



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



**FACULTA DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**“EVALUACION DE COSTOS PARA LA DISMINUCIÓN DE CONSUMO
DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS”**

**TESIS
PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
ÁREA: INDUSTRIAL**

**PRESENTA:
LÓPEZ SANTIAGO ABELINO**

ASESOR: ING. DÁMASO VELÁZQUEZ VELÁZQUEZ

Bosques de Aragón, Estado de Mexico, Abril de 2014.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EVALUACION DE COSTOS PARA LA DISMINUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS.”



Índice	I
Objetivo & Introducción	III
Capítulo 1 Terminología y definición de la iluminación	1
1.1 El ojo humano	1
1.1.1 Partes que lo conforman	1
1.1.2 Como trabaja el ojo humano	2
1.1.3 Defectos estructurales del ojo	4
1.1.4 Curva de sensibilidad del ojo	8
1.2 Factores que influyen en la visión	11
1.2.1 Reflexión.	11
1.2.2 Reflexión espectacular	11
1.2.3 Reflexión difusa	12
1.2.4 Reflexión mixta	13
1.2.5 Transmisión	14
1.2.6 Refracción	14
1.2.7 Polarización	15
1.2.8 Absorción	15
1.3 El color	16
1.4 Conceptos de luz e iluminación	17
1.4.1 Cantidad de iluminación	18
1.4.2 Calidad de iluminación	20
Capítulo 2 Fuentes luminosas y tipos de iluminación	22
2.1 Lámparas incandescentes	24
2.1.1 Lámpara fluorescente	26
2.1.2 Características de lámparas fluorescentes de 38 mm	30
2.1.3 Lámpara de vapor de mercurio	32
2.1.4 Características de las lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente	33
2.1.5 Lámparas de metal halide (halogenuro)	34
2.1.6 Lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia luminosa	35
2.1.7 Lámparas de sodio de alta presión	36
2.1.8 Lámparas de sodio a baja presión	39
2.2 Balastros	40
2.2.1 Clasificación de balastros	40
2.2.2 Operación básica de un balastro electrónico	41
2.2.3 Balastros de las lámparas alta intensidad de descarga.	43
2.3 Conductores eléctricos	48
2.3.1 Clasificación y características de los conductores	49
2.3.2 Los aislamientos	50
2.3.3 Tipos NM y NMC	53
2.3.4 Alambre tipo THW	53
2.3.5 Alambre tipo TWD	55
2.4 Conectores y accesorios	56
2.4.1 Armazones y charolas	63
2.4.2 Determinación del ancho de la charola	67
2.4.3 Determinación de las cargas mecánicas	68
2.4.4 Cantidad de cables multiconductores alojados en charolas tipo escalera	69
2.4.5 Cantidad de cables de un solo conductor alojados en charolas tipo escalera	70
2.5 Tableros	71
2.5.1 Tipos de tableros	71
2.5.2 Apagadores	72
2.5.3 Montaje de los apagadores	75
2.5.4 Contactos	76
2.5.5 Fusibles	77
2.5.6 Clasificación de los fusibles	80

EVALUACION DE COSTOS PARA LA DISMINUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO DE OFICINAS.”



2.5.7	Fusibles de media tensión	81
2.6	Aspectos generales para la selección de fusibles de media tensión	82
2.6.1	Reglamento de obras e instalaciones eléctricas	83
2.6.2	Interruptores termomagnéticos	84
2.6.3	Interruptores termomagnéticos instantáneos	85
2.6.4	Interruptores termomagnéticos de tiempo inverso	85
2.6.5	Uso de los interruptores termomagnéticos en corriente continúa	86
2.7	Sobretensiones	88
2.7.1	Protección de líneas eléctricas contra sobretensiones	88
2.8	Sistemas de tierras	92
2.9	Aparatos para iluminación (luminarias)	93
Capítulo 3 Niveles de iluminación		97
3.1	Selección de los niveles de iluminación	98
3.2	Distribución espacial de la luz	100
3.3	Condiciones a seguir para un nivel de iluminación	105
3.4	Normas para el cálculo de iluminación	106
3.5	Alumbrado interior	112
3.6	Calculo de alumbrado	114
3.6.1	Método de los Lúmenes	114
3.6.2	Factor de utilización	115
3.6.3	Factor de mantenimiento o conservación	118
3.6.4	Determinación del número de luminarias	118
3.6.5	Alumbrado exterior	122
3.6.6	Cálculo de la iluminación (Método del punto por punto)	122
3.6.7	Curvas Isolux	123
3.7	Iluminación de emergencia	126
Capítulo 4 Evaluación de costos y ahorro de energía eléctrica		127
4.1	Iluminación	127
4.2	Costos de inversión en iluminación eficiente	129
Conclusiones		139
Bibliografía		141

Objetivo

“Comparar y hacer una evaluación de costos para la disminución de consumo de energía eléctrica en un edificio de oficinas.”

Introducción

La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actuales actividades sociales, comerciales e industriales. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

La iluminación representa en muchos edificios un porcentaje elevado del consumo eléctrico. Así, el porcentaje de energía eléctrica dedicado a iluminación puede llegar a alcanzar en algunos casos más del 50 %.

Sector	% de energía eléctrica dedicada a iluminación
Oficinas	50 %
Hospitales	20-30 %
Industria	15 %
Colegios	10-15 %
Comercios	15-70 %
Hoteles	25-50 %
Residencial	10-15 %

Por tanto, existe un gran potencial de ahorro, energético y económico, alcanzable mediante el empleo de equipos eficientes, unido al uso de sistemas de regulación y control adecuados a las necesidades del local a iluminar.

Este trabajo de tesis proporciona los conocimientos y pautas necesarias para que los sistemas de iluminación sean energéticamente eficientes prestando también atención a los criterios de calidad y ergonomía en cada caso. Deben tenerse en

cuenta todas las fases del proyecto: diseño, selección de equipos, mecanismos de gestión y control y operaciones de mantenimiento.

La selección de un sistema de iluminación es extraordinariamente compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. En forma simplificada se puede afirmar que ellos se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida.

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso. En efecto, algunas de las alternativas disponibles son aplicables en forma preferencial en los galpones industriales (tubos fluorescentes), otras en el alumbrado público y exteriores de plantas industriales (lámparas de sodio de alta presión), en el sector comercio (halógenas, fluorescentes compactas y tubos fluorescentes) y en las residencias, según las áreas:

- incandescentes en zonas de baja ocupación y con exigencias estéticas, tubos fluorescentes en cocinas y baños, y
- fluorescentes compactas en áreas exteriores con uso diario prolongado.

La eficiencia energética sólo tiene sentido en la medida que permite reducir los costos globales de producción. Ello implica considerar, no sólo el costo total de los equipos nuevos, en los casos de reemplazo de equipos existentes en uso, o la inversión incremental al seleccionar equipos nuevos -los equipos eficientes cuestan, en general, más que los equipos estándares- sino que además los costos

diferenciales de operación y mantención de los equipos eficientes respecto de los estándares, las diferencias de productividad entre ambas opciones, etc.

En términos generales puede afirmarse que en la mayoría de las instalaciones eléctricas se derrocha del orden de un 10% o más de la electricidad que se adquiere a las empresas eléctricas debido a una selección y operación inadecuada de los equipos y sistemas de distribución de la electricidad.

Capítulo 1

Terminología y definición de la iluminación

1.1 El ojo humano

El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se perciben las sensaciones de luz y color. El globo ocular es aproximadamente esférico y su diámetro se considera alrededor de 2.5 cm en una persona adulta, es aquí donde se inicia aquí el procesamiento de la luz. Los ojos son extensiones del cerebro y de la parte más externa del sistema nervioso central.

En los ojos la luz se filtra y se enfoca, y luego es convertida en pulsos eléctricos para ser enviada a través del nervio óptico al cerebro.

1.1.1 Partes que lo conforman

Para estudiar este órgano fisiológico del cuerpo humano, comenzaremos por conocer sus partes principales y describir las funciones a grandes rasgos de cada uno de ellas, ver Figura 1.1

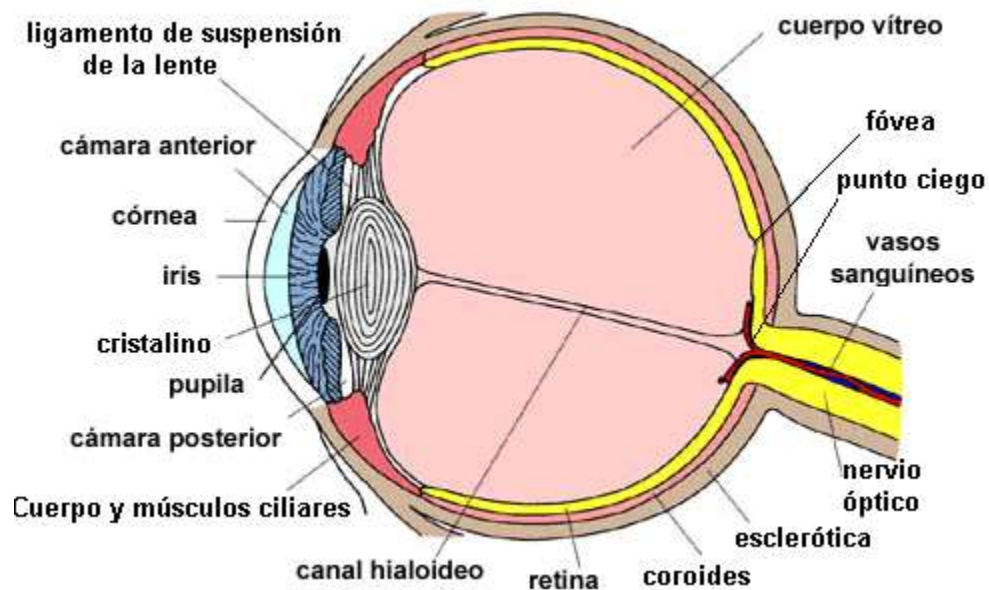


Figura 1.1 Conformado del ojo humano

1.1.2 Como trabaja el ojo humano

El propósito de un ingeniero de iluminación es el de crear un sistema de alumbrado que estimule la sensación de la visión en el ojo humano de la mejor manera posible y de la de llevar acabo satisfactoriamente su función principal, que es la de proporcionar luz para la realización de las tareas visuales con un máximo de exactitud, seguridad, eficacia y confort con un mínimo de esfuerzo y la fatiga.

El ojo está recubierto interiormente por una capa de terminales nerviosas especializadas, llamada “retina” y en ella se forman las imágenes de los objetos externos producidos por la cornea y al lente del cristalino. Este último es un lente elástico el cual cambia su forma o curvatura para enfocar lo que se mira, es decir, ajusta la distancia focal hasta el lugar preciso hasta que la visión del objeto en cuestión resulta clara y precisa. La abertura del ojo esta limitada por el iris, el color, en cargado de regular la cantidad de luz que entra al mismo.

En el centro del iris existe una abertura circular llamada pupila, cuando frente al ojo se coloca una luz brillante, la pupila disminuye de diámetro, pero cuando esta el ojo en un sistema muy poco iluminado, aumenta su tamaño para dejar entrar toda la luz posible.

El espacio entre la cornea y la lente (el cristalino) está lleno de un fluido de consistencia de agua llamada humor acuoso, en donde se concentra y refracta los rayos de la luz, formando un cono luminoso que pasa al interior del ojo, El espacio entre la lente y la retina esta ocupada por una sustancia gelatinosa llamada humor vítreo, que es la le da cuerpo al ojo humano.

La retina está dotada de elementos foto receptores que cumplen deistitas funciones. Estos por su forma reciben el nombre de bastoncillos y conos. Se localizan en la retina en la parte posterior de cada ojo. Los conos hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color.

Son insensibles a los niveles de bajos de iluminación; se encuentran principalmente cerca del centro de la retina, con mayor concentración de la fovea¹, es en esta donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de objeto que debe ser examinado minuciosamente. Los bastones o bastoncillos son sensibles a niveles bajos de iluminación, no responden al color y existen únicamente fuera de la región foveas, aumentando su número a medida que aumenta la distancia a la fovea. Figura 1.2

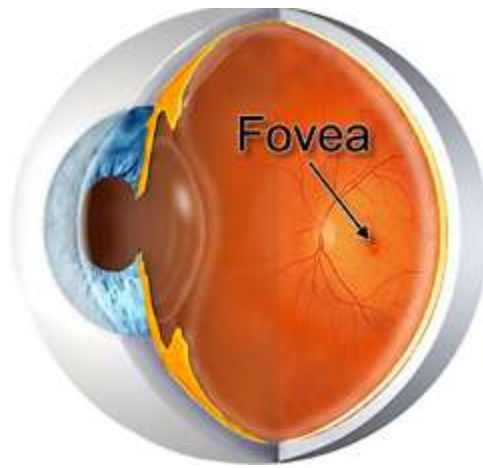


Figura 1.2 La fovea, es en esta donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de objeto que debe ser examinado minuciosamente.

Cuando sé esta al sol, los conos y los bastones se equilibran químicamente para hacer frente a la intensísima luz, pero al entrar a una habitación, la cantidad de luz es mucho menor y aquellos tienen que adaptarse mediante otras reacciones químicas.

Lo interesante es que los conos (cuya función principal es la de ver los colores y no tanto la luz), son los primeros en adaptarse a la penumbra, en unos 10 minutos;

¹ La fovea forma parte de la retina que nos ayuda a tener una visión más nítida y detallada. Se ubica en el centro de la denominada mácula lútea (lugar donde se reúnen los rayos de luz) y ocupa un área de 1.5 milímetros cuadrados. Su desarrollo en el ojo humano inicia desde el vientre materno y concluye hasta los cinco años; oftalmológicamente, la fovea se reconoce por un reflejo luminoso oval. La principal función de esta zona es obtener una visión aguda y precisa de las cosas. <http://www.salud180.com/maternidad-e-infancia/que-es-la-fovea>

y en cambio los bastones, supersensibles a la luz, tardan de 30 a 40 minutos aproximadamente en adaptarse del todo.

Por lo anterior podemos deducir que simple y llanamente vemos con el cerebro; lo que llamamos vista no es si no el resultado final del viaje que la luz realiza a través de ciertas partes del cerebro.

