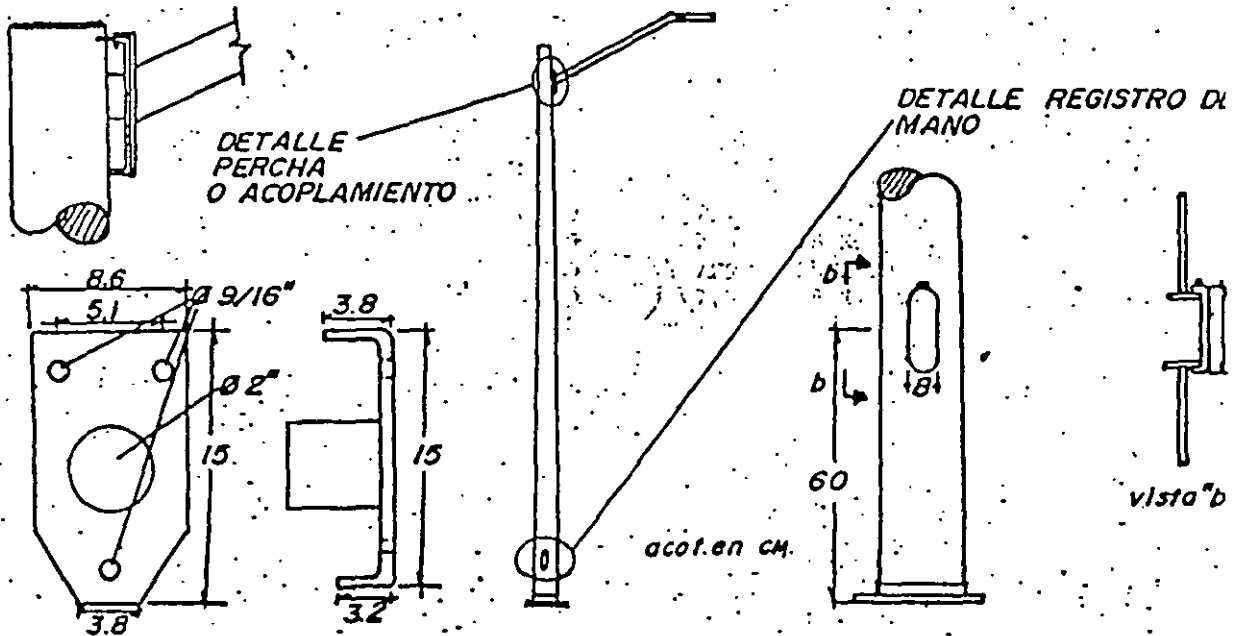


Localización correcta

POSTE CHURUBUSCO CON BRAZO SENCILLO *

ESPECIFICACIONES GENERALES.- FABRICADO CON LAMINA CALIBRE 11, LLEVANDO UN ACOPLAMIENTO PARA EL BRAZO DE TUBO RECTO EN SU EXTREMO SUPERIOR Y UN REGISTRO DE MANO A 60 CM DEL EXTREMO INFERIOR.

No. CATALOGO	ALTURA DE CARA (M)	ALTURA DE MONTAJE (M)	DIAMETRO DE LA BASE (CM)	DIAMETRO DE LA CORONA (CM)	DIMENSION DE PLACA DE BASE (CUADRADA) (CM)	ESPESOR DE LA PLACA DE BASE (CM)	DISTANCIA ENTRE CENTROS AGUJEROS (CM)
PCH- 5.00/CBS	5.00	6.00	14.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 6.00/CBS	6.00	7.00	16.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 6.50/CBS	6.50	7.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 7.00/CBS	7.00	8.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 7.50/CBS	7.50	8.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 8.00/CBS	8.00	9.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 8.50/CBS	8.50	9.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 9.00/CBS	9.00	10.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH- 9.50/CBS	9.50	10.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH-10.00/CBS	10.00	11.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH-10.50/CBS	10.50	11.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH-11.00/CBS	11.00	12.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH-11.50/CBS	11.50	12.50	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0
PCH-12.00/CBS	12.00	13.00	18.0	7.5	28 X 28	1.27	19.0



* Cortesia de Tubo y Postes S.A

**TERMINOLOGIA BASICA PARA EL
ALUMBRADO URBANO**

LAMPARA: Fuente luminosa artificial.

LUMINARIO: Dispositivo que distribuye o dirige la luz que produce la fuente luminosa y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas fuentes lumínicas y para conectarlos al circuito de alimentación.

POSTE: Elementos de concreto, metal o madera empleado para sostener al luminario y facilitar la alimentación eléctrica al mismo.

BALASTRO: Dispositivo que se utiliza en las lámparas de descarga y que proporciona los parámetros apropiados para su correcto arranque y operación.

FOTOCELDA: Dispositivo que controla el encendido y apagado de las lámparas. También se le conoce como celda fotoeléctrica y fotocontrol.

CONTACTOR : Dispositivo eléctrico que permite mediante el cierre de sus contactos la energización de una o más lámparas cuando una fotocelda o reloj hace pasar una corriente eléctrica a través de su bobina de operación.

PUNTO DE ALIMENTACION: Es el lugar en donde el circuito de alumbrado público recibe la energía eléctrica de la compañía suministradora.

CIRCUITO: Conjunto de lámparas con sus correspondientes postes luminarios y demás accesorios, que está alimentado por una sola conexión a las líneas de distribución de la Cia. suministradora.

REFRACTOR: Dispositivo que sirve para distribuir el flujo luminoso de una lámpara.

ALTURA DE MONTAJE: Es la distancia vertical entre la superficie del arroyo y el centro de la fuente de luz en el luminario.

BRAZO: Es la ménsula colocada al poste que sostiene a la luminaria.

ESPACIAMIENTO: Distancia entre dos unidades luminosas inmediatas y medida en el eje longitudinal de la calle.

FACTOR DE UNIFORMIDAD: Es la relación entre la iluminación mínima y la iluminación media sobre una superficie.

EFICIENCIA DE UN LUMINARIO: Es la relación del flujo emitido por el luminario y el emitido por la lámpara.

FACTOR DE DEPRECIACION: Relación de la iluminación que proporciona una instalación después de un período de uso y aquella que proporciona la instalación nueva.

Medidas y recomendaciones de ahorro de energía en los sistemas de alumbrado público emitidas por el fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE).

EL FIDE, es un organismo de carácter privado no lucrativo, creado para promover e inducir con acciones y resultados concretos, el ahorro de energía eléctrica, entre los usuarios del servicio eléctrico. Tiene como objetivos el apoyar la ejecución de proyectos que permitan demostrar las ventajas del ahorro y uso racional de la energía eléctrica en la industria, comercio y servicios, así como asesorar e incidir en los hábitos de consumos eléctricos de la población.

Coordinación de servicios municipales.

Dentro de la importante labor de esta coordinación del FIDE, se brinda asesoría y financiamiento para hacer eficiente el consumo eléctrico en sistemas de alumbrado público municipal y bombeo de agua potable o residencial.

Dado el alto consumo de energía eléctrica para alumbrado municipal y bombeo, el FIDE ha establecido programas para:

- Orientar la obtención de créditos para proyectos de eficiencia eléctrica.
- Realizar diagnósticos energéticos.
- Financiar proyectos demostrativos con la firma de convenios FIDE- Municipios- CFE.
- Proporcionar información sobre proveedores, distribuidores, contratistas y empresas consultoras.
- Estimular la interacción con autoridades.

El PAESE, sirve de enlace al FIDE y a los usuarios con las autoridades y funcionarios de las gerencias divisionales en cada región.

A manera de antecedente el FIDE, al mes de noviembre de 1997 informo tener 93 proyectos demostrativos concertados de ahorro de energía en alumbrado público en la republica mexicana.

Juan Francisco Almaguer R.

INGENIERO ELECTRICISTA

CAIDA DE TENSION

Para hacer una leve introducción de lo que representa la caída de tensión en un circuito eléctrico, comenzaremos por recordar algunos principios básicos y conceptos fundamentales, cuando circula una corriente eléctrica a través de un conductor siempre tendrá que vencer una resistencia eléctrica que se le va presentando a su paso, esta resistencia es directamente proporcional a la distancia por recorrer, es decir a mayor distancia mayor será la resistencia, ya sea para un circuito trifásico o monofásico.

Esta situación se puede comparar a un circuito de agua, la cual circula a través de una tubería a cierta presión, a la entrada la presión es grande, pero a la salida ya disminuyó mucho debido a que en su recorrido, la tubería por mas lisa que esté, de cualquier manera representa una fricción que el agua tiene que vencer.

Este fenómeno eléctrico se puede comprobar fácilmente, cuando medimos la tensión en el tablero de distribución o en el interruptor general de un alumbrado público y la comparamos con la tensión que están recibiendo la luminarias notándose que es menor que la inicial y mucho menor cuando nos alejamos del centro de control.

Para poder calcularlo tenemos que apoyarnos en dos fórmulas fundamentales:

La ley de ohm

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow e = RI$$

I = corriente eléctrica V = tensión aplicada R = resistencia e = caída de tensión

La corriente que circula por un conductor, es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a su resistencia.

Concepto de resistividad

$$R = \rho L / a$$

R = resistencia L = a su longitud a = sección o área ρ = resistividad del material

La resistividad de un conductor, es directamente proporcional a la resistividad del mismo, y a su longitud, e inversamente proporcional a su sección o área. siendo la resistividad del cobre de $0.0175 \Omega \text{ mm} / \text{m}$ una propiedad del material.

Normativamente, únicamente se debe aceptar un 3% como caída de tensión máxima en un circuito eléctrico, con el objeto de que las luminarias o equipos conectados a el funcionen satisfactoriamente.

Por ejemplo si se conectaran a:

127 volts se aceptan 123 volts mínimo
220 volts se aceptan 213 volts mínimo

CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

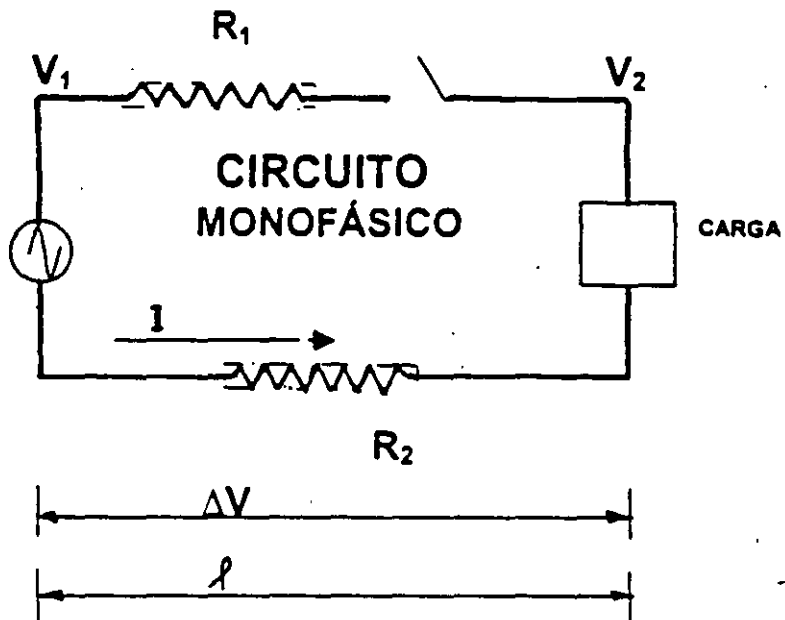
$$\Delta V = RI = \rho \frac{l}{s} I$$

Pero $R_1 = R_2$

$$\Delta V = 2 \rho \frac{l}{s} I$$

Si V_1 ----- 100 %
 ΔV ----- e %

$$\rho_{20^\circ} = 0.0175 \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \text{CONSTANTE}$$



En función de la tensión inicial

$$e \% = \frac{100 \Delta V}{V_1}$$

$$= 100 \times 2 \times 0.00175 \frac{l I}{V_1 s}$$

$$e \% = \frac{3.5 l I}{V_1 s}$$

Juan Francisco Almaguer R.

INGENIERO ELECTRICISTA

Cuando proyectamos un sistema de alumbrado por ejemplo para una avenida y al calcular el conductor por capacidad de conducción, no nos responde por caída de tensión, lo que procede es despejar de la fórmula antes mencionada, la sección o área y aplicar los demás parámetros hasta recalcularla.

$$S = \frac{3.5 L I}{V e \%}$$

Y de esta manera corregir la sección del conductor para que cumpla con la norma

Para poner a prueba los conceptos vertidos, se me ocurre proponer un ejemplo para el uso de los mismos y apoyarnos con las fórmulas propuestas.

En un kilómetro de avenida, instalarán 20 luminarias vapor de sodio de 400 watts a 220 volts, calcular el calibre del conductor de tal forma que pase la norma del 3% de caída de tensión, es decir que por lo menos la mas alejada reciba 213 volts.

Primero tenemos que calcular la carga total y por consiguiente su corriente:

$$\text{Potencia} = V \cdot I \cdot \cos. \varphi \cdot \eta \Rightarrow$$

$$I = 400 / 220 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 2.5 \text{ amps/lamp.}$$

$$\text{Para las 20 lamparas } I = 20 \cdot 2.5 = 50 \text{ amps.}$$

De conformidad con las tablas para un conductor a 90°C su sección es 8.367 mm² (8)

Pero en un km. de distancia hay una gran caída de tensión.

$$\text{Aplicando la fórmula } e\% = 3.5 \times 500 \times 50 / 220 \times 8.367 = 47.5\% \text{ atísima}$$

$$\text{Recalculando } S = 3.5 \times 500 \times 25 / 220 \times 3 = 66.29 \text{ mm}^2$$

Seleccionando en la tabla 310-13 de la norma la sección mas próxima a lo calculado resulta ser 67.43 mm² (2/0) AWG

Para la selección se tomo únicamente la mitad de la distancia total y la mitad de la corriente total porque allí se encuentra el centro de gravedad.