1.1.3 Defectos estructurales del ojo

El ojo normal o emétrepe es aquel donde la imagen de un objeto en cuestión se enfoca o proyecta exactamente en la retina sin tener necesidad de usar lentes de ningún tipo, a saber: Convergentes o convexo y divergente o cóncavo.



Figura 1.3 la imagen en el ojo normal o emétrepe.

Determinados inconvenientes en el cristalino o en la retina del ojo, provoca defectos en la visión tales como:

- a) **Miopía.** El globo del ojo de una persona miope es demasiado alargado. De tal manera que los rayos paralelos que provienen de un objeto distante van a enfocarse antes de llegar a la retina y no en ella. En la figura 1.4 se muestra este problema y su solución.

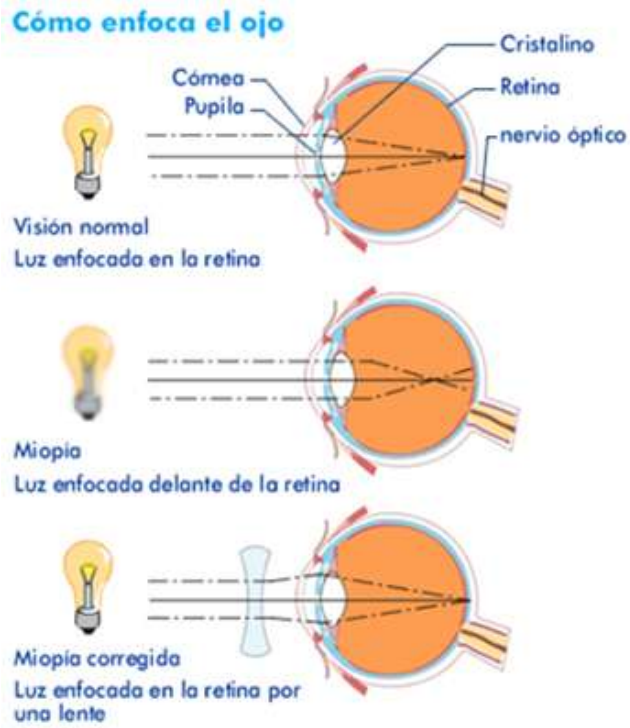


Figura 1.4 Miopía y su corrección

b) Hipermetropía. El globo ocular de una persona hipermétrope es demasiado corto, por lo tanto la distancia focal del ojo es demasiado grande y la imagen en cuestión se proyecta de tras de la retina como se muestra en la figura 1.5

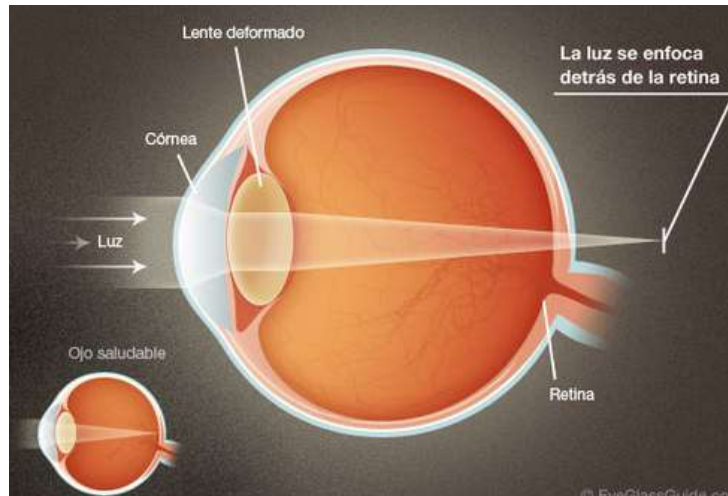


Figura 1.5 Hipermetropía.

Como se puede ver la hipermetropía se puede corregir con el uso de lentes convergentes (también llamados convexos) adecuados, (lentes de bordes delgados), pues de esta manera se le da al ojo el poder de convergencia de que carece. Los lentes convergentes hacen posible que los rayos paralelos converjan un poco antes de entrar al ojo, para que el sistema de lentes del ojo pueda entonces enfocar el objeto en cuestión, en la retina. Así pues, unos buenos anteojos convenientemente diseñados bastaran para enfocar cualquier distancia.

c) **Astigmatismo.** Existen en ocasiones este defecto que consiste en la incapacidad del ojo de enfocar líneas horizontales y verticales al mismo tiempo, es decir, que en un punto luminoso no da sobre la retina en un punto como imagen; este defecto se debe ordinariamente a la desigualdad de curvatura de la córnea en diferentes secciones. Por ejemplo: una sección vertical del ojo, la córnea podrá aparecer con una curvatura mayor que en una sección horizontal de tal manera que la distancia focal del ojo en un plano vertical sea menor que su distancia focal en un plano horizontal. En este problema se corrige usando anteojos con lentes plano cilíndricas, observar la figura 1.6

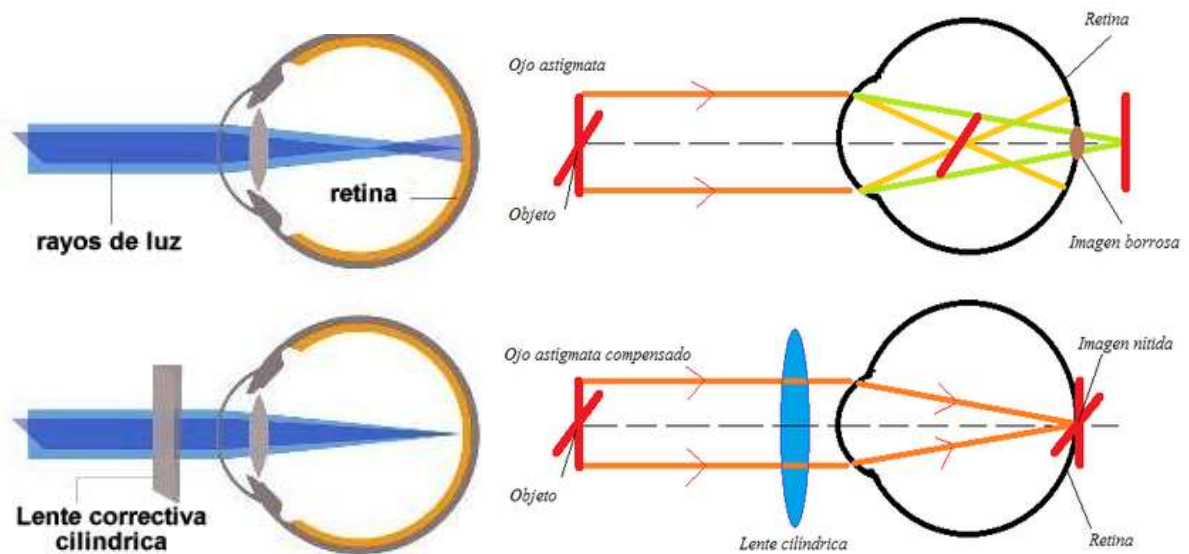


Figura 1.6 Lentes para astigmatismo.

Un ojo que este en estas condiciones y que vea una sucesión de líneas verticales y horizontales, encontrara las líneas horizontales desenfocadas cuando las verticales estén enfocadas y viceversa porque cuando la imagen de una este enfocada en la retina, la de las otras no estará en ellas.

d) Daltonismo. El daltonismo es un defecto genético que ocasiona dificultad para distinguir los colores. La palabra daltonismo proviene del físico y matemático John Dalton que padecía este trastorno. El grado de afectación es muy variable y oscila entre la falta de capacidad para discernir cualquier color (acromatopsia) y un ligero grado de dificultad para distinguir algunos matices de rojo y verde. A pesar de que la sociedad en general considera que el daltonismo pasa inadvertido en la vida diaria, supone un problema para los afectados en ámbitos tan diversos como: valorar el estado de frescura de determinados alimentos, identificar códigos de colores de planos, elegir determinadas profesiones para las que es preciso superar un reconocimiento médico que implica identificar correctamente los colores (militar de carrera, piloto, capitán de marina mercante, policía, etc.). Puede detectarse mediante test visuales específicos como las cartas de Ishihara.

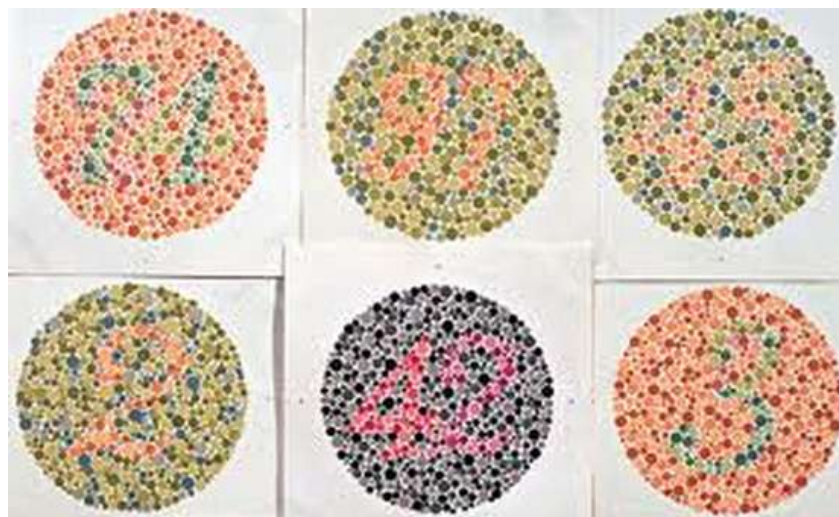


Figura 1.7 Ejemplo de una carta de color Ishihara. El número "74" debe ser claramente visible para los individuos con visión normal. Las personas con tricromacia pueden leer "21", y aquellos con acromatismo no distinguen ningún número.

El defecto genético es hereditario y se transmite generalmente por un alelo recesivo ligado al cromosoma X. Si un varón hereda un cromosoma X con esta deficiencia será daltónico. En cambio en el caso de las mujeres, que poseen dos cromosomas X, sólo serán daltónicas si sus dos cromosomas X tienen la deficiencia. Por ello el daltonismo afecta aproximadamente al 1.5 % de los hombres y solo al 0,5 % de las mujeres.

El término discromatopsia se utiliza en medicina también para describir la dificultad en la percepción de los colores, pero tiene un significado más general. La discromatopsia puede ser de origen genético, en cuyo caso se denomina discromatopsia congénita o daltonismo. También pueden producirse discromatopsias que no son de origen genético y se presentan en algunas enfermedades de la retina o el nervio óptico.

1.1.4 Curva de sensibilidad del ojo

El ojo humano tiene respuestas diferentes para cada longitud de onda o colores. Después de un gran número de experimentos en personas que han sido sometidas a iguales condiciones de energía luminosa con distintas longitudes de onda se ha establecido una curva de sensibilidad del ojo que podría decirse que es estándar para un ojo normal – emétrope, Figura 1.8

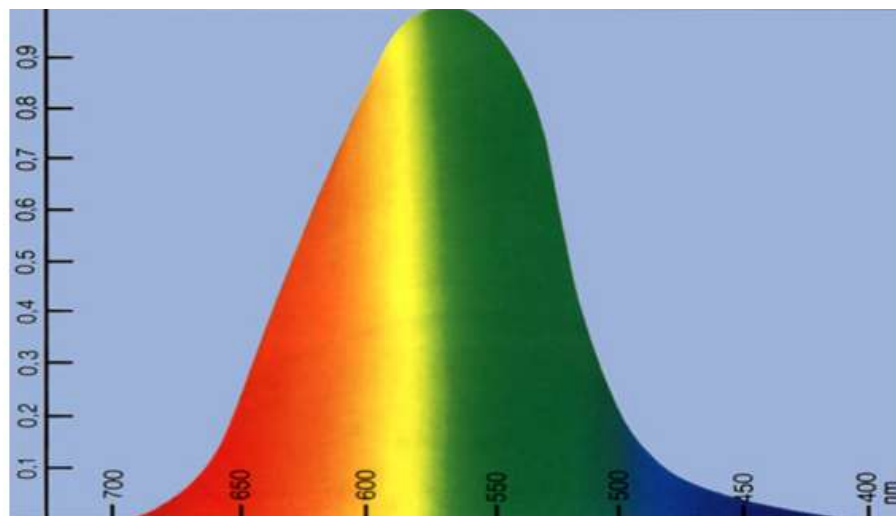


Figura 1.8 sensibilidad del ojo a los colores

- El rango de ondas de la luz que es visible por las personas está entre 380 nm y 780 nm.
- Un luxómetro debe evaluar la luz con arreglo a la misma "característica" que el ojo para producir lecturas significativas.

La máxima sensibilidad está en el amarillo – verdoso, con una longitud de onda aproximada de 550 nanómetros (nm), para un buen nivel de iluminación cuando se presenta condiciones de baja iluminación, la curva tiene un corrimiento hacia el azul, teniendo a su máxima sensibilidad alrededor de los 510 nm.

Cuando el nivel de iluminación es alto, como sería el caso de la luz natural la sensibilidad del ojo esta basada en la “en la visión por conos”. Cuando esto sucede se le denomina “visión fotópica” que en la curva de sensibilidad se representa como la curva de línea continua.

En niveles de iluminación muy bajos como las condiciones de la noche sin luz artificial, los conos no pueden operar y es entonces cuando los bastones se encargan de todo el proceso visual.

La visión mediante los bastones se denomina “visión escotópica”, es entonces cuando la curva de sensibilidad tiene un ligero corrimiento o desplazamiento hacia el azul (línea punteada).

A este fenómeno se le conoce como “efecto Purkinje” en honor a Jon Evangelista Purkinje, las aplicaciones de este efecto son importantes en las instalaciones que presentan niveles muy bajos de iluminación artificial.

A medida que la luminosidad se pierde, la retina del ojo humano pierde sensibilidad para largas longitudes de onda de la luz (correspondientes a los colores amarillo, naranja y rojo), a la par que gana sensibilidad para cortas longitudes de onda de la luz (correspondientes a los colores verde, azul y violeta).

De tal modo que observando a la penumbra cualquier superficie coloreada, a medida que se pierde la luz pasaríamos de apreciar los colores rojos como los más brillantes, a apreciar los colores azules como los más brillantes.

La razón fisiológica es la presencia en la retina de dos tipos de células receptoras distintas. Los conos son más sensibles a la luz amarilla, mientras que los bastones, que son más sensibles a la luz en general (y por lo tanto más importantes con poca luz). Los bastones, pese a no distinguir colores, responde mejor ante los colores azules y verde, razón por la cual estos se muestran más brillantes en situaciones de baja luminosidad.

La figura 1.9 de arriba muestra como existen dos tipos de equilibrio y de luminosidad ideal para el ojo humano.

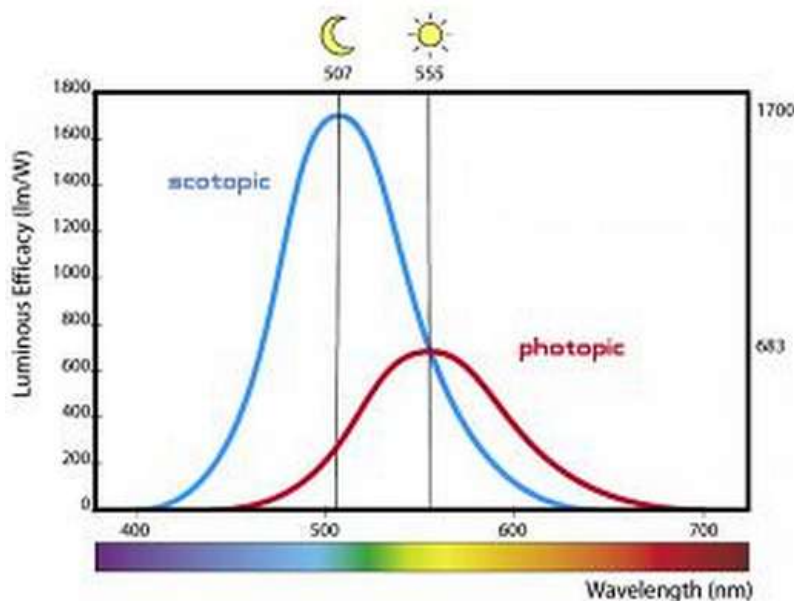


Figura 1.9 efecto Purkinje²

² <http://recuerdosdepandora.com/ciencia/fisica/el-efecto-purkinje-como-ve-nuestro-ojo-en-la-oscuridad/>

La visión fotópica es la que se da con gran luminosidad, los conos alcanzan su mayor respuesta consiguiendo que el ojo tenga una interpretación de los colores adecuada.

El segundo punto de equilibrio se corresponde con la visión escotópica, cuando los conos dejan de funcionar adecuadamente, y los bastones se convierten en los receptores principales, provocando que se aprecien mejor los colores correspondientes a cortas longitudes de onda.

Esta peculiaridad es también la responsable de que nuestra vista durante el amanecer y el atardecer sea más imprecisa que de día o de noche, ya que nuestros ojos no consiguen adaptarse ni a la visión fotópica, ni a la visión escotópica.

1.2 Factores que influyen en la visión

1.2.1 reflexión.

El fenómeno de la reflexión se puede definir como la radiación de una luz que incide sobre una superficie pulida sin que se produzca cambios de frecuencia en ninguno de sus componentes monocromáticos que la integran.

1.2.2 Reflexión espectacular

Es la que tiene lugar en una superficie extremadamente lisa. La reflexión espectacular esta regida por dos leyes fundamentales:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie en el punto de la incidencia esta en un mismo plano.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión; como se observa en la figura 1.10

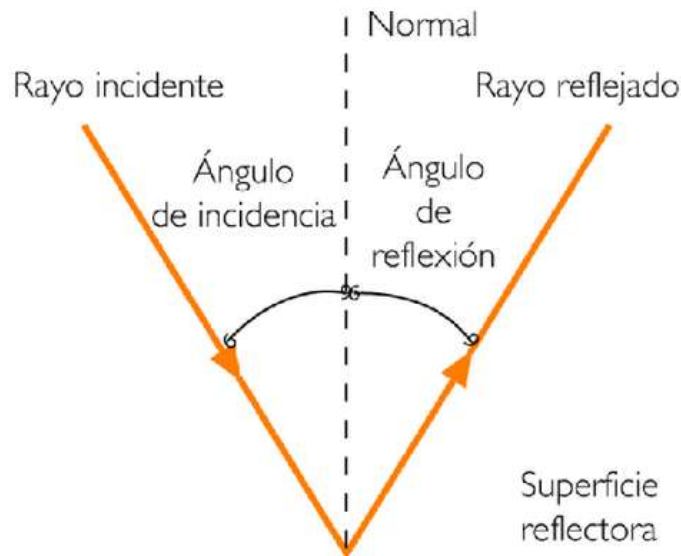


Figura 1.10 Rayo incidente Y rayo reflejado

Las superficies capaces de reflejar espectacularmente se emplean en la luminotecnia como espejos, incorporándose algunos tipos de luminarias.

Entre los materiales utilizados para este fin se encuentran;

- Aluminio anodizado.
- Láminas de cromo, oro, plata.
- Vidrios o plásticos aluminados o plateados.

1.2.3 Reflexión difusa Si una superficie es rugosa o está compuesta por partículas minúsculas reflectantes (como una superficie cristalina), la reflexión es difusa.

Las partículas actúan como reflector espectacular, como la superficie de cada una de ellas está orientada según planos diferentes aparece luz reflejada con diferentes ángulos; como se observa en la figura 1.11.

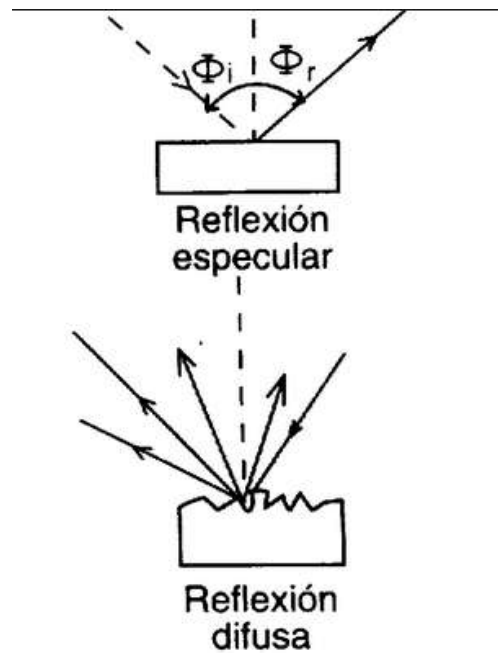


Figura 1.11 Reflexión difusa

1.2.4 Reflexión mixta Muchos materiales actúan como reflector compuesto, es decir, su reflexión no es especular ni difusa, sino una combinación de ambas. Por ejemplo, un reflector difuso con una delgada capa de barniz transparente actuara como reflector casi difuso con ángulos pequeños incidencia y como reflector mas bien especular con ángulos grandes; como se observa en la figura 1.12

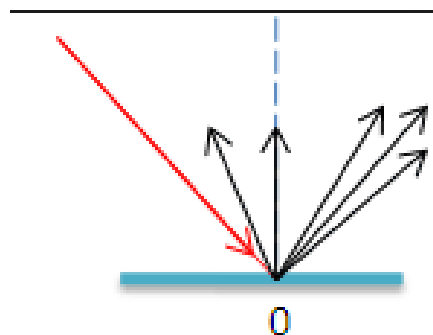


Figura 1.12 Reflexión mixta

1.2.7 Polarización La luz que no esta polarizada consta de ondas electromagnéticas, que tienen vibraciones de igual magnitud en todas direcciones perpendiculares a la dirección del haz de la luz. Esta onda puede descomponerse en sus componentes verticales y horizontales; cuando estos componentes son iguales la luz no esta polarizada; cuando son desiguales, la luz esta parcialmente polarizada, y cuando la luz vibra en un solo plano se dice que esta plano polarizada, Figura 1.15

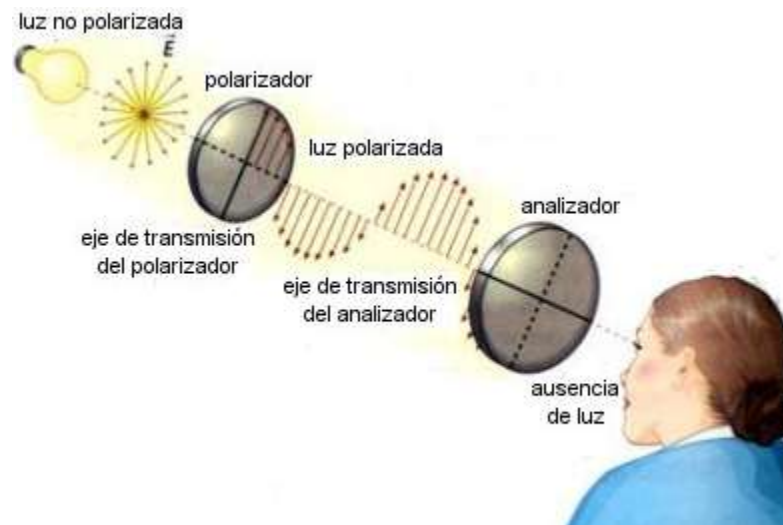


Figura 1.15 Polarización de la luz

1.2.8 Absorción

La absorción se realiza en todos los fenómenos físicos de la luz y es la propiedad que tienen los cuerpos de absorber en mayor o menor porción una parte del flujo luminoso que incide sobre ellos, dependiendo de los materiales componentes de cada cuerpo. La consecuencia más interesante de este fenómeno es el color de los cuerpos, ya que depende del grado de absorción, del color de un objeto y de la totalidad del mismo. Figura 1.16

1.2.5 Transmisión. Se denomina transmisión al paso de los rayos de luz a través de un medio sin que se produzca ninguna alteración de la frecuencia de sus componentes monocromáticos. Este fenómeno es característico de ciertos tipos de vidrio, cristal, agua, y otros líquidos; observar la figura 1.13

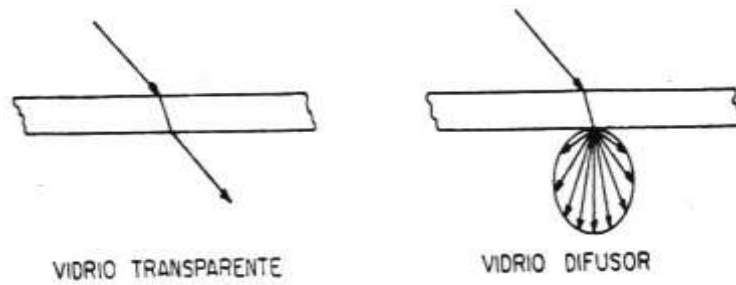


Figura 1.13 Transmisión de la luz

1.2.6 Refracción.

Cuando un rayo de luz sale de un medio y entra en otro, puede cambiar su dirección. Este cambio se debe a una variación de la velocidad de la luz. La velocidad disminuye si el nuevo medio es más denso que el anterior y aumenta cuando es menos. Este cambio de velocidad va siempre acompañado de una desviación del rayo luminoso que se conoce como refracción; como se observa en la figura 1.14

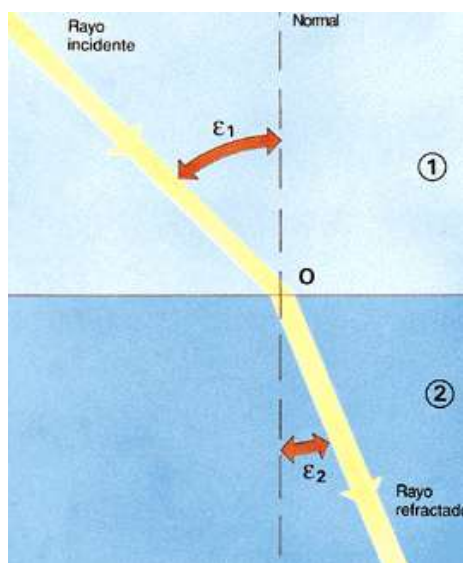


Figura 1.14 Refracción

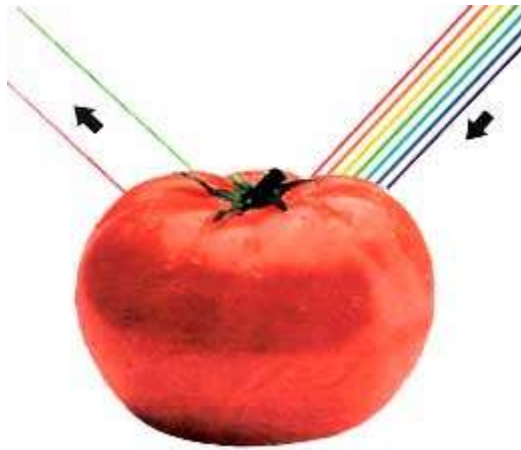


Figura 1.16 Absorción de la luz

1.3 El color

El color es el resultado de una característica de la luz, determinada por las longitudes de onda que la componen, a cada longitud le corresponde un color.

Sin embargo, para facilitar el análisis se han establecido zonas generales dentro del espectro electromagnético en las cuales se pueden decir que entre un color y otro existen varios tonos o grados del mismo color. Estas zonas generales son:

- 380-450 nm. Para el violeta
- 450-490nm. Para el azul.
- 490-560nm. Para el verde.
- 560-590nm. Para el amarillo.
- 590-630nm. Para el anaranjado.
- 630-760nm. Para el rojo.

El blanco no existe como color, puesto que es el resultado de la presencia de todas las longitudes de onda de dicho espectro, como sucede con la luz del sol.

Técnicamente solo las ondas de luz que entran en el ojo son las responsables del color que se observa. Los colores asociados con varios

objetos pueden cambiarse de distintas formas, cambiando la fuente de luz, añadiendo filtros de luz o cambiando la apariencia del objeto.

1.4 Conceptos de luz e iluminación

Son dos conceptos muy distintos, que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de luz en las superficies sobre las cuales incide.

La luz es una manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas, capaz de afectar o estimular la visión.

Se propaga en el espacio como un movimiento ondulatorio transversal producido en el campo eléctrico y magnético a la velocidad de trescientos mil kilómetros por segundo.

El espectro electromagnético comprende desde las ondas más cortas de millonésimas de milímetros tales como la radiación cósmica pasando por los rayos gamma hasta los rayos visibles, limitados estos, por ambos lados por las regiones ultravioleta e infrarroja, siguiéndose hasta las ondas hertzianas, cuyas longitudes se miden en metros kilómetros. La radiación visible, es decir en la que actúa sobre el ojo esta comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 380 a 780 nanómetros.