COMPROBACION DE LA PROPUESTA DE CA CAIDA DE TENSION

DISTANCIA	CORRIENTE	e %
50	50	0.589
100	47.5	1.121
150	45.0	1.592
200	42.5	2.005
250	40.0	2.359
300	37.5	2.654
350	35.0	2.889
400	32.5	3.066
450	30.0	3.184
500	27.5	3.243
550	25.0	3.243
600	22.5	3.184
650	20.0	3.066
700	17.5	2.889
750	15.0	2.654
800	12.5	2.359
850	10.0	2.005
900	7.5	1.592
950	5.0	1.121
1000	2.5	0.589

Para cada uno de los cálculos de la tabla se utilizó la fórmula de la caída de tensión e%

Pero por facilidad se redujo a:

$$e\% = 0.00023593489 \times L \times I$$

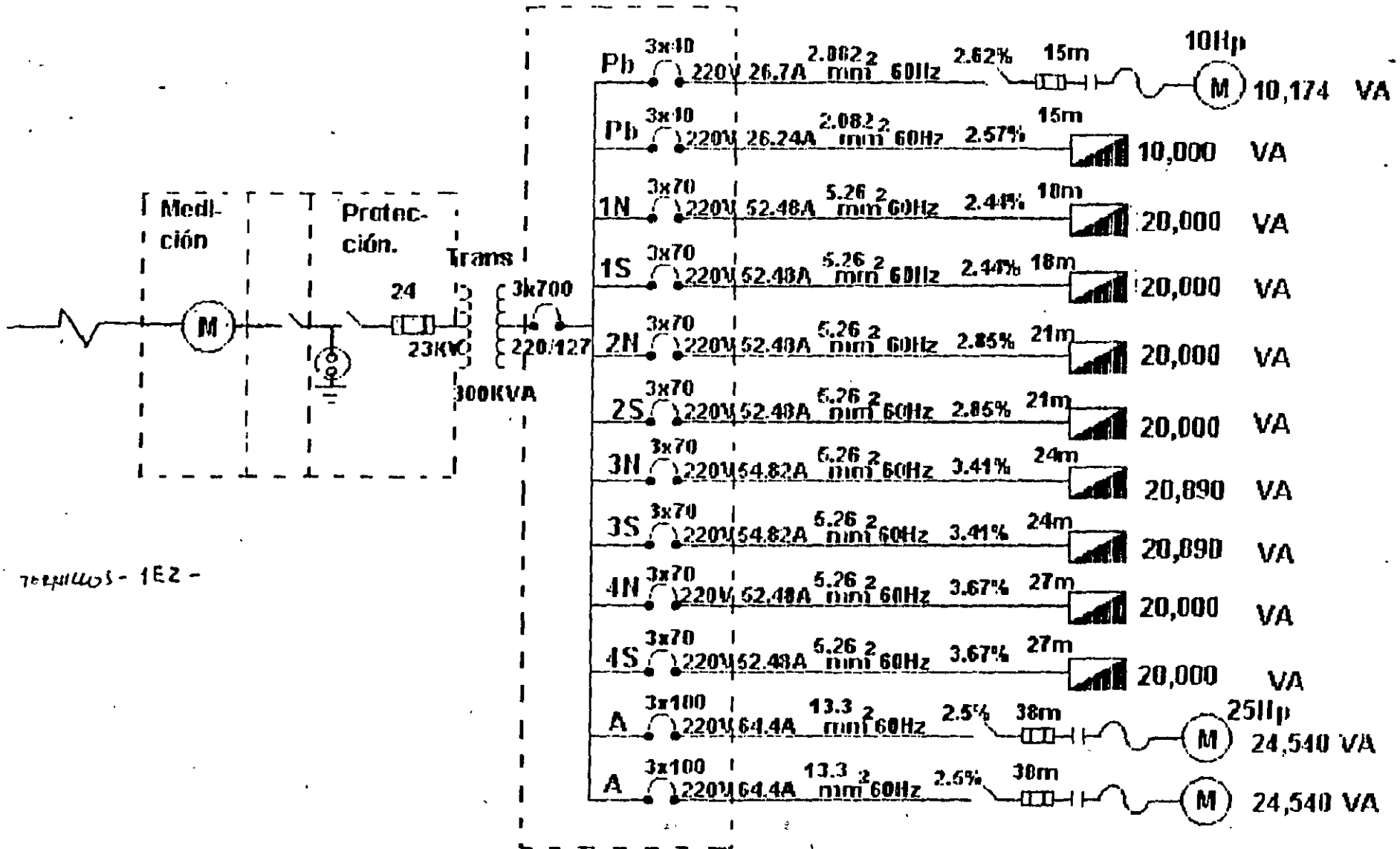
al revisar cada uno de ellos se nota que al llegar a la mitad se encuentra el mayor e inclusive se repite para nuestro caso dio 3.243% que puede ser tolerable.

Pero si quisiéramos no sobrepasar el 3% lo único que debemos hacer es cablear con un calibre mayor.

Es decir con 85.01mm² (3/0) AWG

Comprobando con la fórmula para el caso mas extremo:

$$e\% = 3.5 \times 500 \times 27.5 / 220 \times 85.01 = 2.57\% \text{ para la mayor}$$



70411405-1E2-

Area de la sección transversal mm ² (AWG -kCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS, FEP* FEPB*, RHH* RHW-2, THW-2 THHW* THHW-LS, TT THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS RHH*, RHW-2 THW-2, THHW* THHW-LS THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2
0.8235 (18)	....	....	14	....	....	....
1.307 (16)	....	....	18	....	....	....
2.082 (14)	20*	20*	25*	....	....	....
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
53.48 (1/0)	125	150	170	100	120	135
67.43 (2/0)	145	175	195	115	135	150
85.01 (3/0)	165	200	225	130	155	175
107.2 (4/0)	195	230	260	150	180	205
126.7 (250)	215	255	290	170	205	230
152.0 (300)	240	285	320	190	230	255
177.3 (350)	260	310	350	210	250	280
202.7 (400)	280	335	380	225	270	305
253.4 (500)	320	380	430	260	310	350
304.0 (600)	355	420	475	285	340	385
380.0 (750)	400	475	535	320	385	435
506.7 (1 000)	455	545	615	375	445	500

Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V, 60 °C a No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C

Area de la sección transversal mm ² (AWG -kCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS, FEP* FEPB*, RHH* RHW-2, THW-2 THHW* THHW-LS, TT THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS RHH*, RHW-2 THW-2, THHW* THHW-LS THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2
C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0.8235 (18)	....	....	14	....	....	....
1.307 (16)	....	....	18	....	....	....
2.082 (14)	20*	20*	25*	....	....	....
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
(1/0)	125	150	170	100	120	135
6. (2/0)	145	175	195	115	135	150
85.01 (3/0)	165	200	225	130	155	175
107.2 (4/0)	195	230	260	150	180	205
126.7 (250)	215	255	290	170	205	230
152.0 (300)	240	285	320	190	230	255
177.3 (350)	260	310	350	210	250	280
222 (400)	280	335	280	225	270	305
257 (500)	320	380	430	260	310	350
(600)	355	420	475	285	340	385
350.0 (750)	400	475	535	320	385	435
506.7 (1 000)	455	545	615	375	445	500

Factores de corrección

... las capacidades de corriente de la tabla

Tabla 430.150 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

kW	(C.P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A)		
		220 V	440 V	2 400 V	220 V	440 V	2 400 V
.373 466	(1/2)	2.1	1.0				
.560 760	(3/4)	2.5	1.5				
.746	(1)	3.8	1.9				
1.119	(1 1/2)	5.4	2.7				
1.49	(2)	7.1	3.6				
2.23	(3)	10.0	5.0				
3.73	(5)	15.9	7.9				
5.60	(7 1/2)	23.0	11.0				
7.46	(10)	29.0	15.0				
11.19	(15)	44.0	22.0				
14.92	(20)	56.0	28.0				
18.65	(25)	71.0	36.0		54	27	
22.38	(30)	84.0	42.0		65	33	
29.84	(40)	109.0	54.0		86	43	
37.3	(50)	136.0	68.0		108	54	
44.76	(60)	161.0	80.0	15	128	64	11
55.95	(75)	201.0	100.0	19	161	81	14
74.60	(100)	259.0	130.0	25	211	106	19
93.25	(125)	326.0	163.0	30	264	132	24
119.90	(150)	376.0	188.0	35	-	158	29
149.20	(200)	502.0	251.0	47	-	210	38

1-3275
191227

a tierra p. analizaciones y equipos

<i>Capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. No mayor en amperes</i>	<i>Sección transversal Cobre</i>		<i>Sección transversal Aluminio</i>	
	<i>mm²</i>	<i>AWG KMC</i>	<i>mm²</i>	<i>AWG KCM</i>
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1/0
600	42.41	1	67.43	2/0
800	53.48	1/0	85.01	3/0
1000	67.43	12/0	107.2	4/0
1200	85.01	3/0	126.7	250

Tabla 3A. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10)

Tipo	Área de la sección transversal del conductor mm ² (AWG)		Diámetro nominal del tubo mm											
			13	19	25	32	38	51	63	76	89	102	127	152
THW	2.082	(14)	9	15	25	4	60	99	142					
THW-LS	3.307	(12)	7	12	19	35	47	78	111	171				
THHW	5.260	(10)	5	9	15	26	36	60	85	131	176			
XHHW	8.367	(8)	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108		
RHW	2.082	(14)	6	10	16	29	40	65	93	143	192			
RHH	3.307	(12)	4	8	13	24	32	53	76	117	157			
	5.260	(10)	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163		
	8.367	(8)	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	133	
THW	13.30	(6)	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	97	141
THW-LS	21.15	(4)	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	73	106
	33.62	(2)	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	54	78
	53.48	(1/0)		1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	49
THHW	67.43	(2/0)		1	1	1	3	5	7	10	14	18	29	41
	85.01	(3/0)		1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35
	107.20	(4/0)			1	1	1	3	5	7	10	13	20	29
RHW y RHH (Sin cubierta)	126.70	(250)			1	1	1	2	4	6	8	10	16	23
	152.00	(300)			1	1	1	2	3	5	7	9	14	20
	177.30	(350)				1	1	1	3	4	6	8	12	18
	202.70	(400)				1	1	1	2	4	5	7	11	16
	253.40	(500)				1	1	1	1	3	4	6	9	14
	380.00	(750)					1	1	1	2	3	4	6	9

Nota. Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico normal.

*SEGURIDAD
EN
LA CONSTRUCCIÓN,
MONTAJES Y MANTENIMIENTO
DEL ALUMBRADO PÚBLICO.*

1.- Marco de referencia e importancia de la seguridad en alumbrado público.

El concepto de seguridad va orientado, efectivamente, a detectar las posibles causas de accidentes, y a encontrar alternativas de prevención, así como a establecer métodos prácticos, aplicables al cuidado del personal que participa en el proceso de la construcción, montaje y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público, la importancia del tema, radica en el cuidado de la integridad física del cuerpo de los trabajadores que son quienes conciben, proyectan, contribuyen, dan mantenimiento y aportan su carga de creatividad para brindar a la comunidad el satisfactor llamado iluminación, siendo en si el ser humano lo mas importante en todo el proceso del servicio urbano del alumbrado público.

2.-Exposición a riesgos.

En general todo cuerpo humano esta expuesto en un momento dado.

Así tenemos que ante la cercanía de las líneas de mediana tensión, por ejemplo en 23 Kv, se corre el riesgo de electrocución por descuido, que expone en este caso todo el cuerpo.

Si se trabaja en líneas de baja tensión, en 220 V o 127 V, con línea viva, se pueden sufrir daños en manos o provocar daños mayores sobre todo que se labora en la altura.

Cualquier esfuerzo que se haga en pro de la seguridad, cualquier recurso que se dedique y cualquier tiempo aportado al tema de la cultura de seguridad bien valen la pena; conservar la salud e integridad de las personas.

SELECCIÓN ADECUADA DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Después de haber establecido la necesidad de usar equipo de protección personal. El profesional en seguridad para hacer la selección correcta del equipo debe de adoptar dos criterios:

1. - *El grado de protección que pueda brindar un equipo en particular, bajo condiciones variables.*
2. - *La comodidad con que se puede usar.*

Para el logro de este objetivo deberán de basarse en las especificaciones aceptables del equipo, y en las garantías del mismo dadas por el fabricante

En consecuencia también con demostraciones de los productos a través de distribuidores, y finalmente en la discusión de adecuación a normas de seguridad.

USO CORRECTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Ya elegido el equipo, los supervisores y encargados de vigilar su uso se preguntarán.

¿Cómo lograr que el personal haga el uso adecuado del equipo?.

Para lograr en primera instancia podría explicarse a los trabajadores que es una obligación demandada por las normas oficiales mexicanas de seguridad e higiene.

Además hay que notar que para lograr el uso del equipo, influyen otros factores y de los cuales nos podemos auxiliar tales son:

- a) La medida en que los trabajadores requieran el equipo y entiendan la necesidad de usarlo.
- b) La desenvoltura y la comodidad con que puede usarse en el trabajo.
- c) La disponibilidad de sanciones económicas, sociales y disciplinarias, que puedan influenciar las actitudes de los trabajadores.

PARA LOGRAR QUE LAS PERSONAS USEN ADECUADAMENTE EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL, SE DEBE DE PARTIR DE DOS PLANOS.

- 1.- Cuando en una organización los trabajadores están acostumbrados a usar el equipo de protección personal como parte de sus condiciones de trabajo.

En este caso se les entrega equipos que satisfagan los requerimientos de sus tareas, y que sean fáciles de usar, por otra parte se les indica como y porque deben de hacer uso de ellos. A partir de ese momento se efectúan controles periódicos hasta que el uso del equipo entregado se convierta en un hábito para los trabajadores.

- 2.- Cuando se entrega por primera vez equipo de protección personal a un grupo de trabajadores o cuando se introduce una nueva clase de equipos.

Se da necesariamente una explicación clara y razonable sobre porque será necesario su uso.. Sin embargo, ante ello surgirá resistencia al cambio de procedimientos, y de ello al uso de equipo por burocracia o vanidad.

PARA VENCER RESISTENCIA AL USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Se puede:

Pedir a los supervisores que prueben los equipos nuevos de protección antes de decidir su adopción, con el fin de que los trabajadores hagan comentarios y discutan las ventajas y desventajas.

Apoyarse con la participación de la comisión de seguridad e higiene del centro de trabajo, para la selección de los equipos adecuados.

La mayoría de las quejas sobre el equipo de protección personal están relacionadas con las incomodidades físicas, casi todos los equipos tienen ciertas características que permiten ajustarlos para adaptarlos mejor a las necesidades individuales. Cada aspecto que pueda afectar la comodidad o el uso correcto, deberá serle explicado minuciosamente al usuario. Ciertas características, como por ejemplo el sellado correcto de un respirador, son críticas para la seguridad y la salud del trabajo.