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

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

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

La relación que asocia a la frecuencia y a la longitud de onda es:

$$F = v / \lambda$$

Ec. 1.1

Dónde:

V = la velocidad en el espacio libre

F = es la frecuencia

λ = la longitud de onda

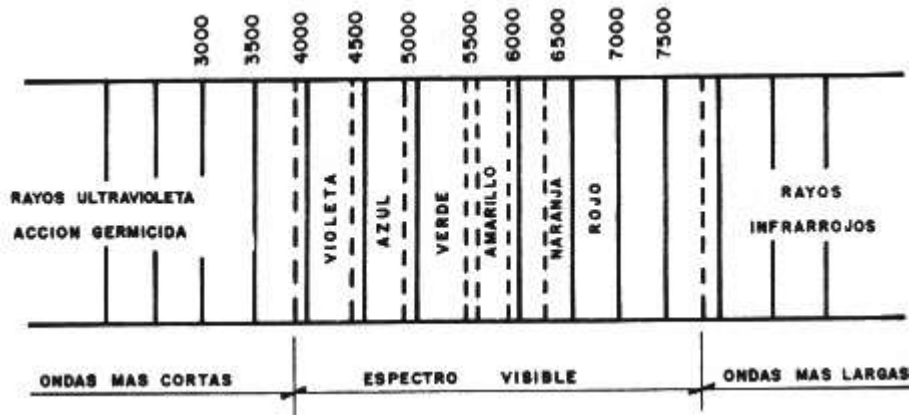


Figura 1.17 Espectro visible para el ojo humano

1.4.1 Cantidad de iluminación

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

- **Tamaño.** Cuando más grande sea un objeto en términos del ángulo visual (angula subtendida del objeto al ojo) más rápidamente podrá verse. La persona que trae cerca de sus ojos un objeto pequeño podrá verlo mas claramente, esta inconscientemente usando el factor tamaño para incrementar el ángulo visual.



Figura 1.18 Ojo con dos figuras de diferentes tamaños.

- **Brillantes.** La brillante de un objeto depende de la intensidad de la luz incidiendo sobre él y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual.

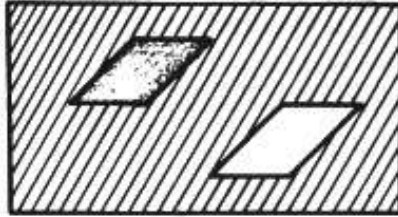


Figura 1.19 Se observan objetos de diferente brillantes.

- **Contraste.-** Es tan importante como el nivel de brillantes general, es el contraste de brillantes o color en el objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes de brillantez y son de gran asistencia donde no se puede tener condiciones de alto contraste.

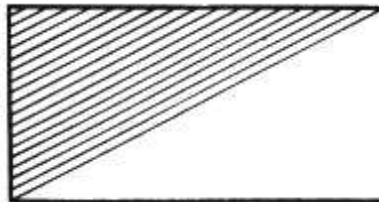


Figura 1.20 Se observa un objeto con contraste.

- **Tiempo.** La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de un tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños si se le da tiempo para que realice su trabajo visual.
Al aumentarse el nivel de iluminación aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo la velocidad de percepción. En la grafica siguiente se muestra lo explicado anteriormente.

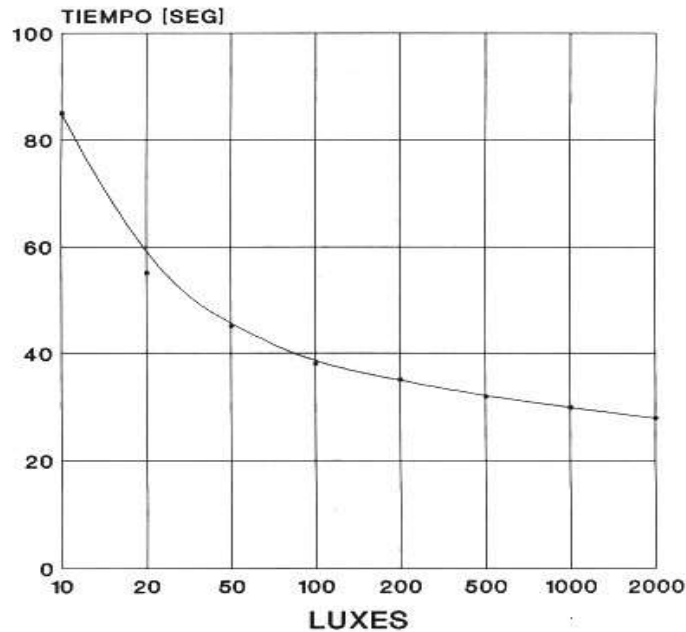


Figura 1.21 Se observa que a mayor nivel de iluminación se requiere menor tiempo para la realización de trabajo visual.

1.4.2 Calidad de iluminación

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

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

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

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

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

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

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

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

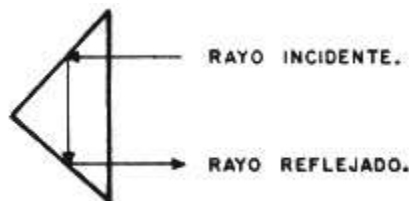


Figura 1.22 Se observa un objeto para controlar la reflexión

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

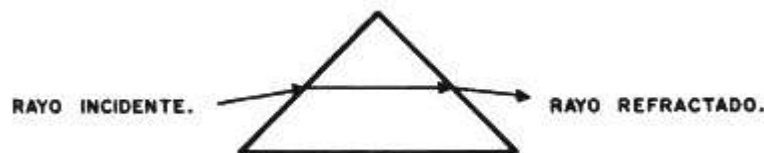


Figura 1.23 Se muestra el paso de la luz por un objeto el cual provoca el fenómeno de la refracción.

Capítulo 2

Fuentes luminosas y tipos de iluminación

La finalidad de una fuente luminosa, es la de producir luz de la forma más eficiente posible, lo cual se expresa por la relación entre el flujo emitido [Lúmenes] y la potencia consumida [W].

Una fuente luminosa “teórica”, que pudiera radiar toda la energía que recibe, como luz monocromática amarilla verdosa, en la región de máxima sensibilidad, produciría aproximadamente 680 lúmenes por vatio.

Una fuente luminosa “teórica” de luz blanca produce 220 Lúmenes por vatio.

Una buena iluminación es importante porque permite un mejor desarrollo de todas las actividades y las hace menos cansadas. Para que una instalación de iluminación sea plenamente eficaz, se debe cumplir, entre otras cosas, con un buen nivel de iluminación (es decir, la cantidad de luz recibida por los objetos), respecto a un cierto número de condiciones, por ejemplo:

- El equilibrio de la luminancia o brillantez, es decir, la cantidad de luz reflejada por los distintos objetos en la dirección del observador.
- La iluminación de las causas susceptibles de determinar una sensación de molestia por deslumbramiento directo o indirecto.
- La selección de un color de luz emitida por las lámparas que sea compatible con los objetos por iluminar.
- Un juego de sombras adecuado.

En general, los métodos empleados para producir radiaciones luminosas son los siguientes:

- Radiación por elevación de temperatura.
- Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor.
- Fluorescencia.

Dentro del primer grupo se encuentran las lámparas incandescentes. El principio de la descarga en gas se aplica a las lámparas de vapor de mercurio, vapor de sodio, neón, etcétera.

El fenómeno de la fluorescencia de ciertas sustancias por efecto del bombardeo electrónico es aplicable a las lámparas fluorescentes.

Para la selección del tipo de lámpara a emplear, es necesario tener en cuenta las siguientes características:

- **Potencia nominal.** Condiciona el flujo luminoso y el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico (sección del conductor, dispositivos de protección, etcétera).
- **Eficiencia luminosa y decaimiento del flujo luminoso.**
Durante el funcionamiento, duración de vida media y costo de la lámpara, estos factores condicionan la economía de operación de la instalación.
- **Gama cromática.** Condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a las observaciones a la luz natural.
- **Temperatura de los colores.** Condiciona la tonalidad de la luz. Se dice que una lámpara proporciona una luz “caliente” o “fría”, si prevalecen las radiaciones luminosas de colores rosa o azul.
- **Dimensiones del local.** Las características de la construcción y sus dimensiones condicionan al tipo y características de los aparatos de iluminación, como son la direccional del haz luminoso, costo, etcétera.

2.1 Lámparas incandescentes

Es un elemento radiador, cuyos cuerpos luminosos están constituidos por un hilo conductor a través del que se hace pasar una corriente eléctrica, bajo cuya acción, dicho hilo eleva su temperatura hasta el rojo blanco emitiendo a esta temperatura radiaciones comprendidas dentro del espectro visible al ojo humano.

El principio de funcionamiento de las lámparas incandescentes se basa en que un filamento de tungsteno de espiral simple o doble, se lleva hasta la incandescencia con el paso de la corriente eléctrica.

Con el objeto de que no se quemara el filamento, se encierra en una ampollita o bulbo de vidrio dentro del cual se hace el vacío o se introduce un gas inerte (argón, criptón, etcétera). Se hace el vacío en las lámparas de potencia pequeñas, en tanto que el uso del gas inerte se hace en las lámparas de mediana y gran potencia.

Se estima que una lámpara incandescente operando a su voltaje nominal tiene una vida media de alrededor de 1000 horas, se fabrican en rangos de 25 hasta 1000 watts, su característica principal es su facilidad de utilización y bajo costo, ya que no requiere de ningún aparato auxiliar.

El campo de empleo de las lámparas incandescentes, se encuentra principalmente en el alumbrado general y localizada en interiores (casa habitación, oficinas, negocios, etcétera). Para lámparas normales, se usa el empleo generalizado de 75 a 150 watts, con alturas no superiores a 3.0 m. Para alturas superiores, se recomienda otro tipo de luminarias. Tabla 2.1

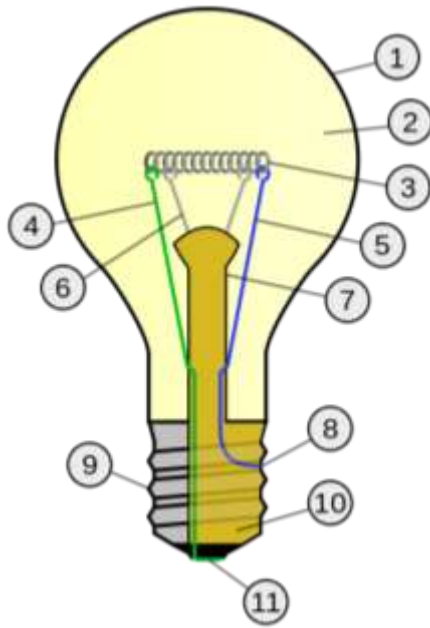
- **Ventajas de las lámparas incandescentes.** Encendido inmediato sin requerir aparatos auxiliares, ocupan poco espacio y su costo es bajo. No tienen ninguna limitación para la posición de funcionamiento.

- **Desventajas de las lámparas incandescentes.** Baja eficiencia luminosa y, por lo tanto, costo de operación relativamente alto, elevada producción de calor, elevada brillantez con deslumbramiento relativo. Vida media limitada.

Tabla 2.1 Características de las lámparas incandescentes normales

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)		EFICIENCIA LUMINOSA	
	127 V	220 V	127 V	220 V
25	220	220	8.8	8.8
40	430	350	10.8	8.8
60	750	630	12.5	10.5
100	1380	1250	13.8	12.5
150	2300	2090	15.4	14.0
200	3200	2920	16.0	14.6
300	4950	4610	16.5	15.3

La eficiencia de las lámparas incandescentes normales es baja en comparación con los otros tipos de lámparas, y aumenta cuando aumenta la potencia de la lámpara. Figura 2.



1. Envoltura, ampolla de vidrio o bulbo.
2. Gas inerte.
3. Filamento de wolframio.
4. Hilo de contacto (va al pie).
5. Hilo de contacto (va a la base).
6. Alambre(s) de sujeción y disipación de calor del filamento.
7. Conducto de refrigeración y soporte interno del filamento.
8. Base de contacto.
9. Casquillo metálico.
10. Aislamiento eléctrico.
11. Pie de contacto eléctrico.

Figura 2.1 lámpara incandescente



Figura 2.2 Diferentes formas de las lámparas incandescentes

2.1.1 Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes son lámparas de carga eléctrica en atmósferas de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte. La descarga se produce en un recipiente tubular de gran longitud con relación a su diámetro sobre la pared

interior se deposita una fina capa de sustancias minerales fluorescentes. En las extremidades del tubo se sitúan los electrodos, el tubo está relleno de un gas noble generalmente Argón a algunos milímetros de presión y de una pequeña cantidad de mercurio.

Al aplicar una tensión adecuada entre los electrodos o cátodos de la lámpara, se produce una descarga eléctrica entre ellos los electrodos procedentes invaden el espacio chocando con los átomos de mercurio, a consecuencia de estos choques una parte de los átomos se ionizan, aumentando así la corriente de descarga, pero la mayor parte de los átomos de mercurio se excitan. Ahora bien. La presión que existe en el interior del tubo, es la causa de que en la excitación de los átomos de mercurio se emitan, casi exclusivamente, radiaciones ultravioleta cuya longitud de onda es de 253.7 nanómetros.

Estas radiaciones excitan, a su vez, materiales fluorescentes depositados en las partes del tubo, que emitirán radiaciones con mayor longitud de onda que las radiaciones ultravioleta incidentes, en consecuencia, se emitirán radiaciones variables.

Las lámparas fluorescentes se pueden dividir o clasificar en dos grandes familias:

- **lámparas de cátodo caliente** son en general a igualdad de potencia eléctrica más cortas y de mayor diámetro y tienen una eficiencia más alta. Las lámparas de cátodo frío son más largas y delgadas y pueden adoptar una gran variedad de formas, y tienen también una duración mayor que las lámparas de cátodo caliente. Sirven sobre todo para aplicaciones especiales, como por ejemplo letreros luminosos. Las más usadas de este tipo de lámparas, es la de cátodo caliente, ya sea para usos comerciales o en oficinas. Figura 2.3



Figura 2.3 lámparas de cátodo caliente

- **Las lámparas fluorescentes** se diferencian de las incandescentes en que solo requieren de un portalámparas y que necesitan más aparatos o dispositivos auxiliares en su circuito de alimentación.

Para el funcionamiento de todos los tipos de lámparas fluorescentes, es necesario un elemento “alimentador” que sirve, prescindiendo de su importancia para el arranque, para limitar y estabilizar la corriente de descarga, este dispositivo alimentador se le denomina genéricamente “reactor”. Cada lámpara requiere un reactor que absorbe una potencia variable que depende del tipo de lámpara y de la tensión que representa del 15 al 40% de la potencia total. Figura 2.4



Figura 2.4 lámparas fluorescentes

El factor de potencia del grupo lámpara-reactor, resulta en general muy bajo (del orden de 0.5 a 0.6). Un factor de potencia significa, a igualdad de potencia y de tensión, una demanda de corriente mas elevada; lo cual representa una desventaja, porque a mayor corriente se tiene una mayor sollicitación del conductor de alimentación y causa mayores pérdidas.

Debido a lo anterior, los circuitos de todas las lámparas fluorescentes, deben tener un “condensador” para la corrección del factor de potencia, aumentándolo hasta 0.9, que es un valor satisfactorio. La mayoría de las veces el condensador esta incorporado al circuito de alimentación.

Existen algunas lámparas fluorescentes que encienden con algunos segundos de retardo (encendido con arrancador) y otras que encienden instantáneamente. Aquellas que usan arrancador son más comunes cuando se trata de soluciones más económicas (menores perdidas y menor costo de alimentador) y el retardo del encendido en la mayoría de los casos no produce malestar.

Las lámparas con encendido instantáneo son de dos tipos:

1. **Con precalentamiento de los electrodos.** Estas lámparas tienen un dispositivo externo denominado “arrancador-rápido” (que absorben una potencia mayor que la de las lámparas con arrancador). El flujo luminoso de estas lámparas es igual al de las lámparas con arrancador en el inicio, pero la eficiencia es menor a causa de las perdidas mayores en el alimentador.
2. **Sin precalentamiento de los electrodos.** Con reactores especiales (que absorben una potencia aún mayor que aquella de las lámparas de arranque rápido). El flujo luminoso es igual que en los casos anteriores, pero la eficiencia es mas baja a causa de las mayores perdidas en los alimentadores.

La duración media de una lámpara fluorescente de cátodo caliente es de alrededor de 7500 horas.

El campo de empleo de las lámparas fluorescentes, se encuentra principalmente en la iluminación de oficinas, negocios e industrias, así como algunas aplicaciones especiales en hoteles, centros comerciales grandes, etcétera.

2.1.2 Características de lámparas fluorescentes de 38 mm de

Las lámparas fluorescentes, tienen algunas ventajas, como por ejemplo una buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces lo que tienen las lámparas incandescentes), por lo que es menor el costo de operación de las mismas.

También tienen una baja luminancia (0.3 a 1.3 candelas/cm²), con lo que se reduce sensiblemente el problema de deslumbramiento. No tienen ninguna restricción en cuanto a la posición de operación.

Presentan la desventaja de que requieren de elementos auxiliares para el encendido (alimentador o reactor y arrancador), requieren de mayor espacio para su instalación, por lo que a igualdad de potencia con una lámpara incandescente su costo puede ser de 10 a 15 veces mayor.

Tabla 2.2 Características de lámparas fluorescentes de 38 mm de

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA NECESARIA PARA EL REACTOR (WATTS)	LONGITUD DEL TUBO mm	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
15	23	438	600	36.0
20	29	590	1080	37.2
25	34	970	1500	44.1
30	40	895	2000	50.0
40	50	1200	2500	50.0
60	75	1500	4000	53.3

Tabla 2.3 Comparación de eficiencias para distintos tipos de lámparas

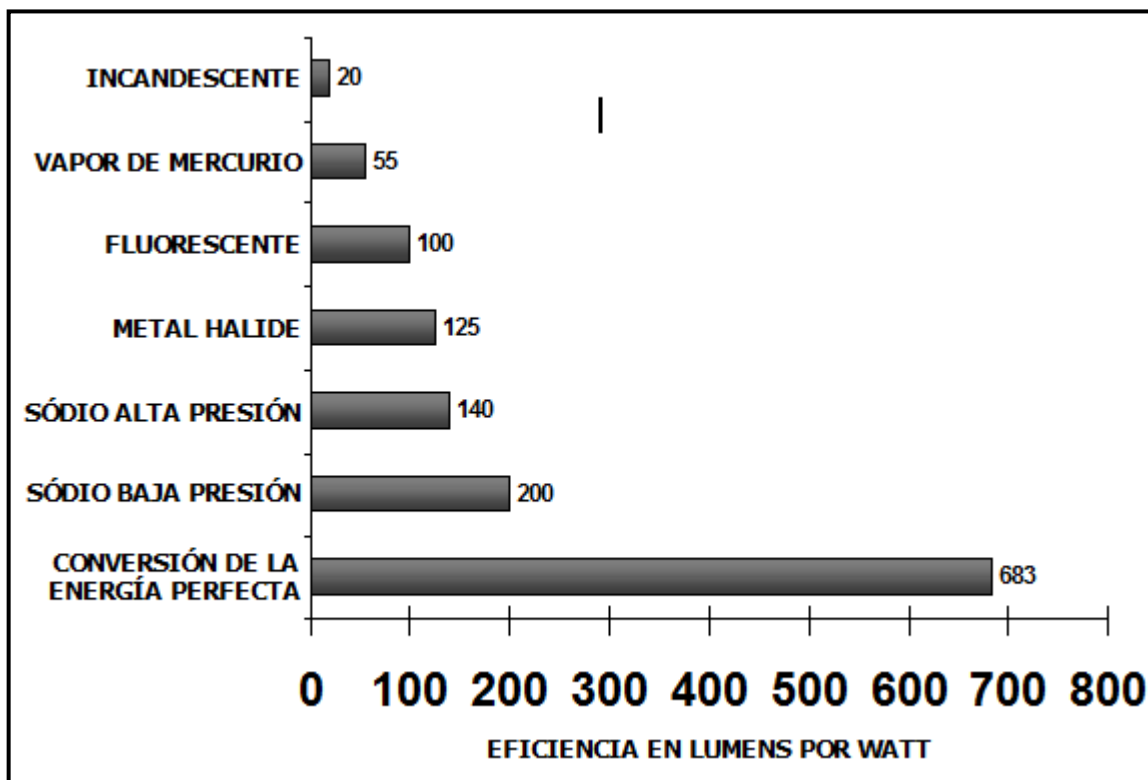


Tabla 2.4 Características generales de lámparas fluorescentes Circulares y en U

FORMA	POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA DEL REACTOR	DIÁMETRO DEL TUBO (mm)	DIMENSIONES DE INSTALACIÓN (mm)
CIRCULAR	22	30	29	216
	32	40	32	311
	40	50	32	413
EN U	10	15	26	82 X 250
	16	20	26	82 X 370
	20	28	38	430 X 310
	30	40	26	82 X 463
	40	50	38	130 X 765
	65	75	38	130 X 765

2.1.3 Lámpara de vapor de mercurio

Estas pertenecen a la clasificación conocida con el nombre de 3 alta intensidad, identificadas en inglés con las letras H.I.D (High Intensity Discharge). En las lámparas de este tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor de gas, bajo presión.

En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio, vaporizado a altas presiones. En baja presión se obtiene la emisión de una radiación visible casi monocromática. En alta presión se obtiene energía a todo lo largo del espectro visible, con lo que se mejora el rendimiento del color, el cual es bastante bueno, si se compara con el de la lámpara de vapor de sodio a baja presión.

Están constituidas por un pequeño tubo de cuarzo que contiene vapor de mercurio a una presión elevada y un gas inerte (argón) para facilitar la descarga. En los dos extremos se localizan los electrodos, de los cuales dos son principales y uno o dos auxiliares. El tubo de cuarzo, denominado también tubo de descarga, está encerrado en un bulbo de vidrio para aislarlo del ambiente externo. El bulbo no solo absorbe las radiaciones ultravioleta (que dañan los ojos) que dan lugar a la formación de ozono en el aire, también sirven para obtener una mejor calidad de luz cuando esta revestida internamente de polvo fluorescente.

Las partes de cada una de estas lámparas se encuentran en las figuras siguientes.

- **Campos de aplicación.** Para iluminación general en grandes edificios industriales, almacenes de depósitos, etcétera, se recomiendan alturas de montaje de 5 a 8 metros para potencia hasta 250 watts y de 8 a 20 metros para potencias mayores.
- **Ventajas.** Buena eficiencia luminosa, la luminancia media es de 4 a 25 candelas/cm², ocupan poco espacio y tienen una buena duración de vida media (6,000 a 9,000 horas). No tienen limitación en cuanto a su posición

de montaje, a excepción de las lámparas con alógeno, que tienen ciertas indicaciones de fabricante.

- **Desventajas.** El empleo de aparatos auxiliares para su encendido. El encendido no es inmediato, toma de 4 5 minutos para tener la máxima emisión luminosa. Su costo es relativamente elevado.

2.1.4 Características de las lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente

- **Lámparas de vapor de mercurio con luz mixta.** Estas lámparas proporcionan una luz mixta mercurial-incandescente. Al tubo normal de descarga se le agrega un filamento metálico (conectado en serie), que asume la doble función de proporcionar radiaciones luminosas de color rosa (típica de lámparas incandescentes) y de servir como resistencia estabilizadora de la descarga. Por tal motivo, no se requiere de elementos auxiliares de alimentación. Figura 2.5

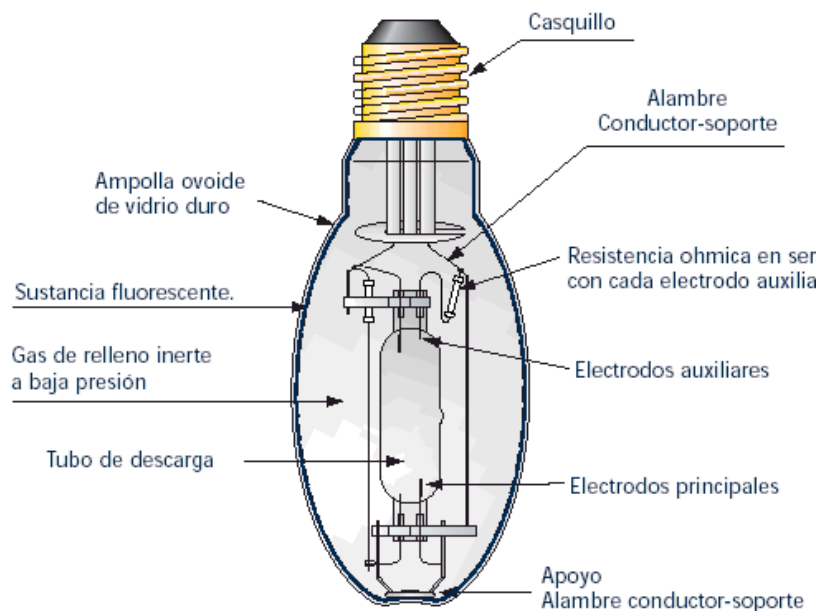


Figura 2.5 Lámpara de vapor de mercurio.

Estas lámparas se usan para sustituir, en ciertos casos, a las lámparas incandescentes de elevada potencia, por la mayor cantidad de flujo luminoso que emiten y su mayor eficiencia luminosa, así como un tiempo de vida mayor. Tienen la restricción de la posición de montaje, que varía con la potencia, por lo que es conveniente consultar el catálogo del fabricante para su instalación. Tienen una vida media de 5,000 horas.

Tabla 2.5 Características de las lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente

POTENCIA (WATTS)	FLUJO (LUMEN)	LUMINANCIA MÁXIMA CANDELAS/CM ²	DIAMETRO mm	ALTURA mm	EFICIENCIA LUMEN/WATT
50	2000	4	55	130	32
80	3850	5	70	155	42
125	6500	7.5	75	180	46
250	14000	10.5	90	225	52
400	24000	11.5	120	290	56

2.1.5 Lámparas de metal halide (halogenuro)

Una lámpara de metal halide, es una lámpara de descarga de alta intensidad que produce luz por una descarga eléctrica a través del vapor de mercurio y el metal-halide (haluro) en el tubo de arco. Un metal-halide (halogenuro) es un elemento (normalmente sodio y escandio iodizado) que se agrega al mercurio en pequeñas cantidades; el metal-halogenuro mejora la salida de luz de la lámpara. Este tipo de lámparas producen más lumen/watt que las lámparas de vapor de mercurio.

La luz producida por una lámpara de metal-halide no produce tanta distorsión del calor como una lámpara de vapor de mercurio, pero tienen la desventaja de que su bulbo tiene una vida más corta que los otros tipos de lámparas de descarga de alta intensidad. Figura 2.6

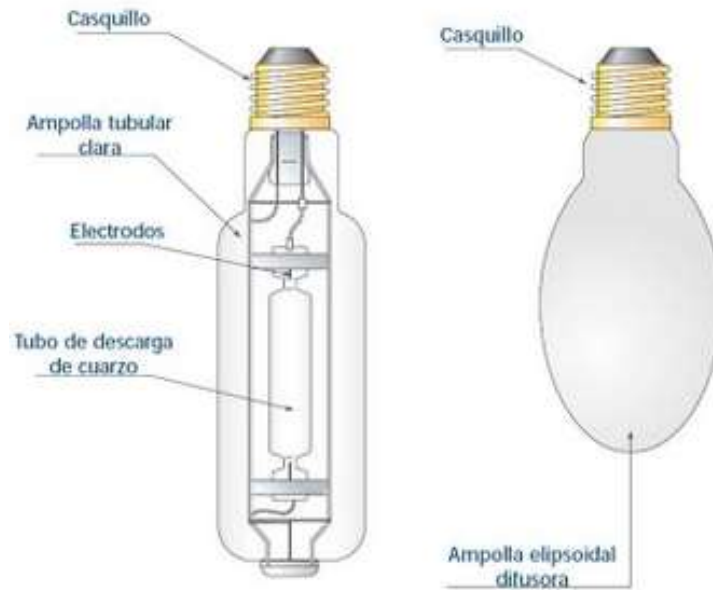


Figura 2.6 Lámparas de metal halide (halogenuro)

Tabla 2.6 Características de las lámparas de vapor de luz mixta.