El supervisor deberá de familiarizarse con todas las características importantes relacionadas con el ajuste perfecto, a fin de ahorrar tiempo y evitar problemas serios.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y LIMPIEZA

La reparación oportuna del equipo de protección personal es un estímulo dentro de un programa de seguridad, ya que muestra al personal que la directiva insiste en contar con un equipo cuando se le dan facilidades para su conservación.

A) Para el buen éxito de un programa de mantenimiento, reparación y limpieza, es esencial tener:

- 1.- Gabinetes de limpieza en puntos claves de la planta de manera que les sea fácil y rápida la limpieza.
Estos gabinetes deben constar de sustancias contra empañamiento, papel especial para limpieza de lentes, un recipiente para papel utilizado desechable y un líquido o limpiador germicida si es posible.

Es muy desagradable utilizar un equipo sucio, también es una fuente de infección. Esta es una condición que de prevalecer puede causar serios trastornos en el programa de seguridad.

- 2.- Un juego de herramientas para la preparación del equipo protector ocular, debe mantenerse en el punto de distribución.

Es de suma importancia tener a una persona (que inclusive pueda ser uno de los obreros), encargada de las reparaciones del equipo, como se les indica a continuación, ya que con una sola vez que esto sea explicado, podrán hacerlo fácilmente en lo sucesivo, puesto que no se requiere ningún conocimiento específico para esta operación.

- 3.- Mantener en existencia un amplio surtido de repuestos para anteojos, mascarillas, cascos, etc., como son cristales, varillas, puentes, bandas, protencines laterales, tornillos, remaches, etc. Este es probablemente uno de los puntos de mayor importancia, pues evita la reposición de equipo completo al romperse un cristal, faltar un tornillo, zafarse una varilla etc.

PROTECCIÓN DE LA CABEZA

Se requiere protección para la cabeza, siempre que esté trabajando donde exista el riesgo de ser lastimado por objetos que se puedan caer, de chocar contra algo o si trabaja cerca de conductores eléctricos, que estén expuestos y que puedan entrar en contacto con su cabeza.

Los cascos

Los cascos están diseñados para protegerlo de impactos y penetraciones si algún objeto llega a golpear su cabeza, lo mismo que de choques eléctricos limitados y quemaduras.

- La superficie del casco esta diseñada para absorber parte del impacto.
- La suspensión, o sea la banda y las cintas dentro del casco, es aún más crítica en cuanto a al absorción del impacto, esta debe ser ajustada de acuerdo al tamaño de su cabeza.
- Los cascos están diseñados para resistir el impacto de un objeto de 4 kilos desde una altura de 1 metro y medio, es decir el equivalente a un martillo de 1 kilo que cae desde una altura de 6 metros sobre su cabeza.
- Los cascos también deben cumplir con otros requisitos tales como peso, inflamabilidad y aislamiento eléctrico.

Tipos de casco

Asegúrese de utilizar el casco apropiado de acuerdo a su trabajo. Hay tres tipos de cascos:

- *Cascos de clase A*, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que puedan caer encima y de choques eléctricos con voltajes de hasta 2,200 voltios.
- *Casco de clase B*, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que le puedan caer encima y de choques eléctricos con voltajes de hasta 20,000 voltios.

- **Casco de clase C**, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que puedan caer encima, pero que no deben ser utilizados cerca de cables eléctricos o en donde existan sustancias corrosivas.

Las personas que deben trabajar en lugares donde los peligros no se pueden eliminar o controlar en su origen, y cuando las ropas comunes de trabajo no brinden una protección suficiente, deberán usar equipos de protección personal, los cuales de ser necesario, deben proteger a la persona desde la cabeza hasta los pies.

A continuación se presentan características y tipos generales de algunos equipos de protección personal.

PROTECCIÓN AUDITIVA

La pérdida de sistema auditivo es una lesión muy común en el trabajo, la cual es ignorada muy a menudo, ya que esta ocurre gradualmente.

Los trabajadores pueden sufrir la pérdida del sistema auditivo debido a que los ruidos elevados pueden causar daño sin causar dolor. El utilizar incorrectamente la protección para los oídos puede ser dañino, como el no utilizar ninguna clase de protección.

Usted necesita proteger sus oídos cuando:

- Los sonidos en su trabajo son irritantes.
- Tiene que levantar la voz para que alguien que esta a menos de un metro de distancia lo pueda escuchar.
- Existen avisos que indican que se requiere protección para los oídos
- Cuando el nivel del sonido alcanza los 85 decibeles o más por un período de 8 hrs.
- Cuando existen intervalos breves de sonido que pueden causarle daño a su sistema auditivo.

Los tapones para los oídos

Los tapones para los oídos ofrecen mayor protección, y los más efectivos son los tapones de espuma que se ajustan a su canal auditivo.

- Para inserta los tapones adecuadamente:
- Presione el tapón con los dedos para disminuir su grosor.
- Colóquelo adecuadamente dentro del canal auditivo
- Este paso será más fácil si jala su oreja hacia atrás y hacia arriba mientras que inserta el tapón.
- Después de haberlo insertado, manténgalo en su lugar con el dedo durante unos segundos para asegurar que se ajuste adecuadamente al expandirse.

Los tapa oídos

Los tapa oídos pueden ser utilizados también como una forma de protección para sus oídos. Estos se ajustan alrededor del oído.

Aunque parezca que los tapa oídos proveen mayor protección que los tapones, su efectividad se ve limitada por el sello que forma alrededor de la oreja.

Las copas de los tapa oídos deben estar hechos de espuma para proveer un buen sellado de las copas.

El utilizar aretes o anteojos con los tapa oídos pueden causar el mismo problema.

Proteccion adecuada

Para asegurar un nivel adecuado de protección, los tapones y tapa oídos, deben ser utilizados simultáneamente. Esto es especialmente importante en lugares extremadamente ruidosos.

PROTECCIÓN OCULAR

Las operaciones industriales crean una gran variedad de peligros para los ojos, por ejemplo, partículas que salen despedidas, salpicaduras de líquidos corrosivos o de metales fundidos, polvos y radiaciones perjudiciales.

Las lesiones de los ojos no sólo son incapacitantes, sino que frecuentemente pueden desfigurar a una persona. El costo de la lesión es muy elevado, tanto para el empleado como para el trabajador.

La mayoría de las lesiones son causadas por objetos que salen despedidos, como partículas provenientes de metales o piedras, clavos, o areniscas abrasivas. La Sociedad Nacional para la Prevención de la Ceguera de los E.U.A., da la siguiente lista sobre las causas principales de lesiones en los ojos:

- Objetos que salen despedidos (especialmente los arrojados por herramientas manuales);
- Ruedas abrasivas (pequeñas partículas despedidas);
- Sustancias corrosivas;
- Rayos nocivos provenientes de la luz o del calor;
- Salpicaduras de metales; y,
- Emanaciones irritantes o gases venenosos.

Tanto el trabajador que usa una herramienta como cualquier otro que esté expuesto a partículas despedidas con fuerza, necesita usar protección visual, especialmente en aquellos trabajos en los que una herramienta de metal de impacto (duro) golpee contra otra; en donde se golpee un equipo o un material con una herramienta metálica de mano; o, en donde la acción cortante de una herramienta origine partículas que salen despedidas. Los peligros, sin embargo, pueden reducirse a un mínimo si se emplea herramientas de impacto (blando) no ferrosas, y mediante el empleo de pantallas metálicas de madera o de lona entre los ojos del trabajador y el metal en el que se está trabajando.

Cuando se usen herramientas de carpintería o cortantes a la altura de la cabeza o por encima de ella, deben usarse gafas de seguridad o protectores faciales si existe la posibilidad de que le caigan al trabajador partículas sobre los ojos.

A veces no se tiene en cuenta la necesidad de usar protección visual en tareas como la de cortar alambre y cable, golpear llaves, usar perforadoras manuales, picar hormigón, sacar clavos de maderas en desuso, palear materiales a la altura de la cabeza o hacerlo en contra del viento, usar llaves y martillos para realizar tareas a alturas superiores a la cabeza o para realizar otras tareas que podrían provocar la caída de partículas de materiales o basuras.

Clases de equipos

Se puede conseguir en el comercio gafas y otros equipos de protección visual en una variedad de clases y modelos. El elemento protector de estos artículos consiste en lentes tratados térmicamente o por procesos químicos, plástico, malla de alambre o vidrios filtrantes de la luz. Los supervisores deben familiarizarse con las distintas clases de protección visual y saber cuáles son las mejores para un trabajo determinado. Entre los equipos de protección visual se incluyen los siguientes:

- Cubre-gafas
- Gafas protectoras
- Gafas con protección lateral
- Gafas de copa
- Gafas contra químicos
- Gafas para polvos
- Gafas de minero
- Gafas de fundidor
- Gafas de soldador

Los cubre-gafas frecuentemente se usan sobre los anteojos ordinarios. Protegen tanto los ojos del usuario como sus lentes recetados. Los lentes que no han sido tratados térmicamente o químicamente se rompen con facilidad. Un cubre-gafas los protege tanto contra picaduras como roturas.

Los cubre-gafas pueden ser en forma de copa con lentes tratados térmicamente o con lentes plásticos de visión panorámica. Ambas clases se usan para trabajos importantes de amoladura, labrado de metales, cincelado, remachado, para trabajar con metales fundidos y para realizar operaciones de similar

importancia. Ofrecen la ventaja de ser lo suficientemente anchos como para proteger todo el globo ocular y distribuir un impacto sobre una superficie amplia.

Los lentes templados se usan más comúnmente en anteojos recetados que se llevan fuera del trabajo, aunque muchos de éstos no satisfacen los requerimientos del *American National Standard Z87.1-1968*. Esta clase de lentes son inadecuados para peligros industriales, a pesar de que brindan protección adicional contra peligros comunes. Para exposiciones industriales, sólo deben emplearse lentes que satisfagan las norma ANSI citada anteriormente.

Es posible que un trabajador consiga que sus anteojos recetados están hechos térmicamente. En tal caso, un (refraccionista) (oftamólogo u optometrista) debe encargarse del ajuste y conocer el trabajo en el cual habrá de utilizar la protección visual. También debería saber la distancia de trabajo, especialmente con aquellos que tienen problemas de acomodación (como ocurre frecuentemente en la edad madura), o quienes trabajan a distancias muy cortas. Algunas empresas exigen que en los anteojos de seguridad que requieren corrección sólo se usen lentes bifocales. Estos eliminan el peligro de que un trabajador tenga que estar levantando sus anteojos para ver de cerca o de lejos, según sea su corrección.

Gafas protectoras. Las gafas sin protección lateral pueden usarse donde no haya probabilidad de que puedan saltar partículas hacia un costado de la cara, aunque para todos los usos industriales se recomienda gafas con protección lateral. Deben utilizarse gafas con protección lateral siempre que haya un peligro adicional proveniente de los costados.

Las armazones deben ser lo suficientemente rígidos como para sostener los lentes directamente en frente de los ojos. El puente nasal del armazón debe ser ajustable o universal. Las armazones deben ser ajustados por una persona entrenada para realizar este trabajo.

Las gafas contra químicos, fabricadas con armazones de caucho o de vinilo blando, protege los ojos contra salpicaduras duras de sustancias químicas corrosivas y contra exposiciones a polvos finos o nieblas. Los lentes pueden ser de vidrio tratado térmicamente o de plástico resistente a los ácidos. Para exposiciones a salpicaduras químicas, las gafas están dotadas de dispositivos indirectos de ventilación sobre sus costados. Para exposiciones a vapores o gases, las gafas no deben tener ventilación. Hay modelos que pueden usarse sobre los anteojos normales.

Gafas para polvo con máscara de cuero. Estas gafas deben usarlas personas que realizan tareas en sectores donde no haya polvos corrosivos, por ejemplo, en fábricas de cementos y en molinos harineros. Las gafas están dotadas de lentes tratados térmicamente o matizados. Los orificios de ventilación provistos por la malla de alambre que haya alrededor del globo ocular permiten la circulación del aire.

Gafas de minero. Estas gafas se usan para trabajos subterráneos y otros lugares, donde el empañamiento supone un problema serio. Están hechas de una malla metálica resistente a la corrosión, pintada de un color oscuro mate para reducir el reflejo.

Gafas de fundidor. Estas gafas están hechas en forma de anteojos o de copa con vidrio azul cobalto en matices graduados. Hay también disponibles lentes matizados en la mitad superior e incoloros en la mitad inferior. Los armazones son de cuero o de plástico, para proteger la cara contra el calor radiante.

Gafas de soldador. Existen gafas con lentes matizados para uso en operaciones tales como soldaduras con oxiacetileno, cortes con sopletes, unión de piezas de plomo por fusión y estañado.

Armazones. Todos los armazones deberán de ser de un material resistente a la corrosión, que no irriten la piel ni la descoloren. Deben resistir esterilizaciones, además de ser resistentes al fuego o incombustibles. Los armazones metálicos no deben usarse cerca de equipos electrónicos o donde haya un calor intenso.

Con el objeto de contar con un mayor campo visual, las gafas deben estar tan cerca de los ojos como sea posible, sin que las pestañas toquen los lentes. Los lentes no deberán tener una distorsión apreciable ni un efecto prismático. Algunas especificaciones están contempladas por las normas ANSI Z87.1-1968.

Protección facial.

Muchas clases de equipos de protección personal resguardan la cara (y a veces la cabeza e incluso el cuello) contra golpes débiles, salpicaduras químicas o de metales calientes, radiaciones calóricas u otros peligros.

Las caretas protectoras de plástico transparente protegen los ojos y la cara de una persona que está aserrando o puliendo un metal, lijando o efectuando una amoladura pequeña o manejando sustancias químicas. La careta debe ser muy resistente al fuego y se reemplazará cuando se deforme o raye. Debe establecer un plan de reemplazo regular, ya que los plásticos tienden a volverse quebradizos con el tiempo.

La suspensión y la pantalla facial deberán ser ajustables al tamaño y contorno de la cabeza y fáciles de limpiar. Muchos modelos permiten al usuario levantar sólo el visor, haciendo así innecesario el tener que remover todo el equipo para la cabeza.

Las caretas protectoras de malla metálica desvían el calor y permiten una buena visibilidad de. Se usan cerca de altos hornos, fosos de recalentamiento, hornos de calentamiento y otras fuentes de calor radiante.

Las máscaras del metalizador protege la cabeza y la cara contra salpicaduras de metales calientes más bien que contra el calor radiante. La máscara consiste en un visor hecho de malla metálica extremadamente fina, un apoyo inclinable, una suspensión ajustable y de un protector para el cráneo y el mentón (si fuese necesario).