POTENCIA	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
160	3200	87	187	19
250	5600	106	230	22
500	14000	130	275	28
100	32500	160	315	32

2.1.6 Lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia luminosa

Estas lámparas se denominan así por tener una eficiencia luminosa entre 70 y 140 lumen/watt, incluyendo las pérdidas en el alimentador, existen de yoduro metálico y de vapor de sodio a elevada presión. Su utilización se encuentra cuando se requiere obtener un alto nivel de iluminación, como por ejemplo, en estacionamientos, áreas extensas y grandes almacenes, etcétera. Este tipo de lámpara tiene una presentación en bulbos tubular claro.

Tabla 2.7 Características de las lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia.

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMENS)	LUMINANCIA (CANDELAS/cm ²)	EFICIENCIA (LUMEN / WATT)	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)
250	19000	1,100	70	46	70
360	28000	700	73	46	73
1000	80000	810	77	80	77
2000	170000	920	82	100	82
3500	30000	880	82	100	82

2.1.7 Lámparas de sodio de alta presión

Una lámpara e sodio de alta presión es una lámpara de descarga de alta intensidad que produce luz cuando la corriente circula a través del vapor de sodio bajo alta presión y alta temperatura. Una lámpara de sodio de alta presión, es una lámpara más eficiente que una de vapor de mercurio o una lámpara de metal-halide (haluro). La luz producida por una lámpara de sodio de alta presión aparece como una luz de oro blanquecina.

Características de operación de las lámparas de descarga de alta intensidad.

Las lámparas de alta densidad de descarga toman varios minutos para calentarse antes de que se alcance la luz total, cualquier pequeña interrupción en la alimentación de potencia puede extinguir el arco y no se puede volver a arrancar hasta que primero se apaguen.

Estas lámparas son disponibles en varias formas:

- Con bulbo elipsoidal difúndete.
- Con bulbo tubular de vidrio claro.
- Con bulbo tubular de cuarzo y dos patas de conexión.

La luz de estas lámparas da un color que los fabricantes definen como “**blanco dorado**”, pero tiende un poco al amarillo fuerte. Figura 2.7

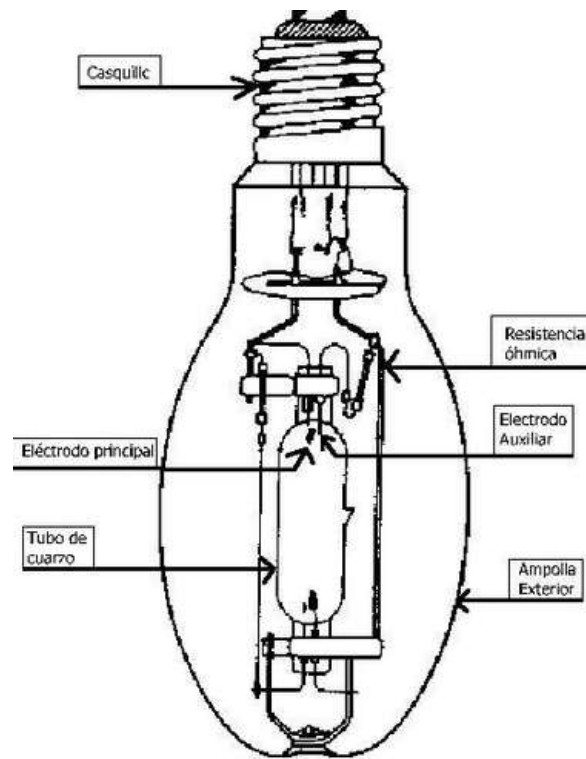


Figura 2.7 Lámpara de vapor de sodio

Con relación a las lámparas de vapor de mercurio, las cuales se analizan frecuentemente como alternativa para la solución de un problema de iluminación, se puede decir que la de vapor de sodio a alta presión tiene una eficiencia mucho mayor y, de hecho, son aplicables a soluciones de iluminación e áreas industriales en donde la tonalidad de colores no es muy importante. Su encendido requiere, en lugar del arrancador normal usado para las lámparas fluorescentes o de vapor de mercurio, de un encendedor un poco especial.

Algunas lámparas del tipo bulbo elipsoidal, se construyen con el encendedor incorporado, de manera que permita la inmediata sustitución de las lámparas de vapor de mercurio que tienen las mismas características y pudiendo usar al mismo alimentador. El encendido de estas lámparas requiere de un tiempo similar al de

las lámparas de vapor de mercurio, pero pueden operar sin problemas a temperaturas muy bajas, hasta los 40⁰ C bajo cero.

El reencendido en caliente es mucho mas rápido, requiriendo de 1 a 2 minutos de las de pequeñas potencias a las de gran potencia. El tipo de lámpara de bulbo tubular con dos “patas” de conexión, se puede reencender en caliente en forma “instantánea”. La duración o tiempo de vida es del orden de 6,000 horas. El costo de estas lámparas es superior a igualdad de características a la correspondiente de vapor de mercurio, pero tienen ventajas en número de encendido y duración.

Tabla 2.8 características de las lámparas de vapor de sodio a alta presión

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	LUMINANCIA MEDIA (CANDELAS/cm ²)	DIAMETRO	LARGO (mm)	EFICIENCIA
LÁMPARAS DE BULBO ELIPSOIDAL DIFUNDENTE					
70150	5,800	8	70	155	66
250	14,800	10	90	230	84
400	25,000	19	90	230	90
10,000	47,000	24	120	290	107
	120,000	36	165	400	110
LÁMPARAS DE BULBO ELIPSOIDAL DIFUNDENTE CON SISTEMA DE ENCENDIDO					
210	19,000	15	90	230	82
350	34,000	22	120	290	91
LÁMPARAS CON BULBO TUBULAR CLARO					
150	14,500	300	48	230	87
250	25,500	360	48	260	92
400	48,000	550	48	285	109
1,000	130,000	650	66	400	119
LÁMPARAS CON BULBO TUBULAR DE CUARZO CON DOS PATAS					
250	25,500	400	23	205	92
400	48,000	550	23	205	109

2.1.8 Lámparas de sodio a baja presión

Estas lámparas se presentan normalmente en la forma de bulbo tubular de vidrio que contiene en su interior el tubo de descarga doblado en forma de U. Su color es casi amarillo, ya que se encuentra dentro de la gama de los colores monocromáticos.

La eficiencia de estas lámparas es muy alta y se puede considerar como la mayor entre todas las fuentes luminosas artificiales y alcanza valores entre 130 y 180 Lumen/watt.

La utilización típica de estas lámparas, se encuentra en la iluminación de áreas externas en donde la tonalidad de los colores no es muy importante y en donde las luces monocromáticas presentan la ventaja de menos dispersión en caso de niebla.

El encendido de estas lámparas es lento, ya que se requiere de aproximadamente unos 10 minutos para alcanzar el 80% del flujo luminoso y otros 5 minutos para llegar al 100%. El reencendido, después de que se apaga en forma momentánea, es rápido. Para la alimentación de estas lámparas, se requiere:

Para las de potencia más pequeña (18 watts), un reactor con un condensador intercalado de unos 5 microfarads.

Para las de potencia mayor a los 18 y hasta los 1780 watts, de un transformador elevador de flujo disperso, así como un condensador para la corrección del factor de potencia, que por lo general es de mayor capacidad que los otros tipos de lámparas a igualdad de potencia. La duración económica es del orden de 6,000 horas.

2.2 Balastos

El sistema de alimentación de las lámparas fluorescentes se llama balastro, el cual se utiliza para obtener el encendido de la lámpara y limitar su corriente de operación.

Los balastos de estado sólido (electrónicos) en altas frecuencias para fuentes de luz fluorescentes ofrecen varias ventajas considerables sobre los electromagnéticos.

2.2.1 Clasificación de balastos

Debido a que los balastos son vitales para la operación de las lámparas fluorescentes, estas han tenido un importante desarrollo tecnológico. A través de la historia la mayoría de los balastos han sido electromagnéticos, pero en la actualidad los que ofrecen mayor rendimiento y ahorro eléctrico son los balastos electrónicos.

- **Balastro electromagnético.** Consiste básicamente de un núcleo de láminas rodeadas por dos bobinas de cobre o aluminio. Este arreglo transforma potencia eléctrica en una forma apropiada para arrancar y regular la corriente de la lámpara fluorescente. El tercer componente principal de la mayoría de los balastos electromagnéticos es el capacitor. El capacitor en dichos balastos optimiza el factor de potencia, de tal forma que puede utilizar la energía de manera más eficiente. Los balastos electromagnéticos que están equipados con el capacitor son considerados balastos de alto factor de potencia.
- **Balastro electrónico.** El balastro electrónico está basado en una tecnología enteramente diferente a la del balastro electromagnético. Enciende y regula las lámparas fluorescentes en altas frecuencias, generalmente mayores a 20KHz, usando componentes electrónicos en vez del tradicional transformador.

Un aspecto importante en la evolución que han tenido los balastos electrónicos dentro de los sistemas de iluminación fluorescente, son las ventajas que presentan con respecto a los electromagnéticos tradicionales, tales como la eliminación del parpadeo en el encendido de la lámpara, el ruido audible y la habilidad para ajustar a casi cualquier nivel cuando es usado un control de intensidad luminosa.

Aunque los balastos electromagnéticos presentan gran simplicidad y bajo costo, estos tienen que trabajar a frecuencia de red lo cual, trae como consecuencia un elevado peso y gran volumen así como bajo rendimiento. Por ello los balastos electrónicos de alta frecuencia son utilizados hoy en día para la alimentación de lámparas fluorescentes. Comparando el balastro tradicional electromagnético, este puede proporcionar mayor rendimiento, control de la potencia de salida, larga vida a la lámpara y reducido volumen.

2.2.2 Operación básica de un balastro electrónico

En todos los sistemas de iluminación fluorescente el balastro se encarga de tres principales tareas:

- Proveer el voltaje adecuado para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara.
- Regula la corriente eléctrica que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar el voltaje de operación correcto para proveer la corriente de operación específica de la lámpara. Los balastos también pueden compensar variaciones de voltaje de fuente.
- **Estructura del balastro electrónico.** Los balastos electrónicos están compuestos de grupos de componentes electrónicos que convierten voltaje

CA a CD, pasando por un convertidor CD-CD el cual funciona como corrector de factor de potencia. Posteriormente la salida se conecta a un inversor de alta frecuencia que alimenta la lámpara. Figura 2.8

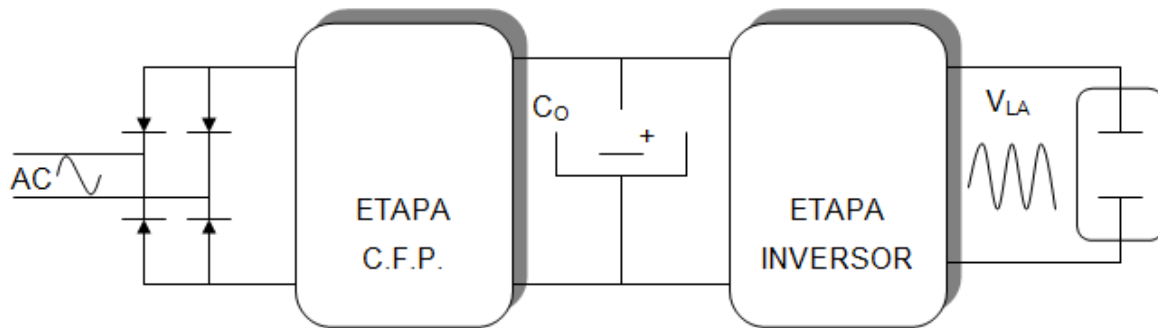


Figura 2.8 Estructura del balastro electrónico

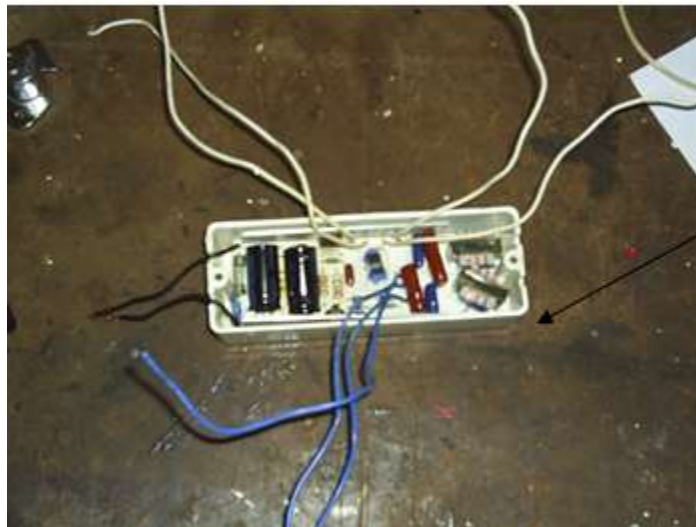


Figura 2.9 Interior de un balastro electrónico

2.2.3 Balastras de las lámparas alta intensidad de descarga.

Las lámparas de alta densidad de descarga requieren de balastras para limitar la corriente en las mismas para el correcto nivel de operación, y así proporcionar el voltaje de arranque apropiado para iniciar y mantener el arco. Cada balastra para lámpara de alta intensidad de descarga esta diseñada para una lámpara especifica, tamaño de bulbo, rango de voltaje y frecuencia de la línea de alimentación.

Las lámparas diferentes no son intercambiables debido a que la potencia (watts) es controlada por la balastra y no por la lámpara, por ejemplo cuando una lámpara de vapor de mercurio de 250 W se conecta a una balastra de 1000w, la lámpara trata de operar a 1000W y no opera en forma correcta o es destruida, debido a que la lámpara de 250W no esta diseñada para operar a 1000W.

Los tamaños de las lámparas de alta intensidad de descarga no se pueden intercambiar sin cambiar la balastra, por ejemplo, una lámpara de 100W no se puede reemplazar con una lámpara de 175W para producir más luz y también una lámpara de 175W no se puede reemplazar con una lámpara de 100W para producir menos luz.

- **Balastras de lámparas de sodio de baja presión.** Las lámparas de sodio de baja presión de deben operar por una balastra diseñada para satisfacer los requerimientos de arranque y de operación. Las lámparas de sodio baja presión no tienen un ignitor o electrodo de arranque y la balastra debe proporcionar un voltaje de circuito abierto de aproximadamente tres a siete veces el voltaje nominal de la lámpara para arrancar y sostener el arco.
- **Balastras para lámparas de vapor de mercurio.** Las balastras de una lámpara de vapor de mercurio incluyen un reactor, un auto-transformador de alta reactancia o un auto-transformador de watts constantes y una

balastra de dos devanados y watts constantes. El tipo de balastra usado finalmente se selecciona de acuerdo con los aspectos económicos.

- **La balastra tipo reactor.** Es una balastra que conecta una bobina (reactor) en serie con la línea de alimentación a la lámpara. La balastra tipo reactor se usa cuando el voltaje de suministro satisface los requerimientos del voltaje de arranque de la lámpara; en algunas ocasiones se agrega un capacitor para mejorar el factor de potencia.
Se recomienda usarla sólo cuando la regulación de voltaje de línea es buena, debido a que un 5% de cambio en el voltaje de línea produce un 10% de cambio en la potencia en watts en la lámpara.
- **Una balastra tipo auto-transformador de alta reactancia,** es aquella que usa dos bobinas (primaria y secundaria) para regular tanto el voltaje como la corriente, se usan cuando el voltaje de alimentación no satisface los requerimientos de la lámpara.
- **Una balastra tipo auto-transformador de watts constantes,** es una balastra tipo auto-transformador de alta reactancia, con un capacitor agregada al circuito, el capacitor mejora el factor de potencia. Este tipo de balastra es la más comúnmente usada.
- **Una balastra de dos devanados de watts – constantes** es aquella que usa un transformador que proporciona aislamiento entre los circuitos primario y secundario, tienen una excelente regulación de watts, en cambio de 13% en el voltaje de línea produce sólo un 2 o 3 % en los watts de la lámpara.
- **Balastras para lámpara de metal – halid (halogenuros).** Una balastra de metal-halide usa el mismo circuito básico que una balastra de watts-constante para lámparas de vapor de mercurio, la balastra está modificada

para proporcionar un voltaje de arranque rápido, como lo requieren las lámparas de metal-halide (halogenuro).

- **Balastras para lámpara de sodio de alta presión.** Una balastra para lámpara de sodio de alta presión, no tiene electrodo de arranque: La balastra debe entregar un pulso de voltaje suficiente como para arrancar y mantener el arco. Este pulso de voltaje debe ser entregado cada ciclo y debe ser de 4000 a 6000 V para lámparas de 1000W y de 2500 a 4000V para lámparas menores. El arrancador (ignitor) es el dispositivo dentro de la balastra que produce el voltaje de arranque alto. Una balastra para lámpara de sodio de alta presión es similar a una balastra con reactor para lámparas de vapor de mercurio.



Figura 2.10 Diferencia de tamaño de un balastro electromagnético a un electrónico

Tabla 2.9 Balastros para lámparas fluorescentes

ENCENDIDO PRECALENTADO								
POTENCIA NOMINAL (WATTS)	DESCRIPCION DE LAMPARA	TENSION DE LINEA (VOLTS)	CORRIENTE DE LINEA (AMPERES)	POTENCIA DE LINEA (WATTS)	CATALOGO	CLASIFICACION POR SONIDO	PESO/PIEZA (KG)	PIEZAS/CAJA
FACTOR DE POTENCIA NORMAL								
1 X 4 ó 68	F4T5 F6T5 F8T5	127	0.17	10	LC-4-8-C	A	0.3	50
1 X 7 ó 69	PL-7 PL-9	127	0.17	14	LC-7-9-C	A	0.3	50
1 X 13	PL-13 ó DULUX 13	127	0.28	19	LC-13-C	A	0.3	50
1 X 15 ó 20	F15T8, T12 F20T12 FC8T9 CIRCULAR	127	0.38	27	LC-14-20-C	A	0.3	50
1 X 15 ó 20	F15T8, T12 F20T12 FC8T9 CIRCULAR	127	0.38	27	L-120-F	A	0.5	30
1 X 30 ó 40	F30T8 F40T12	127	0.7	46	L-140-F	A	0.9	20
ALTO FACTOR DE POTENCIA								
1 X 13	PL-13 ó DULUX 13	127	0.15	17.5	HC-13-C	A	0.6	30

Tabla 2.10 Balastros para lámparas fluorescentes lumicon

ENCENDIDO INSTANTANEO								
POTENCIA NOMINAL (WATTS)	DESCRIPCION DE LAMPARA	TENSION DE LINEA (VOLTS)	CORRIENTE DE LINEA (AMPERES)	POTENCIA DE LINEA (WATTS)	CATALOGO	CLASIFICACION POR SONIDO	PESO/PIEZA (KG)	PIEZAS/CAJA
STANDARD								
1 X 75	F60T12 ó F64T12 F72T12 Ó F84T12 F96T12 F96 E.SAVER	127 220 254 277	0.8 0.45 0.42 0.35	97	SEQM-175-S XSEQM-175-S MSEQM-175-S VSEQM-175-S	C	3.5	6
2 X 75	F60T12 ó F64T12 F72T12 Ó F84T12 F96T12 F96 E.SAVER	127 220 254 277	1.5 0.86 0.75 0.68	180	SEQM-275-S XSEQM-275-S MSEQM-275-S VSEQM-275-S	C	3.6	6
ALTA EFICIENCIA								
2 X 30 ó32	F48 E.SAVER	127	0.61	0.72	NS-232-127-CP	C	2.7	6
2 X 39	F48T12 F48T12/IS F40T17/IS		0.73	88				
2 X 60	F96 E.SAVER	127	1.06	125	NS-260-127-CP	C	3.7	6



Figura 2.11 Balastos electrónicos para lámparas fluorescentes.

2.3 Conductores eléctricos

El conductor se compone de uno o varios alambres, llamándose comercialmente *alambre*, y cuando consta de varios alambres, se llama *cable*.

En la figura 2.12 se muestra un conductor llamado alambre en la parte superior y en la parte inferior se observa un conductor conocido como cable.

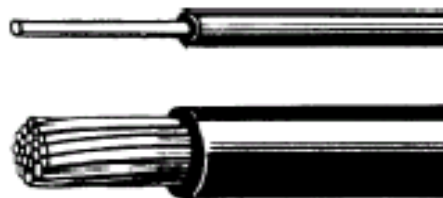


Figura 2.12 Conductor eléctrico

Uno u otro, se venden en el mercado desnudos o forrados, de acuerdo con el trabajo que van a desempeñar, pues por ejemplo: en las líneas de alimentación pueden usarse sin forro y en los casos de instalaciones interiores, subterráneas o de locales a la intemperie, se utilizan con forro, el cual debe ser el apropiado para el amperaje y tensión a que van a trabajar.

2.3.1 Clasificación y características de los conductores

En general, los conductores se fabrican para los distintos usos como sigue:

- Soleras
- Alambres
- Cables y
- Cordones.

Los materiales usados para fabricar estos conductores, pueden ser

- Cobre
- Aluminio y
- Aleaciones combinadas

De manera que en el mercado se encuentran, soleras, alambres, cables y cordones especiales, reconociéndose por las siguientes letras:

- AAC: cable de aluminio puro.
- AAAC: Cable de aleación de aluminio.
- ACAR: Cable de aluminio reforzado con aleación de aluminio.
- ACSR: Cable de aluminio reforzado con acero.
- **Copperweld:** Alambre de acero, recubierto con cobre. Como aclaración importante a este material, es muy utilizado en barras o varillas para conexión a tierra.

- **Tamaño de los conductores.** El tamaño de los alambres o conductores usados en trabajos prácticos se designan en forma convencional por su sección o área expresada en milímetros cuadrados (mm^2), o bien, como en el caso de México, por la designación usada en los Estados Unidos de la American Wire Gauge (AWG), en donde la unidad de referencia es el mil o circular mil, que es el círculo con 1/1000 pulgadas de diámetro.

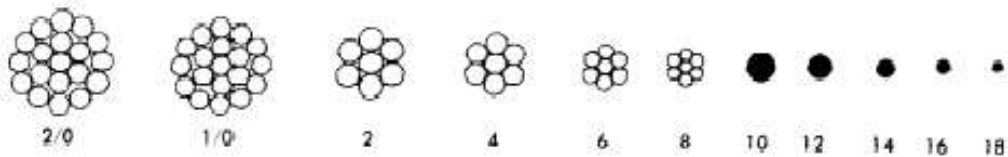


Figura 2.13 conductores dependiendo de su calibre.

Bajo el sistema de la **AWG**, los conductores se designan por un número o calibre, el menor es el número 40, que tiene un diámetro de 3.145 mil (generalmente usado para aplicaciones electrónicas). Los números de la designación AWG decrecen en la mitad que el tamaño del conductor aumenta hasta llegar al 0000, también designado por 4/0, o simplemente cuatro ceros, que tiene en forma aproximada $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro (460 mil). Los conductores mayores de 4/0 se designan por su área en circular mil, expresada en miles de circular mil (K circular mil) o MCM, así, el conductor que sigue al 4/0 es el 250 MCM.

2.3.2 Los aislamientos

Para aislar los conductores se emplean diversos materiales, entre los que se encuentra el hule, que también se nombra: *caucho*, *gutapercha* o simplemente, *forro de goma*.

Después tenemos el aislamiento llamado *silicón*; cuya característica principal, es la de ser muy resistente a las altas temperaturas, puede trabajar hasta 350°C sin

alterarse, teniendo otra ventaja más, la de ser inerte al oxígeno y ozono y tener una resistencia bastante grande al aceite y algunos solventes, aun cuando su resistencia mecánica es bastante pobre.

Un aislamiento muy usado en cables de baja tensión, por sus grandes propiedades mecánicas y químicas, es el *neopreno*, el cual se utiliza como capa protectora en cables y alambres, cuya instalación ofrece la más amplia seguridad, pues puede utilizarse ya sea en instalaciones al aire, en tubos, ductos, charolas, subterráneos sin tubos y aun dentro de agua, siempre y cuando no sea en tensiones no mayores de 440 volts.

El *polietileno*, también tiene buenas propiedades mecánicas, utilizándose también como capa protectora por sus cualidades mecánicas y sobre todo dieléctricas, las cuales presentan gran utilidad para proteger los cables conductores de energía, control, protección, medición, radiofrecuencia, utilizándose también en instalaciones submarinas y para comunicaciones en general tales como radar, teléfonos y radio.

El reglamento de obras e instalaciones eléctricas establece que en la selección del calibre mínimo de los conductores para las instalaciones eléctricas se deben considerar principalmente los siguientes factores:

- Que la selección del conductor pueda transportar la corriente necesaria.
- Que la máxima caída de tensión no exceda los valores indicados por las normas.
- Que la temperatura del conductor no dañe al aislamiento.

Por material o tipo usado como aislamiento hay diferentes clasificaciones, cada tipo tiene una letra de clasificación (inicial de la palabra correspondiente en inglés), esta letra indica el material aislante o su aplicación o ambas.

Hay cinco letras por tipo de clasificación:

- **R** para hule
- **T** para el termoplástico
- **N** Para el Nylon
- **H** para resistencia al calor
- **W** para resistencia a los ambientes agresivos.

El reglamento de obras de instalaciones eléctricas clasifica a los materiales por tipo de material y por voltaje. Por voltaje existen seis clasificaciones generales: 600, 1000, 2000, 3000, 4000, y 5000 volts.

Tabla 2.11 Aislamientos utilizados en los conductores

TIPO	MATERIAL Y CARACTERISTICAS	APLICACION	TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACION °C
R	Hule	Ambiente seco	60
RH	Hule resistente al calor	Ambiente seco	75
RHH	Hule resistente a las altas temperaturas	Ambiente seco	90
RHW	Hule resistente al calor y al medio agresivo.	Ambiente seco y húmedo	75
T	Termoplástico	Ambiente seco	60
TH	Termoplástico resistente al calor	Ambiente seco	75
THW	Termoplástico resistente al calor y al medio agresivo	Ambiente seco y húmedo	75
THWN	Termoplástico con cubierta de nylon resistente al ambiente agresivo	Ambiente seco y húmedo	75

2.3.3 Tipos NM y NMC

Para uso interno, como es el caso dentro de las casas, se usa el tipo NM (*Non-Metalic*, cobertura no metálica). Este tipo de cable tiene una cobertura de plástico que envuelve a dos o tres conductores. Cuando hay tres cables bajo la misma cobertura, dos de ellos tienen aislamiento, mientras que el tercero es un alambre desnudo.

En los EEUU el cable de tres conductores tipo NM se le conoce, popularmente, como cable ROMEX. Como estos cables son comúnmente usados en circuitos de CA, uno de los cables tiene aislamiento de color negro, el otro blanca. Estos dos colores conforman con la norma estadounidense para el cable vivo y el neutral, respectivamente. El cable desnudo se le usa como conexión de tierra. Una variación de este cable es el tipo NMC, el que está diseñado con una cobertura que resiste la humedad.

El tipo NM necesita de un ambiente de baja humedad. La Figura 2.14 muestra la estructura física de un cable NM con tres conductores.



Figura 2.14 cable tipo NM (ROMEX)

2.3.4 Alambre tipo THW

- Conductor de cobre electrolítico suave, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC), retardante a la flama.
- **Aplicación:** En instalaciones eléctricas donde se requiera alta seguridad, para evitar propagación de flama, industrial, comercial, habitacionales, edificios en general, tableros de control, etc., para lugares secos y húmedos, en tubo conduit, charolas o a la intemperie.

- **Temperatura de operación:** 90 grados centígrados máximo en ambiente seco y 75 grados centígrados en húmedo.
- **Voltaje de operación:** 600 volts máximo.
- **Colores:** Del calibre 8 al 20 AWG color blanco, amarillo, verde, azul, rojo, anaranjado, café, gris y negro.
- **Empaque:** Rollos de 100 metros con empaque de cartón corrugado.

En la siguiente tabla se muestra características de algunos conductores eléctricos.

Tabla 2.12 Especificaciones: NOM-J-10, NOM-J-12, NOM-J-36.