La máscara del soldador, las caretas protectoras y las gafas protegen los ojos y cara contra las salpicaduras de materiales fundidos y las radiaciones producidas por un arco voltaico. Las máscaras deberán tener el vidrio matizado correspondiente, a fin de evitar daño a los ojos debido a los rayos ultravioletas y visibles. La vista de los trabajadores varía en función a la edad, a la salud general y al cuidado que se les brinde. Dos personas pueden necesitar lentes de distintos matices aun cuando realicen una misma tarea.

Los lentes matizados que están rajados o astillados deberán reemplazarse, de lo contrario permitirán que los rayos nocivos lleguen a los ojos del soldador.

La coraza de la máscara deberá ser resistente a las chispas, a los metales fundidos y a las partículas que salen despedidas, y ser un mal conductor del calor y no conductor de la electricidad. Deben desecharse las máscaras que presenten porosidades o rajaduras. La suspensión de la máscara deberá estar hecha de tal manera que permita al trabajador usar ambas manos y también levantar la máscara si necesita acomodar el trabajo.

Muchas clases de máscaras tienen vidrios reemplazables térmicamente tratados o una cubierta plástica que protege la lente matizada contra picaduras y rayaduras. Algunas máscaras tienen una mirilla frontal levadiza que permite al soldador inspeccionar rápidamente su trabajo sin tener que levantarse o sacarse la máscara.

Las gafas contra impactos que se usan debajo de las máscaras protegen al soldador contra partículas despedidas cuando esté se levanta la máscara. Las gafas de seguridad con protectores laterales se recomiendan, como una protección mínima, para evitar rayos provenientes de trabajos cercanos o escamas que saltan de una soldadura reciente.

Un ayudante de soldador deberá usar las gafas o máscara correspondientes mientras está ayudando en el trabajo de soldadura o mientras se eliminan las rebabas de un reborde alrededor de una junta. Existe un peligro grande de que se incrusten cuerpos extraños en los ojos de los trabajadores que realizan estas últimas tareas sin protección.

Pantalla protectora manual. Puede usarse una pantalla protectora manual donde no se justifique el uso de una máscara, por ejemplo, en tareas de inspección, soldaduras por puntos y otras operaciones que requieren pocas o ninguna soldadura por parte del usuario. La construcción del armazón y los lentes es similar a la de la máscara.

Existen gafas para soldar con vidrios matizados que llegan hasta el número 8. De ser necesario utilizar un matiz de una mayor graduación, se impone la necesidad de utilizar una protección facial total, debido al peligro de quemaduras en la piel. Cuando deben usarse matices superiores al número 3, se recomienda usar una protección lateral o gafas en forma de copa.

Las capuchas antiácidas que cubre la cabeza, la cara y el cuello son usadas por personas que están expuestas a graves salpicaduras de sustancias corrosivas. Esta clase de capucha posee un visor de vidrio o de plástico que está firmemente ajustado a la capucha para evitar que el ácido se cuele a través de éste. Existen capuchas de caucho, neopreno, láminas plásticas o telas impregnadas que resisten a la agresión de distintas sustancias químicas. Para conocer las propiedades protectoras de cada material, consúltese al fabricante.

Capuchas con suministro de aire. Estas capuchas deben usarse para trabajar en zonas donde hay emanaciones irritantes, gases o nieblas tóxicos. En razón que una capucha sin ventilar se calienta y humedece rápidamente, se le acopla una línea de aire principalmente para brindar una mayor comodidad. El trabajador deberá usar un arnés o un cinturón para sostener la manguera.

Las caretas protectoras transparentes sostenidas por un arnés o una banda para la cabeza se usan cuando la exposición está circunscripta a salpicaduras directas de sustancias químicas corrosivas. Para una protección adicional, es necesario utilizar debajo del protector facial gafas a prueba de salpicaduras.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Los equipos de protección respiratoria deben ser considerados como elementos de emergencia o de uso ocasional. Lo primero que debe considerarse en donde hay contaminantes, es eliminarlos en su fuente de origen o aislar el proceso. En razón de que pueden ocurrir derrames o roturas, y como algunas tareas pueden exponer a una persona solamente en forma breve e infrecuente, es necesario que haya protección respiratoria. Debe instruirse y entrenarse al usuario sobre su uso correcto y sus limitaciones.

SELECCIÓN DEL RESPIRADOR.

Los contaminantes aéreos van desde una sustancia relativamente inofensiva hasta vapores, polvos, nieblas, emanaciones irritantes y gases tóxicos que pueden ser extremadamente perjudiciales. En lugares donde es necesario utilizar equipo de protección debe determinarse la sustancia química perjudicial y la magnitud del peligro evaluado. Con esta información se puede seleccionar el equipo que deberá proteger contra este peligro en particular. Antes de pedir un equipo de protección respiratoria, es mejor analizar la clase de exposición con el departamento de seguridad de la empresa y con los fabricantes o vendedores.

En los E.U.A., los equipos deben tener el sello de aprobación del National Institute of Occupational Safety and Health. Los equipos que se usan en trabajos de minería deben llevar el sello de aprobación del Bureau of Mines. Estos sellos dan garantía sobre su diseño, durabilidad y buen funcionamiento de los equipos. Estas instituciones realizan pruebas sobre la seguridad del trabajador, la libertad de los movimientos, la visión, el ajuste y la comodidad de la máscara y la suspensión, la facilidad con que pueden reemplazarse el filtro y

otros componentes, la hermeticidad de los aparatos al polvo, la carencia de pérdidas y la resistencia al paso del aire cuando el usuario inhala o exhala.

CLASES DE EQUIPO

Entre los equipos de protección respiratoria se incluyen: los respiradores con filtro mecánico, los respiradores de cartucho químico, las máscaras antigases con "canisters", las máscaras con manguera y línea de aire y los equipos respiratorios autocontenidos.

Los respiradores de filtro mecánico protegen contra exposiciones a polvos molestos, así como también a polvos, nieblas y emanaciones irritantes que producen neumoconiosis. Como ejemplos de polvos molestos pueden citarse: el de aluminio, celulosa, cemento, carbón, harina, yeso, mineral, de hierro, piedra caliza y aserrín de madera.

La neumoconiosis deriva de tres palabras griegas que significan "pulmón", "polvo" y "condición anormal". El término generalmente aceptado es simplemente "pulmón con polvo". La clase de polvo inhalador determina la clase de condición o lesión. Un cierto número de polvos orgánicos son capaces de producir enfermedades pulmonares, aunque no todas estas enfermedades se clasifican como neumoconiosis, debido a que no todas presentan las características del "pulmón con polvo".

Se tiene conocimiento de pocos casos en los cuales la inhalación de una cantidad suficiente de polvo provocó una obstrucción mecánica de los sacos alveolares. Se sabe que la harina produce este estado. Algunos polvos pueden ser esencialmente inertes y permanecer en los pulmones indefinidamente sin producir una irritación reconocible, mientras que otros (como el polvo de piedra caliza) pueden disolverse gradualmente y eliminarse sin producir daños.

Hay otras clases de respiradores de filtro aprobados para polvos tóxicos como los del plomo, asbesto, arsénico, cadmio, manganeso, selenio y sus compuestos.

Algunas clases de respiradores de filtros mecánicos especialmente aprobados protegen contra nieblas, como las de ácido crómico y contra exposiciones a emanaciones irritantes, como las de zinc y plomo. El filtro está hecho generalmente de papel o de filtro y debe reemplazarse o limpiarse frecuentemente, ya que si se tapona restringe la respiración y deja de funcionar. Esto puede ocurrir varias veces durante un turno.

Un respirador de filtro mecánico no tiene valor como elemento de protección contra vapores de disolventes, gases perjudiciales o una insuficiencia de oxígeno. El usuario en estas condiciones es un error tan común como extremadamente grave.

Respiradores de cartuchos químicos. Estos respiradores consisten en una media máscara conectada directamente a uno o dos pequeños recipientes de carbón activado o cal sódica (una mezcla de hidróxido de calcio y sodio o de hidróxido de potasio) que absorben las concentraciones bajas de algunos vapores y gases. Estas concentraciones son de aproximadamente 0,10 por 100 (por volumen) para vapores orgánicos, 0,05 por 100 para gases ácidos, 0,05 por 100 para combinaciones de vapores orgánicos y gases ácidos y 0,07 por 100 para amoníaco. La vida de estos recipientes es muy corta. Como protección contra vapores de mercurio, la vida normal de recipiente es de ocho horas. Después de usarlo, el recipiente debe ser desechado.

Estos respiradores no deben usarse en atmósferas de peligro inminente para la vida, como donde hay insuficiencia de oxígeno.

Máscara antigás. Consiste en una máscara o una boquilla que está conectada mediante una tubo flexible a un "canister". El aire inhalado, que pasa a través del "canister", se limpia químicamente. Desgraciadamente, no existe una sustancia química que sea capaz de eliminar cualquier clase de contaminantes. Por consiguiente, el "canister" debe ser seleccionado de acuerdo con la exposición.

Los "canisters" para las máscaras antigases se identifican, en cuanto a clase de exposición, mediante un color:

- Negro-vapores orgánicos;
- Blanco-gases ácidos;
- Amarillo-vapores orgánicos y gases ácidos.
- Verde-gas de amoníaco
- Castaño-vapores orgánicos, gases ácidos y gases de amoníaco;
- Rojo con una franja gris cerca de la parte superior universal. Para todos los gases industriales (incluyendo el monóxido de carbono, el humo y las emanaciones irritante;

- Blanco con una franja verde cerca del fondo-vapor de ácido cianhídrico (cianuro de hidrógeno);
- Blanco con una franja amarilla cerca de fondo-gas de cloro;
- Azul-monóxido de carbono; y,
- Morado-materiales radioactivos, excepto el tritio y los gases nobles.

Las máscaras antigases tienen limitaciones definidas en cuanto a su eficacia, tanto en lo referente a la concentración del gas como su duración. Al igual que los respiradores de cartuchos químicos, las máscaras antigases no protegen contra una insuficiencia de oxígeno.

Cuando un "camister" ha sido usado, nunca debe dejarse unido al respirador; sino que ha de ser retirado y reemplazado por uno nuevo. Aún cuando no sean usados, los "canisters" deberán ser reemplazados periódicamente. Los fabricantes indican la vida efectiva máxima de sus "canisters".

Ante la eventualidad de emergencia, las máscaras antigases estarán lo más a mano posible. Por ejemplo, en una fábrica de hielo donde suelen darse pérdidas de amoníaco, las máscaras deberán ser colocadas ya sea inmediatamente dentro o fuera de la puerta de salida, para que puedan ser utilizadas rápidamente antes de que una persona quede abatida por efectos del gas. Las máscaras se ubicarán lejos de la humedad, el calor y los rayos directos del sol y deberán inspeccionadas regularmente.

Mascaras con manguera. Las usan los hombres que entran en tanques o fosas donde pudiera haber concentraciones peligrosas de polvos, nieblas, vapores o gases o bien una insuficiencia de oxígeno. Nadie debe entrar en un tanque, ni mucho menos permanecer en éste, si las pruebas que se han efectuado a su atmósfera demuestran que haya una cantidad menor del 16 por 100 de oxígeno en cualquier momento, a menos que use un equipo de respiración autocontenido. La atmósfera del espacio cerrado debe ser probada para ver si hay gases contaminantes tóxicos o inflamables en concentraciones peligrosas o explosivas. De ser así, o si hay insuficiencia de oxígeno, el espacio debe ser ventilado antes de que entre una persona. Se debe continuar probando la atmósfera del recinto mientras los hombres trabajan dentro, y será ventilada si fuese necesario.

La máscara de manguera consiste en una careta con un arnés para la cabeza, válvulas para inhalar y exhalar el aire, y un tubo de respiración, o más de uno. Este tubo está conectado a una manguera que está sostenida por un arnés colocado sobre el cuerpo. La manguera llega hasta un lugar de entrada de aire puro.

Si no se dispusiera de un soplador, no se usará una manguera de más de 7,60 m. de largo. Con soplador, en cambio, la manguera podrá tener una longitud de hasta 90 m. sin embargo, bajo ninguna circunstancia deberá usarse de forma tal que haya una resistencia a la exhalación de más de 2,55 cm. de agua o una resistencia a la inhalación de 10 cm. de agua. El soplador deberá ser de operación manual también, en caso de que falle la electricidad.

La máscara con tubo se usa en lugares donde hay una exposición conocida a un material perjudicial en la atmósfera o donde pudiera haber una insuficiencia de oxígeno para la conservación de la vida. Debe usarse una máscara con tubo y soplador o bien un equipo de respiración autocontenido cuando, en caso de fallo del equipo, fuera imposible escapar rápidamente de la atmósfera peligrosa, o se pudiera sufrir una lesión como consecuencia de dicho escape.

Sea cual fuere el equipo usado, el usuario debe emplear un arnés de seguridad con cuerdas salvavidas y ésta deberá estar constantemente atendida por otra persona que se encuentre equipada de igual manera. En caso de que falle el suministro de aire de una máscara con tubo y soplador, el usuario todavía tiene la posibilidad de respirar a través del tubo mientras emprende la retirada.

Respirador de línea de aire. Este equipo protector puede utilizarse en atmósfera que no son de peligro inminente para la vida, especialmente en condiciones de trabajo que requieren el uso continuo de un respirador. A cada persona se le debe asignar su propio respirador.

Los respiradores de línea de aire están conectados a una línea de aire comprimido. Cerca de la fuente de provisión de aire debe instalarse una trampa y un filtro, a fin de separar aceites, agua, suciedades, partículas y otras materias que pudieran ser llevadas por la corriente de aire. Cuando las líneas tienen presiones monométricas superiores a 1,74 kg-cm², es necesario emplear un regulador de presión. Deberá instalarse también una válvula de seguridad que empiece automáticamente a funcionar en caso de que falle el regulador.

Para obtener aire limpio, la toma del compresor debe estar ubicada de cualquier fuente de contaminación, por ejemplo, del escape de un motor de combustión interna. El compresor debe tener un regulador de temperatura, o bien la línea de aire comprimido debe tener una alarma para monóxido de carbono, a fin de evitar una intoxicación con ese gas debido al escape de un motor o un sobrecalentamiento del aceite lubricante. El suministro de aire más aceptable se obtiene mediante un soplador de presión mediana lubricado extremadamente, o sin lubricación, por ejemplo, mediante un compresor rotativo.

Si un trabajador debe trasladarse de un sitio a otro, pudiera ser que encontrara la línea de aire molesta. El supervisor debe comprender que esto reduce la eficiencia del trabajador. Debe tener cuidado de evitar daños a la manguera, por ejemplo, no deberá permitir que ésta se asiente sobre una superficie con aceite.

Casco para soplar con abrasivos. Hay una variedad de respiradores con líneas de aire que están destinados a proteger la cabeza, el cuello y los ojos contra impactos de sustancias abrasivas y, a la vez, suministrar aire para respirar. Los requerimientos respiratorios son iguales a los que se describieron para los respiradores con línea de aire.

El casco debe estar cubierto, tanto interna como externamente, con un material resistente y flexible. Esto aumenta la comodidad a la vez que resiste el efecto abrasivo. Algunos cascos tienen una capucha externa de material y una capa interna con cierre de cremallera que facilita el sacárselo inmediatamente. Deberá suministrarse un visor de vidrio protegido por un tejido metálico de una malla fina, número 30 al 60. Los vidrios de seguridad que se usan para evitar que se quiebren por un impacto fuerte deberán estar libres de defectos y ser incoloros.

Respiradores autocontenidos. Cuando una persona debe trabajar en una atmósfera peligrosa mas de 90m de un lugar donde haya una fuente de provisión de aire puro, será necesario el uso de un respirador autocontenido, el cual contiene su propia provisión de oxígeno. Este equipo se usa frecuentemente para realizar rescates en minas y combates contra incendio.

Las tres clases principales de respiradores autocontenidos son:

- A) Los de recirculación de oxígeno comprimido.*
- B) Los de oxígeno (o aire) comprimido (de demanda).*
- C) Los generadores de oxígeno.*

El tiempo en el que estas unidades pueden usarse está limitado estrictamente a las especificaciones del NIOSH y del *Bureau of Mines*.

Los respiradores autocontenidos deben ser usados solamente por personas físicamente aptas y bien entrenadas. Para mantener la eficiencia, los trabajadores que deben usarlos tendrán que repetir el entrenamiento por lo menos una vez cada seis meses.

En razón de los peligros que encierra el uso de estos equipos, ninguna persona que los esté usando debe trabajar en una atmósfera irrespirable, a menos que haya otra persona vigilándola, similarmente equipada, lista para prestarle ayuda.

Limpieza del respirador

Las limpiezas faciales y los arneses de los espiradores deben limpiarse e inspeccionarse regularmente. Si varias personas deben usar un mismo respirador, éste debe ser desinfectado antes de cada uso, con el fin de cumplir con las reglamentaciones vigentes. Entre los métodos de desinfección se incluyen:

1. Sumergirlo en una solución diluida de un compuesto de amonio cuaternario e inmediatamente enjuagarlo en agua caliente. Esta solución no es perjudicial para la piel ni para el caucho; y,
2. Lavarlo en agua jabonosa caliente y enjuagarlo durante un minuto, por lo menos, en agua limpia a una temperatura mínima de 60° C.

El supervisor deberá inspeccionar los respiradores periódicamente para buscar daños o componentes que funcionen incorrectamente, por ejemplo, cintas para la cabeza o asientos de válvulas.

Solución a las quejas de los trabajadores

Muchas personas consideran que los respiradores son molestos, por que no se dan cuenta que, de no usarlos, podrían poner en peligro sus vidas. El supervisor debe decirles por qué es necesario llevar el equipo puesto, enseñarles cómo ajustarlo en su posición segura y explicarles su funcionamiento.

Otra objeción es que el respirador crea dificultades para respirar a través de él. Un respirador correctamente mantenido y aprobado por el NIOSH ofrece un mínimo de resistencia a la respiración.

Si se retira el respirador de vez en cuando, el polvo se asienta en éste. Cuando se vuelve a colocar el respirador, estas partículas pasan a la piel y causan irritaciones. Para evitar esto, el usuario deberá llevar puesto el respirador constantemente mientras se encuentra en una atmósfera contaminada. Para reducir aún más las posibilidades de irritación, puede usarse ungüentos, cremas o una pieza facial de algodón.

PROTECCIÓN ABDOMINAL Y DEL PECHO

La protección más común para el abdomen y torso es el delantal completo. Los delantales están confeccionados de distintos materiales. Los delantales de cuero o de tela con almohadillas o refuerzos ofrecen protección contra impactos suaves y cortaduras de cuchillo de carnicero, tales como los que se usan en plantas envasadoras de productos alimenticios. Las personas que trabajan cerca de lugares donde hay metales calientes y otras fuentes elevadas de calor conductivo usan frecuentemente chaquetas y delantales de asbesto .

Los delantales que se usan cerca de máquinas en movimiento deben ajustarse bien alrededor de la cintura. Las tirillas del cuello y la cintura deben llevar o cordones finos, o unos broches de desenganche instantáneo, en caso de que la prenda sea atrapada por una máquina. El extremo de cada tirilla irá provisto de uno de esos broches, para evitar quemaduras por fricción, en caso de que una tirilla sea atrapada por una máquina y arrastrada por la parte posterior del cuello. Deben usarse delantales de dos piezas en tareas que requieran mucha movilidad por parte del trabajador.

Los broches permiten que el delantal se ajuste cómodamente alrededor de las piernas.

A los soldadores se les exige frecuentemente usar chalecos o capas y mangas de cuero, especialmente a aquellos que realizan soldaduras por sobre la cabeza, como protección contra chispas y gotas de metales fundidos.

Cuando es necesario llevar cargas pesadas y de ángulos bruscos, los trabajadores usan prendas de vestir con almohadillas de cuero o de loneta, con el objeto de proteger sus hombros y espalda.

LA PROTECCION DE LAS MANOS

Los dedos, las manos y los brazos, son lastimados mas frecuentemente que cualquier otra parte del cuerpo. Usted debe utilizar protección adecuada para sus manos cuando este expuesto a peligros tales como los que presentan la absorción de sustancias peligrosas: cortaduras: raspaduras severas: perforaciones, quemaduras térmicas y las temperaturas extremadamente peligrosas.

LOS GUANTES

La utilización de guantes es la manera mas comúnmente utilizada para protegerse las manos .

- Al trabajar con materiales químicos, los guantes deben estar sellados con cinta adhesiva en el borde superior, o doblados de tal forma que eviten que los líquidos penetren al guante o entren en contacto con su brazo.
- Los guantes de vinilo, caucho y neopreno sirven para trabajar con la mayoría de los materiales químicos, sin embargo, si usted trabaja con productos a base de petróleo, será necesario utilizar un guante que este hecho a base de materiales sintéticos.
- Los guantes de algodón o de cuero se utilizan para trabajar con la gran mayoría de materiales abrasivos. los guantes reforzados con ganchos de metal ofrecen mayor protección contra objetos punzantes.
- No utilice guantes reforzados con metal al trabajar con equipos eléctricos.
- Es peligroso utilizar guantes, cuando esta trabajando con maquinaria en movimiento. Las partes movibles pueden enredarse fácilmente con sus guantes y atrapar sus manos y sus brazos al jalarlos.

- Su supervisor le indicará cual es el equipo de protección de manos disponible para su trabajo cualquiera que sea la clase de guantes que escoja; asegúrese de que le queden bien.

LA PROTECCION DE LOS PIES

Las heridas en los pies ocurren:

- *Cuando los objetos pesados o agudos caen sobre sus pies*
- *Cuando un objeto rueda sobre sus pies*
- *Cuando usted pisa un objeto agudo que le perfora la suela del zapato.*

Al igual que con otros equipos de protección personal, la protección de su pie irá de acuerdo al trabajo que tenga que realizar.

Los zapatos y las botas de seguridad.

Los zapatos y las botas de seguridad están reforzadas con una estructura de acero que protegen sus pies de perforaciones o de ser aplastados. Hoy en día, se requiere que muchas botas de seguridad estén reforzadas con suelas resistentes.

- Si usted trabaja cerca de cables o conexiones eléctricas expuestas, necesitará calzado que no contenga metal para evitar que conduzcan la electricidad.
- Si usted trabaja en un ambiente libre de electricidad estática, por ejemplo, al trabajar con computadoras u otros equipos electrónicos delicados, utiliza calzado conductor diseñado para descargar las cargas estáticas a la alfombra o al piso.
- Los protectores para los pies, talones y tobillos pueden ser necesarios en su trabajo en particular.
- El oficial de seguridad de su compañía le recomendará la protección personal para sus pies que más le convenga.
- El calzado de caucho o de materiales sintéticos puede ser necesario al trabajar con químicos.

- Evite el utilizar zapatos o botas de cuero al trabajar con químicos cáusticos, ya que estas sustancias pueden corroer el cuero y entrar en contacto con sus pies.

ROPA DE TRABAJO

Las ropas de trabajo comunes pueden considerarse seguras si se encuentran limpias, en buen estado de conservación y son aptas para el trabajo. El término "ropas de seguridad" se refiere a prendas de vestir que están diseñadas específicamente para trabajos peligrosos, en los cuales las ropas comunes no brindan una protección suficiente para evitar lesiones leves, por ejemplo, escoriaciones, quemaduras y rasguños.

Un buen ajuste es importante. La mayoría de los pantalones se hacen excesivamente largos, pensando en que al lavarlos se encogerán, y para que se ajusten a las personas altas. Los pantalones que son muy largos se acortarán a la longitud adecuada, sin dobleces. En caso de hacerles dobleces, éstos serán cosidos para evitar que se enganchen. No deben usarse dobleces cerca de trabajos que producen chispas u otros materiales, ya que podrían resultar peligrosos en caso de quedar apartados por aquéllos.

Las corbatas, las mangas largas o sueltas, guantes y otras prendas sueltas (especialmente alrededor de la cintura) crean un peligro, ya que pueden ser atrapadas con facilidad por piezas de máquinas que se mueven o giran.

Las joyas, de cualquier clase, no tienen cabida en un taller. Los anillos, collares y relojes de pulsera pueden causar lesiones graves. Se puede perder un dedo fácilmente si un anillo se engancha en la pieza de una máquina que está en movimiento o en objeto fijo mientras el cuerpo se mueve rápidamente. Los collares y las cadenas de llaveros y relojes también constituyen un peligro cerca de la máquina que están en movimiento. El uso de joyas metálicas cerca de equipos eléctricos, incluyendo baterías pueden ser peligrosos.

Las ropas saturadas en aceite o en un disolvente inflamable puede encenderse con facilidad, creando así un peligro. Con frecuencia ocurren irritaciones cutáneas debido al contacto continuo con ropas que han estado saturadas con disolventes o aceites.

Si existe la posibilidad de que el cabello pueda contaminarse con aceite o polvo, deberá usarse una gorra, ya que con ello se evitará que se ensucie, que se produzca infecciones y se contribuirá a que se conserve mejor. Una gorra puede, incluso, proteger a una persona, cuando haya maquinas que tienen piezas móviles y que no pueden ser resguardadas totalmente.

Materiales para ropas protectoras

Las ropas protectoras destinadas a proteger a los trabajadores contra distintos peligros se confeccionan con diversos materiales. Los supervisores deberán familiarizarse con estos

Telas aluminizadas. Tienen un revestimiento que refleja el calor radiante. El asbesto aluminizado se usa para confeccionar trajes gruesos y la tela aluminizada para confeccionar trajes de aproximación al fuego.

El **asbesto** se usa como protección contra el calor intenso por conducción y contra el fuego. Cuando se usa con una barrera de material reflectante, el asbesto es un elemento excelente de protección para el combate contra incendios y tareas de rescate.

La **tela de algodón resistente al fuego** se usa frecuentemente para confeccionar gorras cuya finalidad es proteger a las personas que trabajan cerca de lugares donde haya chispas y fuego. A pesar de que la tela es durable, podría ser necesario volver a repetir el tratamiento de ignifugación después de una a cuatro lavadas.

La **lona resistente al fuego** se usa para confeccionar prendas y en lugares donde hay chispas y llamas. Es liviana, fuerte y dura mucho tiempo. No se considera una protección contra el calor extremo.

La **fibra de vidrio** se usa para aislar ropas mediante la colocación de capas múltiples. La superficie externa está hecha de tela de fibra de vidrio o de otra tela aluminizada.

Los **materiales impermeables** (caucho, neopreno, vinilio y telas impregnadas con estos materiales) protegen contra el polvo, vapores, nieblas, humedad y sustancias corrosivas. El caucho se usa ampliamente, ya que es resistente a los ácidos, cáusticos y a otras sustancias corrosivas. El neopreno es resistente a los

aceites derivados del petróleo, a los disolventes, ácidos, alcalinos y otras sustancias corrosivas.

El cuero protege contra impactos leves. El cuero curtido al cromo protege contra chispas, salpicaduras de metales derretidos y radiaciones infrarrojas y ultravioletas.

Las fibras sintéticas (como el "Orlón", "Dinel" y "Vinión ") son resistentes a los ácidos, a muchos disolventes, al moho, a la abrasión, al desgarró y a lavadas repetidas. En razón de que algunas telas generan electricidad estática, estas prendas no deberán usarse en atmósferas explosivas ni de alto contenido de oxígeno, a menos que sean tratadas con un agente antiestático.

La lona impermeable es útil para tareas donde el trabajador debe exponerse al agua y a los líquidos no corrosivos. Cuando se la reviste con aluminio, la lona también protege contra el calor radiante.

La lana puede usarse para ropas que protejan contra salpicaduras de metales derretidos y pequeñas cantidades de ácidos, como también contra llamas pequeñas.

Telas inarrugables. Con el uso tan difundido de las denominadas telas inarrugables debe tenerse mucho cuidado, ya que algunas de ellas son muy inflamables.

ROPA PARA MUJERES

Las mujeres necesitan protección especial para la cabeza, con el objeto de evitar que el cabello les sea atrapado por tornos, perforadoras de columna, máquinas de coser y otras clases de máquinas en movimiento, especialmente aquellas que producen una cantidad suficiente de corrientes estática como para erizar el cabello. Las gorras también protegen el cabello contra los aceites y los polvos.

Las gorras deben encerrar todos los mechones de cabello y tener una visera lo suficientemente grande como para que sirva de advertencia en caso de que la cabeza se aproxime demasiado a una máquina.

Las redecillas, los pañuelos de cabeza y las cofias constituyen una protección aceptable para la cabeza en muchas tareas donde no hay maquinaria en movimiento.

Cualquier protección para la cabeza que se use en lugares donde haya chispas o llamas debe estar confeccionada con materiales resistentes a éstas.

Las mujeres que trabajen en lugares donde a los hombres se les obligue a llevar cascos o gorras de seguridad llevarán la misma clase de protección.

Una vez que las mujeres se convencen de que la protección para la cabeza les ayuda a conservar limpio, atractivo y libre de polvos y aceites, el problema de hacerles que usen protección para el cabello resulta más fácil.

A algunas mujeres que trabajan con máquinas en movimiento se les exige que usen pantalones.

El calzado de trabajo para las mujeres deberá ser fuerte cómodo y amoldarse bien al pie. Los tacones no deben tener una altura mayor de 3 cm. Las mujeres no deben usar zapatos abiertos en operaciones industriales. Deben usar zapatos de seguridad donde los peligros así lo aconsejen.

Los hombres que usan cabelleras largas también tienen problemas similares. Ver a continuación cómo solucionarlos.

PROBLEMAS ESPECIALES DEL HOMBRE ACTUAL

En una época se pensaba que solamente las mujeres se preocupaban por su apariencia personal de manera que su ropa de trabajo debía ser atractiva y lucir bien. Es posible que esto hoy no sea verdad, ya que los hombres se preocupan por el buen vestir tanto como las mujeres. También muchos hombres usan cabellos muy largos. Estos individuos se exponen a sí mismos a peligros cuando trabajan bajo ciertas condiciones. Si trabajan en cualquier máquina que tenga piezas giratorias o rotativas y ejecutan cualquier trabajo en el que su cabellera corre riesgo de ser atrapada, se les debe exigir que usen la misma clase de protección que se les exige a las mujeres para la misma tarea, por ejemplo, una redcilla para el cabello, una gorra, una cofia o una protección similar.

A los hombres que tienen patillas espesas y largas a veces les resulta imposible ajustarse bien las orejeras. Si fuese necesario un alto grado de atenuación al ruido es posible que el trabajador deba cortarse las patillas.

Los bigotes largos y frondosos, como también las barbas pueden crear un peligro. Se ha comprobado que debido a éstos es imposible lograr un buen ajuste con

muchas piezas faciales usadas con equipos respiratorios. Reiteramos: "Es necesario establecer ciertas reglas y exigir a los trabajadores que se ajusten a éstas."

Debido a que la vida de una persona puede depender del equipo respiratorio que está usando, es vitalmente importante que éste se ajuste correctamente.

Algunas modas de peinado "Afro" imposibilitan que una persona pueda acomodarse correctamente un casco sobre su cabeza, con el resultado de que el usuario no podrá llevarlo o que tendrá que quitarle la suspensión. Esto, naturalmente, anula el propósito de usar casco.

La industria debe establecer ciertas reglas para el uso de ropas. Los trabajadores deben comprender que estas reglas y normas son necesarias y, por consiguiente, deben estar de acuerdo en respetarlas.

PROTECCIÓN PARA TRABAJOS EN ALTURAS.

Los cinturones y arneses de seguridad unidos a cuerdas salvavidas deben ser usados por quienes trabajan a niveles elevados, en espacios cerrados donde pudiera haber una insuficiencia de aire o donde los trabajadores pudieran quedar atrapados por materiales sueltos o lesionarse. En éste capítulo no se incluyen cinturones de seguridad para vehículos o cinturones de guardalíneas.

Existen cinturones y arneses tanto para situaciones normales para emergencias. El uso normal implica tensiones comparativamente leves que se aplican durante un trabajo normal, tensiones que raramente se exceden del peso estático del usuario. Uso de emergencia significa el detener a una persona cuando cae: cualquier componente del cinturón puede someterse a una carga de impacto muchas veces superior a la del peso del usuario.

Por ejemplo, el cinturón que emplea un limpiaventanas está sometido a una carga moderada la mayor parte del tiempo, mientras lo está usando. Sin embargo, será sometido a una carga intensa si el hombre cae cuando solo una terminal del cinturón está enganchada. Un cinturón para una persona que tiene que inclinarse hacia atrás mientras trabaja debe, por consiguiente, tener un aro en "D" a cada lado del cinturón, que sirve para engancharlos a una soga o a una línea acolladora. Luego, la soga se fija a un punto de anclaje.

El arnés "silla colgante" se usa en aquellos casos en que una persona debe quedar sostenida verticalmente, por ejemplo, cuando se la levanta o desciende a lo largo de una pared. La silla tiene una correa (a veces con un asiento de madera) para sentarse sobre ella, además de otra correa para la cintura que va unida a cada lado del hombre, para que pueda estar de pie o sentarse y no puede caer fuera de la silla.

Un cinturón de seguridad modelo "arnés" distribuye mejor el impacto en caso de una caída. El impacto se distribuye sobre los hombros, la espalda y cintura, en vez de concentrarse solamente en la cintura. Esto facilita el rescate en caso de que una persona se encuentre inconsciente, que quede sepultada por un derrumbe o deba ser sacada a través de una boca de inspección. Siempre que un trabajo requiera usar una máscara con tubo, serán necesarios un arnés y una cuerda salvavidas.

Si existe posibilidad de una caída libre larga, el arnés deberá ser diseñado para que distribuya la fuerza del impacto sobre las piernas, el pecho y la cintura. Un amortiguador de golpes o un mecanismo de desaceleración que frene gradualmente a una persona mientras cae aminora el impacto tanto sobre el equipo como sobre la persona. Para evitar una caída larga, la cuerda debe atarse por encima de la cabeza y ser tan corta como permitan los movimientos del trabajador.

Cuerdas salvavidas

Para la mayoría de las cuerdas salvavidas se recomienda una soga de cáñamo de Manila (o abacá) de 2 cm., o de nilón de 1.3 cm. El nilón es más resistente al desgaste o roce que la soga de cáñamo de Manila. Es más elástico (absorbe mejor los impactos y las sacudidas bruscas) y tiene una elevada resistencia tensora (seco o húmedo). El nilón es fuerte, flexible y fácil de manejar. Como tiene resistencia al moho puede ser guardado sin secar.

La resistencia a la rotura se mide siempre mediante un tirón de la soga en línea recta. Una soga de cáñamo de Manila de 13 mm de diámetro se corta a, aproximadamente, 1.200 kg. Una soga de nilón de 13 mm tiene una resistencia de 2.900 kg (más o menos el 5 por 100). Tomando como factor de seguridad 5 para el cáñamo de Manila y 9 para el nilón, tenemos una resistencia de carga segura de 240 kg y 322 kg respectivamente.

La soga de cáñamo de Manila de 2 cm tiene una resistencia a la rotura de 2.450 kg., dando una resistencia de carga segura de 457 kg.

Cuando se usa un amortiguador de bajo límite de carga, una soga de cáñamo de Manila de 2 cm., o de nilón de 13 mm., es considerada adecuada para la mayoría de las cuerdas salvavidas. Sin un amortiguador, hasta una soga de cáñamo de Manila de 2 cm., puede ser insuficiente para detener una caída larga.

No deben usarse cables de acero como cuerdas salvavidas en donde sea posible una caída libre, a menos que se use un dispositivo amortiguador, ya que su rigidez aumenta considerablemente la carga del impacto. Los cables de acero son peligrosos cuando se les usa en los alrededores de instalaciones eléctricas.

Los nudos reducen la resistencia de todas las sogas. La magnitud de la pérdida de resistencia depende de la clase de nudo y de la cantidad de humedad que tenga la soga.

Inspección y cuidado de los cinturones y las cuerdas

Los cinturones y las cuerdas se deben inspeccionar cada vez que van a ser usados. Los cinturones deben ser inspeccionados por un inspector calificado una vez cada tres meses, por lo menos.

Cinturones. Los cinturones de cuero se deben inspeccionar cuidadosamente en ambos lados para descubrir si tienen cortaduras y raspaduras. Cualquier cortadura vertical profunda transversal al lo largo del cinturón justifica el descartarlo. Las cortaduras longitudinales no son tan graves, aunque deberán ser observadas cuidadosamente y, a menos que sean muy pequeñas, será necesario desechar el cinturón.

Deben inspeccionarse los componentes metálicos y reemplazarse aquellos que estén desgastados. Si el cinturón está remachado, debe inspeccionarse cuidadosamente cada remache para descubrir posibles desgastes alrededor de los agujeros de los remaches.

Al cepillar el polvo y la suciedad de los cinturones de cuero se deberá hacerlo con cuidado, para así evitar el rayarlos. El cinturón se lavará con agua caliente y jabón suave para cuero y se enjuagará con agua clara y caliente, y a continuación se pondrá a secarlo a temperatura ambiental. Antes de que esté totalmente seco el cinturón, hay que aceitarlo con aceites de pezuñas, aceite de castor o ricino, de soja, o con un compuesto especial de silicona, más nunca con aceite mineral.

Los cinturones de tejido pueden ser lavados en agua caliente jabonosa, enjuagados con agua clara y secados a calor moderado. Si estos cinturones se usan en condiciones insólitas, o si fuese necesario usar un revestimiento, deberá consultarse con el fabricante.

Cuerdas. Es necesario examinar la superficie externa de las cuerdas a fin de descubrir si tienen cortaduras o fibras cortadas o desgastadas. Deben destacarse las sogas de cáñamo de Manila que hayan perdido su diámetro o adquirido una apariencia de suavidad. Deben examinarse las fibras internas de la soga de cáñamo, a fin de descubrir si tienen cortes, decoloraciones y deterioros. La soga debe descartarse ante cualquiera de estas señales.

Deben examinarse los cables de alambre de acero para descubrir si los alambres están rotos, oxidados o torcidos, lo cual pudiera debilitarlos. Los cables deben mantenerse limpios, secos y libres de óxidos y deben lubricarse con frecuencia, especialmente antes de usarlos en atmósferas ácidas o exponerlos al agua salada. Después de estos usos hay que limpiarlos cuidadosamente y lubricarlos nuevamente con aceite.

MANEJO SEGURO DE HERRAMIENTAS

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:

Uno de los objetivos importantes de este curso es corregir las practicas de trabajo incorrectas y formar una conciencia en la prevención de accidentes, tanto en el trabajo como fuera de este.

OBJETIVOS DEL GRUPO:

Lograr que el grupo unifique criterios de actuación en materia de seguridad e higlene, y específicamente en el manejo adecuado de las herramientas, su cuidado, almacenamiento, orden y limpieza.

SISTEMA DE PUESTAS A TIERRA

EL DISEÑO DE LAS PUESTAS A TIERRA

Dar origen a un sistema de puesta a tierra, requiere no sólo de la ejecución física de la instalación, sino que también se debe tener presente la forma en que el terreno interactuará con los electrodos de puesta a tierra.

Todo sistema de puesta a tierra, involucra al conjunto «Electrodos-Suelo», es decir la efectividad de toda puesta a tierra será la resultante de las características geo-eléctricas del terreno y de la configuración geométrica de los electrodos a tierra.

CARACTERISTICAS GEOELECTRICAS DEL SUELO

Mecanismo de conducción :

Los suelos están compuestos principalmente por óxidos de silicio y óxidos de aluminio que son muy buenos aislantes; sin embargo, la presencia de sales y agua contenida en ellos mejora notablemente la conductividad de los mismos.

El mecanismo de conductividad de los suelos es principalmente un proceso electrolítico (agua y sal contenida); sin embargo, en un terreno totalmente seco, el factor predominante en la conductividad será el tamaño de las partículas y el volumen de aire aprisionado en ellas.

Factores que determinan la resistividad de los suelos:

Entre los numerosos factores que determinan la resistividad de los suelos, los más relevantes son :

- Naturaleza de los Suelos
- La Humedad
- La Temperatura
- La Concentración de Sales disueltas
- La Compactación del terreno

Naturaleza de los suelos :

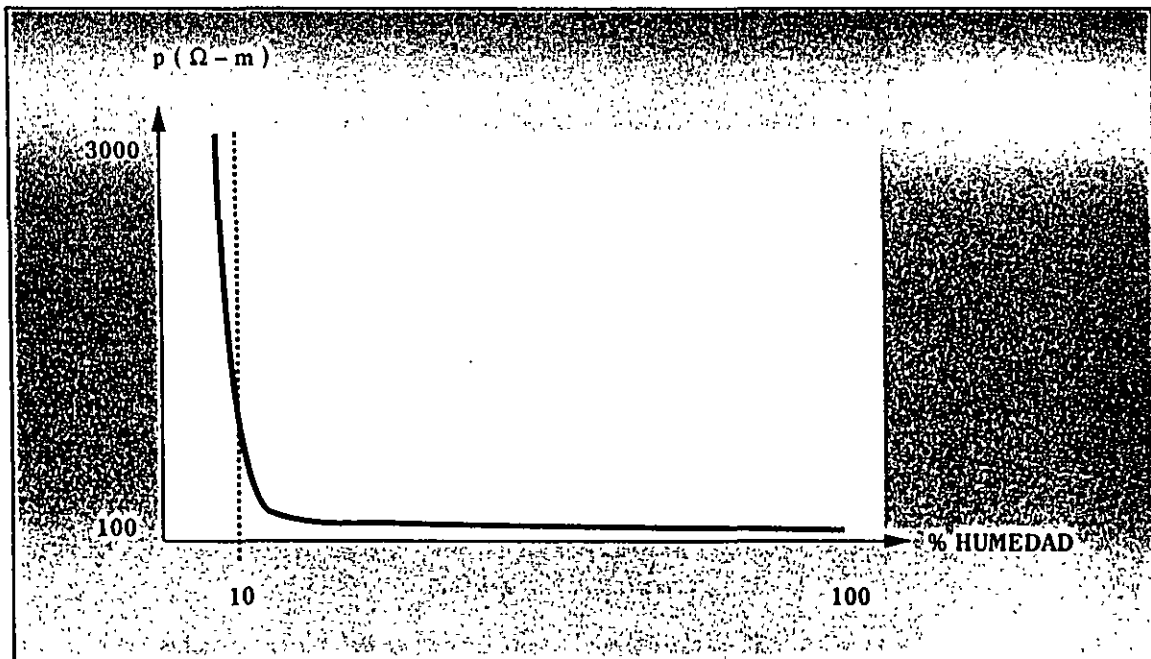
La resistividad que presente un determinado terreno estará en función directa de la naturaleza de los materiales que lo componen. La siguiente tabla indica los valores de resistividad característicos de algunos tipos de suelos y de aguas.

VALORES CARACTERÍSTICOS DE LA RESISTIVIDAD DE LOS SUELOS

TIPO DE SUELO O AGUA	VALOR DE RESISTIVIDAD TÍPICO (ρ) ($\Omega \cdot m$)
Agua de Mar	2
Arcilla	40
Aguas subterráneas	50
Arena	2,000
Granito	25,000
Hielo	100,000

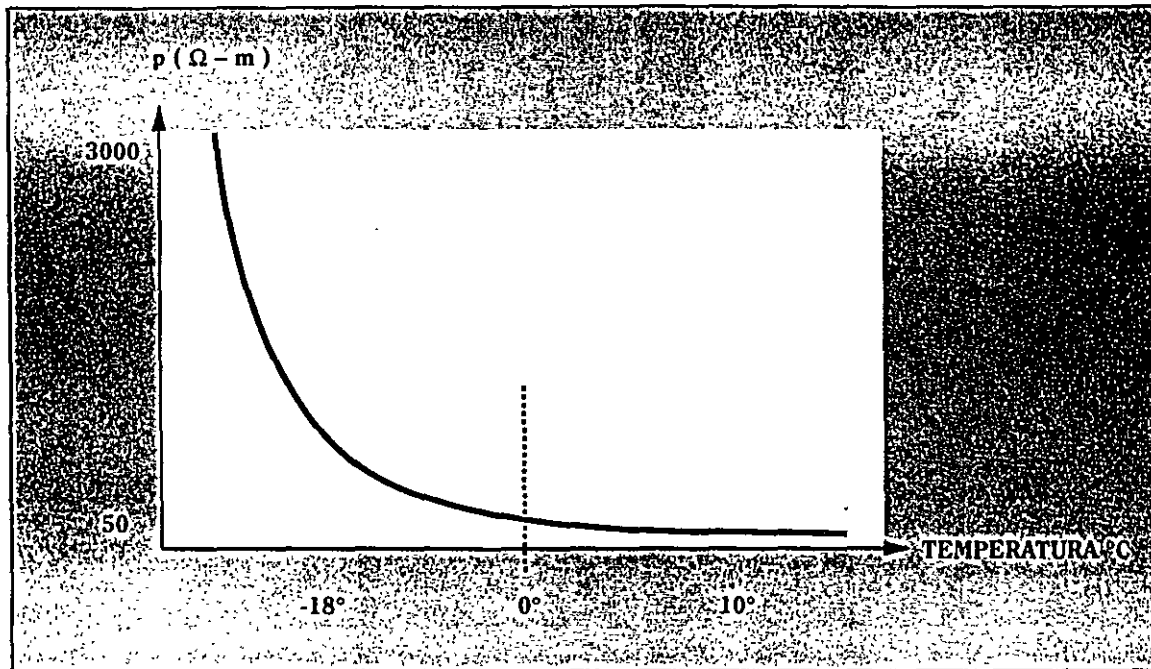
La Humedad :

La resistividad que presenta un terreno está en relación directa con los porcentajes de humedad contenida en él; la gráfica muestra la variación de resistividad, en una muestra de arcilla roja.



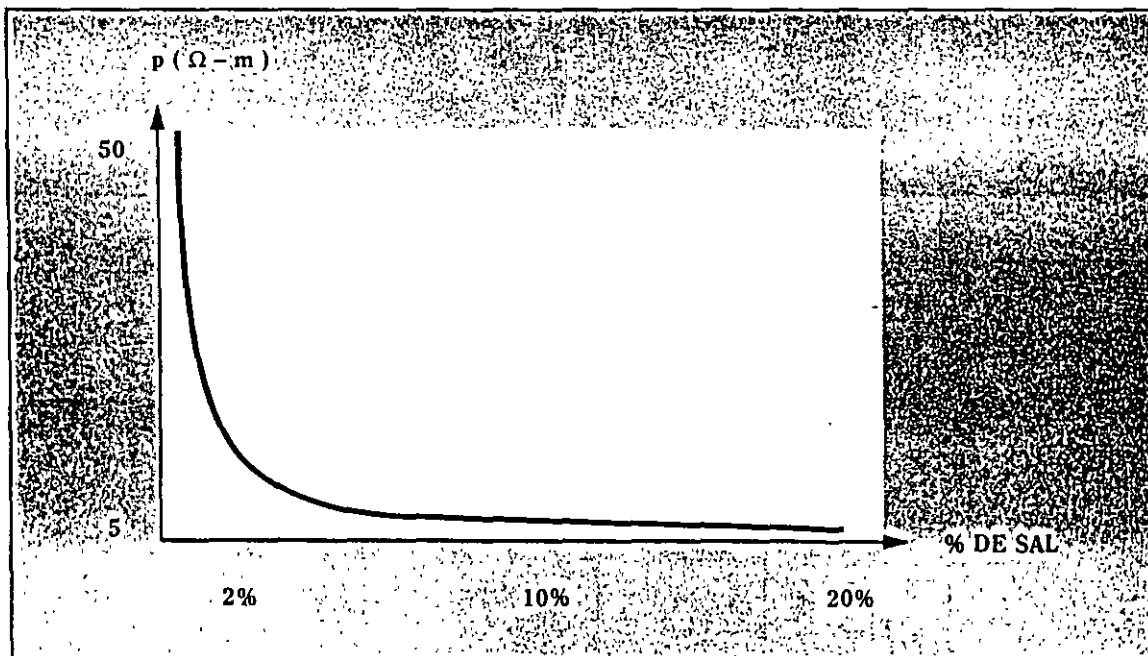
La temperatura.

La resistividad de los suelos, también depende de la temperatura; en la siguiente gráfica, se puede observar cómo aumenta la resistividad de un terreno en función del descenso de la temperatura.



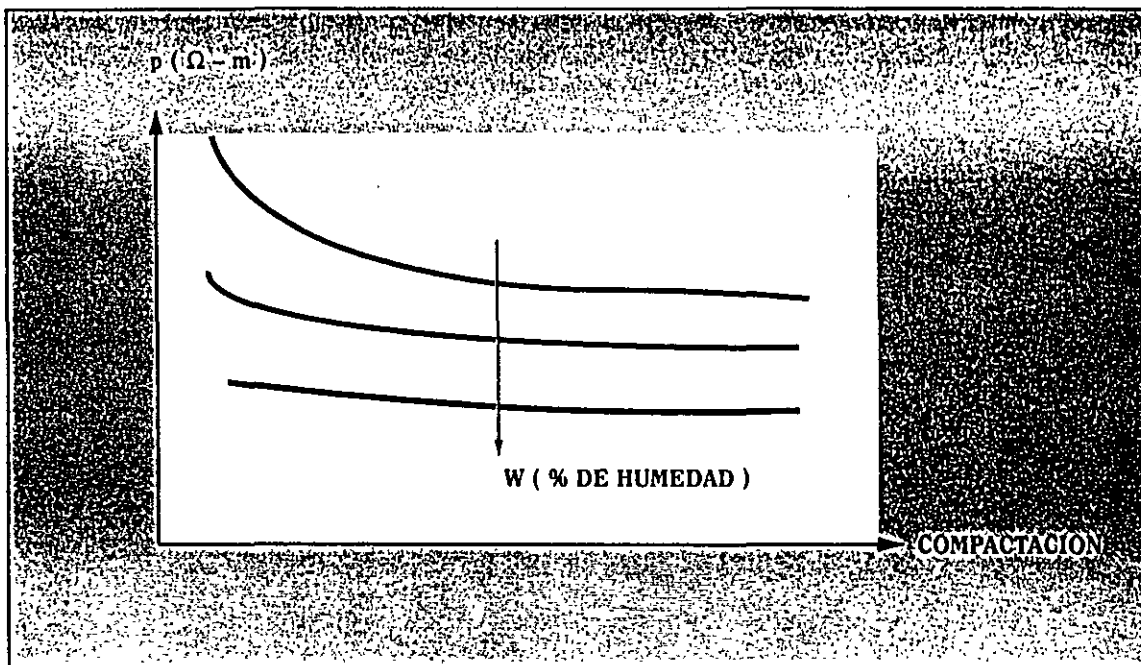
La concentración de sales disueltas.

Al presentarse una mayor concentración de sales disueltas en un terreno, se mejorará notablemente la conductividad del mismo; la siguiente gráfica muestra la variación de la resistividad de un terreno en función del porcentaje de sal presente.



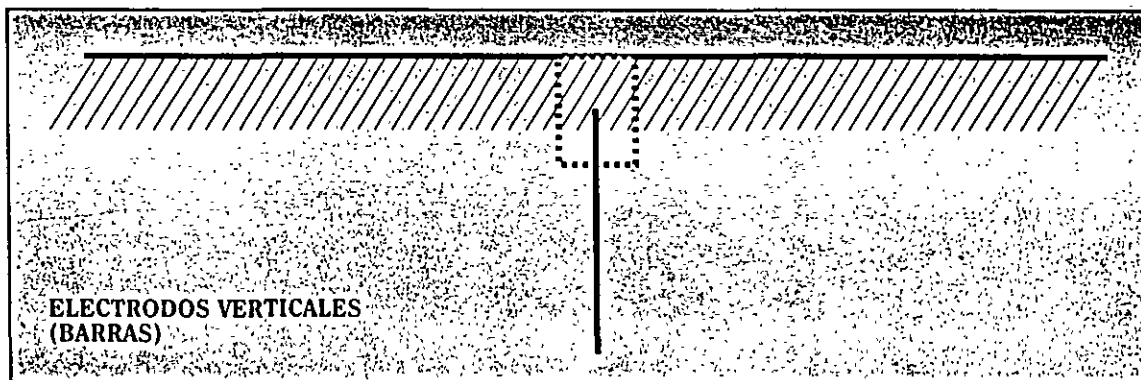
La compactación del terreno.

En la siguiente gráfica se muestra cualitativamente la influencia de la compactación del suelo, en la variación de la resistividad.



CONFIGURACION GEOMETRICA DE LAS PUESTAS A TIERRA

El otro factor relevante en todo sistema de puesta a tierra, es el de los electrodos a tierra y de la configuración geométrica en que éstos se disponen; en la descripción de los siguientes sistemas, se establece la formulación de cálculo y la aplicación a un caso característico.



$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \ln \frac{2l}{a}$$

ρ_e : Resistividad equivalente del terreno ($\Omega \cdot m$)
 l : Longitud de la barra (m)
 a : Radio de la barra (m)
 R : Resistencia a tierra de la barra (Ω)

Aplicación :

Determinar la resistencia de puesta a tierra, de una barra tipo Copperweld, en las siguientes condiciones;

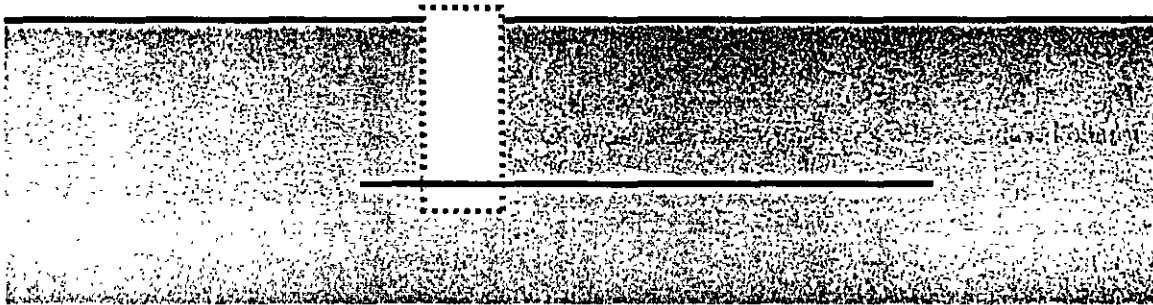
$$\begin{aligned} \rho_e &= 100 (\Omega \cdot m) \\ l &= 1.5 (m) \\ a &= 0.008 (m) \end{aligned}$$

Solución:

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \ln \frac{2l}{a} = \frac{100}{2 \times \pi \times 1.5} \times \ln \frac{2 \times 1.5}{0.008}$$

$$R = 62.88 (\Omega)$$

CONDUCTORES HORIZONTALES



$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dh}$$

- ρ_e : Resistividad equivalente del terreno (Ω -m)
- l : Longitud del conductor (m)
- d : Diámetro del conductor (m)
- h : Profundidad de enterramiento del conductor (m)
- R : Resistencia a tierra del conductor (Ω)

Aplicación:

Determinar la resistencia de una puesta a tierra, realizada en base a un conductor horizontal con las siguientes condiciones:

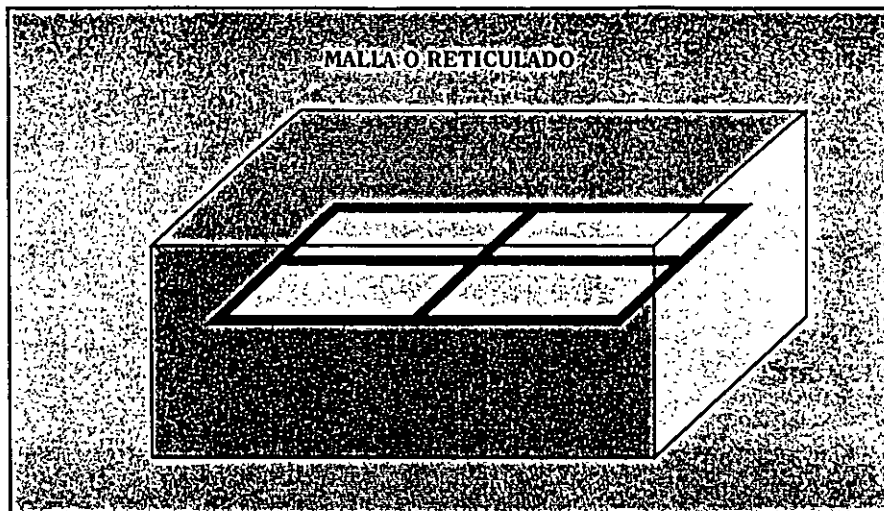
$$\begin{aligned} \rho_e &= 100 (\Omega\text{-m}) \\ l &= 50 (\text{m}) \\ d &= 0.00225 (\text{m}) \\ h &= 0.6 (\text{m}) \end{aligned}$$

Solución:

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dh} = \frac{100}{2 \times \pi \times 50} \times \ln \frac{50^2}{0.00225 \times 0.6}$$

$$R = 4.6 (\Omega)$$

MALLA O RETICULADO



- Aplicando la ecuación de cálculo aproximado de Laurent, se tiene:

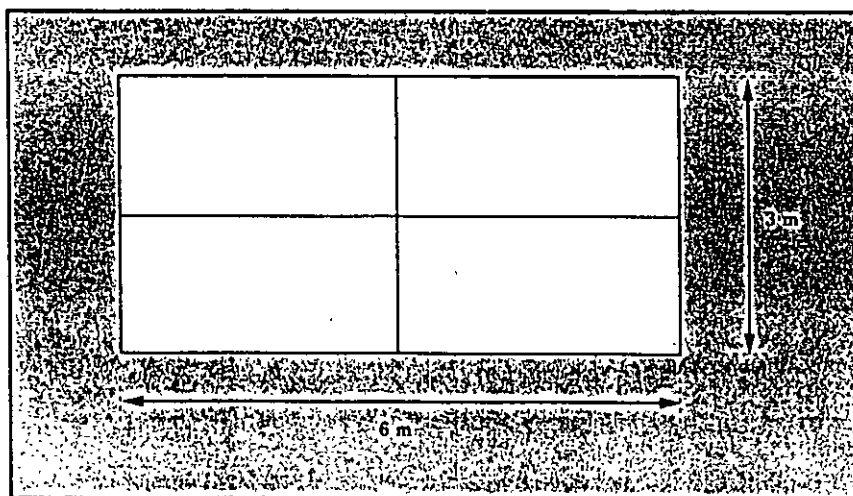
$$R = \frac{\rho_e}{4 \times r} \times \frac{SM}{L}$$

- ρ_e : Resistividad equivalente del terreno ($\Omega\text{-m}$)
- L : Longitud del conductor de la malla (m)
- r : Radio medio de la malla (m) ²
- SM : Superficie de la malla (m)
- R : Resistencia a tierra de la malla (Ω)

$$r = \sqrt{SM/L}$$

Aplicación:

Determinar la resistencia de puesta a tierra, en una Malla de las siguientes características:



$$\begin{aligned} \rho_e &= 100 (\Omega\text{-m}) \\ SM &= 6 \times 3 (\text{m}) \\ L &= 27 (\text{m}) \end{aligned}$$

Solución:

$$r = \sqrt{SM/\pi} = \sqrt{18/\pi} = 2.39 \text{ (m)}$$

$$R = \frac{\rho_e}{4 \times r} + \frac{\rho_e}{L} = \frac{100}{4 \times 2.39} + \frac{100}{27}$$

$$R = 14.16 \text{ (\Omega)}$$

CONCLUSIONES :

A la luz de los antecedentes expuestos, se puede afirmar que:

- No todos los terrenos son eléctricamente iguales.
- En un mismo terreno, cada sistema de electrodos de puesta a tierra da origen a resistencias diferentes.
- No existe una solución única al problema de las puestas a tierra, cada situación es particular y por lo tanto se debe asumir como tal.

Los parámetros que inciden en el valor de las puestas a tierra, son :

- La naturaleza geoelectrica de los suelos.
- La forma geométrica de los electrodos de puesta a tierra.
- El área o superficie de contacto, implícita en la puesta a tierra.

Procobre México, entidad no lucrativa, es una institución creada con el objetivo de llevar a cabo la promoción de las aplicaciones del cobre y sus aleaciones en los mercados nacionales.

La principal función de Procobre es mejorar la eficiencia de las industrias del cobre alrededor del mundo, por medio de proyectos de desarrollo de mercados y actividades tecnológicas.

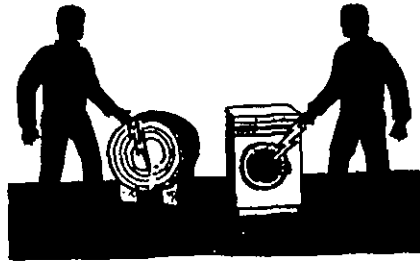
Procobre México promueve en todos los ámbitos al cobre y las aplicaciones que representen mejores expectativas de incremento en ventas de los productos del cobre, beneficiando así a toda la cadena productiva.

LA PUESTA A TIERRA

En toda instalación eléctrica es necesario garantizar la seguridad de las personas que harán uso de ella. Para tal efecto es necesario dotarla de los mecanismos de protección que corresponda.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas para alimentar muchos aparatos eléctricos, fijos y móviles; con estructuras susceptibles de deterioro desde el punto de vista eléctrico, es fundamental la protección contra las fallas de aislamiento que originan la aparición de tensiones por contactos indirectos.

Las tensiones por contacto indirecto se originan en las estructuras metálicas de los equipos eléctricos, cuando un conductor o terminal energizado, ante la pérdida de aislamiento, establece contacto con la estructura metálica energizando a esta.



Ejemplos de contactos indirectos

Para minimizar los efectos de dichos contactos indirectos, toda instalación eléctrica debe contar con un sistema de protección; el método más efectivo y el que presenta la mayor seguridad para las personas es el sistema de puestas a tierra de protección.

PELIGROSIDAD DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Los efectos de la corriente eléctrica sobre las partes vitales del cuerpo humano dependen de lo siguiente:

- Magnitud de la corriente eléctrica en el cuerpo.
- Duración a la exposición.
- Resistencia eléctrica del cuerpo.

Con respecto a la resistencia eléctrica del cuerpo, varía según las condiciones físicas y psíquicas del sujeto y del estado de su piel (seca o mojada).

Se estima que la resistencia de la piel seca puede ser de 100,000 a 300,000 Ohms por cm^2 , pero la resistencia de la piel húmeda puede abatirse a 1% de estos valores. Las corrientes más débiles que pueden producir inesperadas, involuntarias y por ello algún accidente se llaman corrientes de reacción.

El cuadro siguiente describe los efectos de las corrientes de reacción en el cuerpo humano:

Corriente eléctrica (mA)	EFFECTOS
hasta 1	Imperceptible para el hombre.
2 a 3	Sensación de hormigueo
3 a 10	El sujeto consigue, generalmente, desprenderse del contacto (liberación), de manera que la corriente no es mortal.
10 a 50	La corriente no es mortal si se aplica durante intervalos decrecientes a medida que aumenta su intensidad. De lo contrario los músculos de la respiración se ven afectados por calambres que pueden provocar la muerte por asfixia.

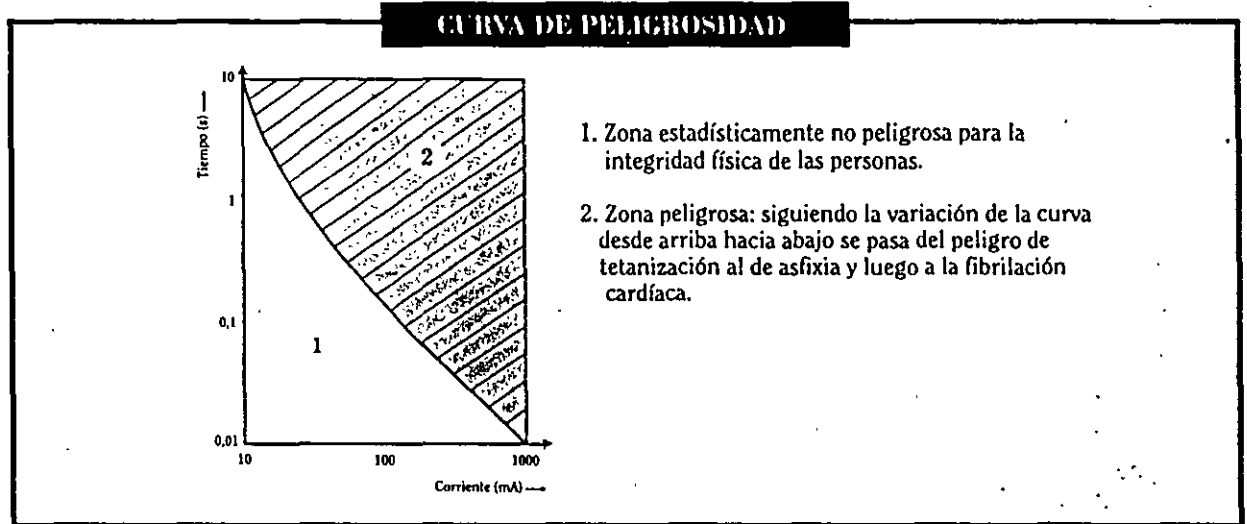
50 a 500

Corriente decididamente peligrosa en función creciente con la duración del contacto que da lugar a la fibrilación cardíaca (funcionamiento irregular con contracciones muy frecuentes e ineficaces), que llevaría a la persona a la muerte

Más de 500

Decrece la posibilidad de fibrilación, pero aumenta el riesgo de muerte por parálisis de los centros nerviosos o a causa de fenómenos secundarios.

En relación con este mismo tema, es útil analizar la curva de peligro que representa la corriente eléctrica para el cuerpo humano.



SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA

Los objetivos de instalar la puesta a tierra en conductores eléctricos, materiales y partes de equipo que no deben transportar corrientes eléctricas indeseables en forma permanente son:

- Conducir a tierra todas las corrientes de fuga, producidas por una falla de aislamiento que haya energizado las carcazas de los equipos eléctricos.
- Evitar que en las carcazas metálicas de los equipos eléctricos aparezcan tensiones que resulten peligrosas para la vida humana.
- Permitir que la protección del circuito eléctrico (disyuntor magnético térmico), despeje la falla, en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Limitar sobre tensiones debidas a descargas atmosféricas y fenómenos transitorios.
- Limitar la diferencia de potencial a tierra en un circuito, durante su operación normal.

Para lograr que una puesta a tierra de protección cumpla con los objetivos previstos, es necesario establecer un medio a través del cual sea posible entrar en contacto con el terreno.

De acuerdo con las dimensiones de terreno disponible para la ejecución de una puesta a tierra, se usan los siguientes tipos de elementos para su construcción:

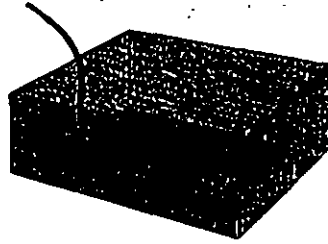
Electrodos verticales (Barras).



Conductores horizontales.



Malla o reticulado.



VALORES CARACTERISTICOS

Para lograr valores óptimos de resistencia a tierra en una instalación de puesta a tierra, se deben considerar los siguientes factores:

- Es necesario conocer que tan buen conductor de la electricidad es el suelo y para esto es necesario saber su resistencia eléctrica, la cuál esta determinada por el tipo de suelo, el contenido de humedad del suelo y su composición química.
- Alternativas para la disposición de un sistema de tierra.
No todos los terrenos resultan ser buenos conductores de la electricidad, por ejemplo: la tierra orgánica húmeda es 10 veces mejor conductora de electricidad que la tierra húmeda y 100 veces mejor conductora de la electricidad en comparación con la tierra seca.

En México se tiene una amplia variedad de suelos y para cada tipo y determinada composición climatológica existe una alternativa diferente en diseño y disposición de un sistema de tierra para poder obtener un valor idóneo de resistencia a tierra tales como:

- Electrodo verticales
 - Electrodo profundos
 - Electrodo horizontales
 - Electrodo múltiples
 - Electrodo de placa
 - Electrodo de anillo
 - Electrodo químicos
- Uso de aditivos
El agregar aditivos al terreno para mejorar la conductividad de los mismos, es un método para obtener una mejor puesta a tierra. En terrenos de muy baja conductividad se puede rebajar el valor de una puesta a tierra hasta en un 40% por uso de aditivos.

REQUISITOS PARA EL CALCULO DE UNA PUESTA A TIERRA

- Tensión de seguridad (V_s)
Tensión que alcanza una carcasa energizada producto de una falla de aislamiento no debe superar los niveles de tensión que resultan no ser peligrosos para la vida de las personas; a estos niveles de tensión se les denomina tensión de seguridad (V_s).
 - $V_s = 65$ V; en ambientes secos o de bajo riesgo eléctrico.
 - $V_s = 24$ V; en ambientes húmedos o de alto riesgo eléctrico.

Para que una puesta a tierra controle estos potenciales eléctricos de seguridad, es decir, que la tensión que aparece entre una carcasa energizada y la tierra, no supere los niveles de peligro para la vida de las personas. La puesta a tierra debe tener el óptimo valor de resistencia a tierra.

$$RTP = \frac{Vs}{2.5 \cdot In} (\Omega)$$

V_s : Tensión de seguridad (V)
 RTP : Resistencia de la puesta a tierra (Ohms)
 I_n : Corriente nominal del protector del circuito (A)

Ejemplo: para determinar la resistencia de una puesta a tierra en una instalación eléctrica ejecutada en un lugar seco y protegido por un interruptor de 10 A; aplicando la ecuación descrita anteriormente; tenemos:

$$RTP = \frac{65}{2.5 \cdot 10} = 2.6 (\Omega)$$

La resistencia que debe presentar la puesta a tierra es significativamente baja; si consideramos que un electrodo de puesta a tierra tipo copperweld de 1.5 m de longitud y con un diámetro de 5/8" presenta una resistencia del orden de 40 a 100 Ohms.

Cerca de la superficie del suelo por lo general se tienen valores de alta resistencia a tierra, dado el bajo contenido humedad. Cuando estas condiciones se presentan y la constitución del terreno lo permite, se impone el uso de electrodos de tierra verticales de suficiente longitud que también llamamos *electrodos profundos*.

Esta práctica es un factor importante para poder obtener contacto con los niveles del subsuelo con mayor humedad.

Cuando las condiciones del terreno no permiten instalar electrodos verticales, se recurre a otros métodos, uno de ellos muy eficiente es el de electrodos horizontales.

MEDICIONES DE PUESTAS A TIERRA

Para verificar las condiciones de la resistencia de la puesta a tierra se deben tener presente los siguientes requerimientos:

- La instalación debe estar desenergizada.
- Se deben retirar todas las conexiones a la puesta a tierra.
- La medición se efectúa utilizando un instrumento especial para la evaluación de puestas a tierra; por ejemplo el *Geohm III*, *Vibro ground*, etc.
- Uno de los electrodos de corriente del instrumento se conecta a la puesta a tierra.
- El otro electrodo de corriente del instrumento se conecta al terreno a través de un electrodo auxiliar a una distancia no inferior a los 20 m. en el caso de una malla y a una distancia de 10 veces la longitud de un electrodo vertical.
- El tercer electrodo del instrumento (potencial), se conecta a través de un segundo electrodo auxiliar al terreno y se desplaza sucesivamente entre los electrodos de corriente.
- Cada medición se gráfica y finalmente se concluye el valor de la puesta a tierra cuando la curva del gráfico.