CALIBRE AWG	SECCIÓN TRANSVERSAL mm ²	DIÁMETRO NOMINAL CONDUCTOR mm	NÚMEROS DE HILOS DEL CONDUCTOR	DIÁMETRO TOTAL EXTERIOR mm
1/0	53.480	9.400	19	13.4
2	33.620	7.420	7	10.4
4	21.150	5.880	7	8.8
6	13.300	4.670	7	7.6
8	8.367	3.700	7	6.0
10	5.260	2.930	7	4.5
12	3.307	2.330	7	3.9
14	2.082	1.850	7	3.4
16	1.307	1.460	7	2.7
18	0.823	1.160	16	2.4
20	0.519	0.914	10	2.2
22	0.324	0.737	7	1.8

2.3.5 Alambre tipo TWD

Dos alambres de cobre electrolítico suave, dispuestos en paralelo con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) retardante a la flama.

- **Aplicación:** Para uso general en instalaciones fijas, visibles, directamente instalado sobre paredes o muros.
- Temperatura de operación: 60 grados centígrados máximo.
- **Voltaje de operación:** 600 volts máximo.
- **Colores:** Del calibre 12 al 16 AWG color gris.
- **Empaque:** Rollos de 100 metros con empaque de cartón corrugado.
- **Especificaciones:** NOM-J-10.

Tabla 2.13 se muestran las características de algunos conductores tipo TWD.

CALIBRE AWG		SECCIÓN TRANSVERSAL mm ²	DIAMETRO NOMINAL CONDUCTOR mm	DIMENSIONES EXTERIORES				
12		3.307	2.05	7.75 X 3.66				
14		2.082	1.62	7.11 X 3.35				
16		1.307	1.29	5.70 X 2.67				

Designación del conductor		Area de la sección transversal nominal mm ²	Diametro aproximado del conductor mm	Espesor nominal del aislamiento mm	Espesor nominal de la cubierta mm	Diámetro exterior aproximado mm	Resistencia eléctrica nominal a la c.d. a 20 °C Ω/km	Peso aproximado kg/km
Calibre AWG o kCM	No. de alambres en el conductor							
14	1	2.082	1.628	0.38	0.10	2.59	8.28	23.2
12	1	3.307	2.052	0.38	0.10	3.01	5.21	35.0
10	1	5.260	2.588	0.51	0.10	3.81	3.28	55.2
8	1	8.367	3.264	0.76	0.13	5.04	2.06	91.6
14	19	2.082	1.87	0.38	0.10	2.91	8.45	24.7
12	19	3.307	2.36	0.38	0.10	3.39	5.32	37.1
10	19	5.260	2.97	0.51	0.10	4.27	3.34	58.2
8	19	8.367	3.75	0.76	0.13	5.64	2.10	97.4
6	19	13.30	4.72	0.76	0.13	6.62	1.32	147
4	19	21.15	5.96	1.02	0.15	8.44	0.831	233
2	19	33.62	7.51	1.02	0.15	9.99	0.523	355
1/0	19	53.48	9.47	1.27	0.18	12.6	0.329	581
2/0	19	67.43	10.63	1.27	0.18	13.7	0.261	696
3/0	19	85.01	11.94	1.27	0.18	15.0	0.207	885
4/0	19	107.2	13.40	1.27	0.18	16.5	0.164	1077
250	37	126.7	14.62	1.52	0.20	18.3	0.139	1281
300	37	152.0	16.01	1.52	0.20	19.7	0.116	1521
350	37	177.3	17.29	1.52	0.20	20.9	0.0992	1763
400	37	202.7	18.48	1.52	0.20	22.1	0.0868	2001
500	37	253.4	20.67	1.52	0.20	24.3	0.0694	2479
600	61	304.0	22.67	1.78	0.23	26.9	0.0578	2984
750	61	360.0	25.34	1.78	0.23	29.6	0.0463	3699

1 - Los valores de resistencia eléctrica están calculados con una resistividad de 17.241 nΩm a 20 °C

2.4 Conectores y accesorios

Los conectores y accesorios son elementos que están relacionados principalmente con la parte “mecánica” de las instalaciones eléctricas, es decir, con los tubos conduit, ductos y electroductos principalmente, o sea con las canalizaciones y no con los conductores eléctricos.

Dentro de la categoría de conectores y accesorios se tienen los llamados condulets, las cajas de conexión, las cajas de conexión, las cajas para accesorios, como son: los conductos, apagadores, tapas, etc.

- **Condulets.** Los condulets son elementos de conexión de los tubos conduit, están fabricados por lo general de metal rígido para trabajo rudo y permiten interconectar tramos de tubos, cambios de dirección en las canalizaciones, derivaciones, etcétera. De acuerdo con su función y forma, se les da una designación como tipo “C”, tipo “LB”, tipo “LL”, tipo “LR” y tipo “T”. Todos estas cajas vienen con sus tapas, si las conexiones son:
 - **De paso:** tapa ciega.
 - **De contacto:** tapa con niple macho.
 - **Para cople exterior:** tapa con niple hembra.

Para sacar conexión para spot: tapa con abrazadera para salida de cordón flexible o cable de uso rudo. Tienen un margen enorme de seguridad, ya que queda perfectamente aislado al exterior y, por lo tanto, no lo perjudican vapores ni gases. No obstante que para instalaciones de llamado tipo contra explosión.



Figura 2.15 Coples para tubería conduit

- **Cajas de salida.** Las cajas de salida se usan por lo general para conectar equipo o accesorios pequeños (contactos, apagadores, lámparas) y se encuentran de distintos tamaños. Una caja de salida puede servir también para seccionar conductores calibre num. 6 AWG con perforaciones laterales y en los fondos terminados de manera tal que los conductores que entren queden protegidos contra la abrasión (deterioro por rozamiento o corte de partes no pulidas con rebabas. En general, para cualquier tipo de caja, las aberturas no usadas se deben de tapar de manera que su protección mecánica sea prácticamente equivalente a la red de la caja o accesorio.

- **Cajas de salida en instalaciones ocultas.** Las cajas de salida que se utilicen en instalaciones ocultas, se recomienda que tengan una profundidad interior no menor de 35 mm, excepto en casos que esta profundidad pueda dañar las paredes o partes de la casa habitación o edificio, en cuyo caso, se recomienda que esta profundidad no sea inferior a 13 mm.

- **Canalizaciones eléctricas.** Sirven para proporcionar protección mecánica a los conductores, ya que los aísla físicamente y confina cualquier problema de calor o chispas producidas por fallas de aislamiento.
 Existe una gran variedad de medios para contener los conductores conocidos como canalizaciones eléctricas, algunos son de uso común y otros solo se usan en aplicaciones específicas. Algunos de estos medios son tubo conduit (con sus variedades constructivas y de material) ductos, charolas y electroductos. Por consiguiente daré una lista de ellos, y en cada caso en que se deben utilizarlos:
 1. Tubo galvanizado pared gruesa
 2. Tubo galvanizado pared delgada o ligero.
 3. Tubo negro pared gruesa.
 4. Tubo negro pared delgada o ligero.

5. Tubo anillado Greenfield o flexible.
6. Tubo plica o flexible.
7. Tubo Plica recubierto con polietileno.
8. Tubo de aluminio.
9. Tubo de aluminio prealambrado.
10. Tubo de plástico flexible.



Figura 2.16 Tubo conduit.

Tabla 2.14 Característica de los tubos conduit.

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED	
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.
1/2	21	0.840	21.34	0.060	1.52
3/4	26	1.050	26.67	0.060	1.52
1	33	1.315	33.40	0.060	1.52
1.1/4	42	1.660	42.16	0.070	1.78
1.1/2	48	1.900	48.26	0.080	2.03
2	60	2.375	60.32	0.100	2.54

- **El tubo galvanizado de pared gruesa**, que se puede utilizar en cualquier trabajo dado su cualidad y resistencia.

Se utiliza mucho en instalaciones del tipo industrial visible, ya que no lo corroe el medio ambiente; también se usa para instalaciones en jardines, puesto que por su baño galvanizado puede estar enterrado sin sufrir deterioro; únicamente se recomienda usar pintura o Permatex en las juntas con el cople, pues eso sella perfectamente el tubo evitando que se cuele el agua, y también que se perjudiquen las cuerdas, ya que estas no son galvanizadas.

- **El tubo negro conduit**, también es para usos generales, aun cuando mas limitado que el galvanizado, ya que no se puede utilizar a la intemperie, pues se corroe con mas o menos facilidad, así pues lo usamos para colados en instalaciones industriales interiores, en instalaciones verificadas por el piso y los muros.

- **El tubo negro ligero**, así como el galvanizado, se utilizan en colados que no sobrepasen la loza de 10 centímetros, ya que por ser cople a presión, en el momento de checarlo con las pinzas especiales, se hacen planes y se cuele por ahí el agua con cemento, tapando el tubo fácilmente.

Desde luego es más fácil de trabajarse, ya que no se necesita saber tomar medidas como en el caso del conduit, por que si una curva sale larga, se le corta y si es al contrario, se le acopla el pedazo faltante.

Para trabajar este tubo se necesita un doblador, escariador, pinzas de checar y una segueta. Se trabaja fácil y rápido, es muy funcional en instalaciones por el techo y en falsos plafones; se complementa con conectores que se colocan a presión en el tubo y en extremo opuesto tienen cuerda y los coples que son a presión y que se checan con las pinzas especiales.

- **El tubo anillado Greenfield o flexible**, se utiliza en las partes en que por ser imposible el hacer con el tubo rígido tantas curvas, este se amolda perfectamente a las circunstancias; también es muy útil e insustituible para las llegadas a los motores. Se complementa con coples de tornillo, así como con conectores especiales que se atornillan a presión por un lado, siendo roscados por el opuesto.
- **El tubo plica**, se usa también para los casos en que explicamos es funcional el anillado, pero sin las maravillas características de éste, ya que su resistencia a la presión mecánica es nula, por que si lo pisamos se aplasta fácilmente.
En efecto, no lo utilizaremos de ningún modo en las industrias y nos concretaremos a utilizarlo en lo domestico, teniendo cuidado de que sea mas bien por los techos, ya que por lo muros muy fácilmente lo puede atravesar un clavo. Lo utilizaremos también con mucho éxito en las instalaciones de plafond falso ya hecho éste, pues se puede dejar inclusive suelto, teniendo la precaución de colocar cajas de conexión, estando estas complementadas con sus contratuercas y monitores perfectamente apretados.
- **El tubo de aluminio** se usa para las instalaciones con armaduras del mismo material, ya que por su poco peso es el mejor material a usarse y como se iguala con el aluminio de las formas, se puede ocultar fácilmente.
- **El tubo de plástico flexible**, (Polyducto, Duraducto,etc) viene complementado con coples, conectores, curvas, etc del mismo material, lo que facilita su manejo.

	DIAMETRO NOMINAL			DIAMETRO NOMINAL	
	pulg.	mm.		pulg.	mm.
	1/2	21		1	33
	3/4	26		1.1/2	48
	1	33		2	60
	1.1/4	42			
1.1/2	48				
2	60				

	DIAMETRO NOMINAL			DIAMETRO NOMINAL	
	pulg.	mm.		pulg.	mm.
	1/2	21		1/2	21
	3/4	26		3/4	26
	1	33		1	33
	1.1/4	42		1.1/4	42
1.1/2	48	1.1/2	48		
2	60	2	60		
		3	88		

Figura 2.17 Tubos conduit.



Figura 2.18 Cajas para remate de cable eléctrico, Hexagonal y rectangular.

- **Bus ducto (electroducto).** El bus ducto consiste por lo general de conductores en forma de barra dentro de un elemento metálico (ducto) que los contiene. Con la adecuada ventilación. El bus ducto se usa con mayor frecuencia para la conducción de corrientes elevadas. Se fabrican en distintos estilos, tipo enchufable, atornillados, con aluminio o cobre,

etcétera. Debido a sus características de manejar altas corrientes o demandas de potencia elevadas, su aplicación más común se encuentra en las instalaciones industriales; sin embargo, su uso no está limitado a las instalaciones comerciales o de edificios de oficinas. Se usan frecuentemente como un sistema completo, tienen la desventaja de su alto costo y los accesorios complementarios que pueden ser de alto costo también.

Tabla 2.15 Tubería ducto eléctrico tipo DB

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO EXTERIOR		ESPESOR DE PARED		LARGO CAMPANA
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	Pulg.	mm.	mm.
2	60	2.375	60.32	0.060	1.52	45.0
3	88	3.500	88.90	0.092	2.34	73.0

- Alimentación por electroductos de baja impedancia.** Para conseguir una instalación perfecta, en cuanto a la sección principal de una instalación eléctrica industrial, se utilizan los electroductos, cuya construcción consiste en cajas o gabinetes que alojan en su interior las barras con las medidas adecuadas para la carga de alimentación, separadas y aisladas a un espacio ajustado para reducir el efecto del campo magnético que normalmente las rodea, conservando así, una impedancia mínima, con lo cual se consigue reducir la caída de voltaje en tramos largos, pudiéndose por consiguiente, reducir la sección transversal de las barras, con la economía en el costo. En los electroductos normales, las barras llevan una separación mayor que en los electroductos de baja impedancia y van sin aislamiento, mientras que en estos, las barras van más juntas; pero van encintadas y aisladas con barniz especial en todo lo largo, con lo que se consigue una buena barrera de protección impenetrable a cualquier arco,

además, la cubierta de acero del electroducto lleva perforaciones para disipar el calor que se genera por corrientes elevadas o de sobrecarga.

Tabla 2.16 Características de algunos electroductos.

Núm	Tamaño en mm	Peso tramo	Diámetro en mm		Espesor pared	Cuerdas 25.4 mm
			Exterior	Interior		
T-0 ½	12.7	3.865	21.34	15.80	2.77	14
T-0 ¾	19.0	5.144	26.27	20.93	2.87	14
T-1	25.4	7.639	33.40	26.64	3.38	11 ½
T-1 ¼	31.7	10.347	42.16	35.05	3.56	11 ½
T-1 ½	38.1	12.388	48.26	40.89	3.68	11 ½
T-2	50.8	16.683	60.33	52.50	3.91	11 ½
H-2	63.5	26.395	73.03	62.71	5.16	8
T-3	76.2	34.546	88.90	77.93	5.49	8

2.4.1 Armazones y charolas

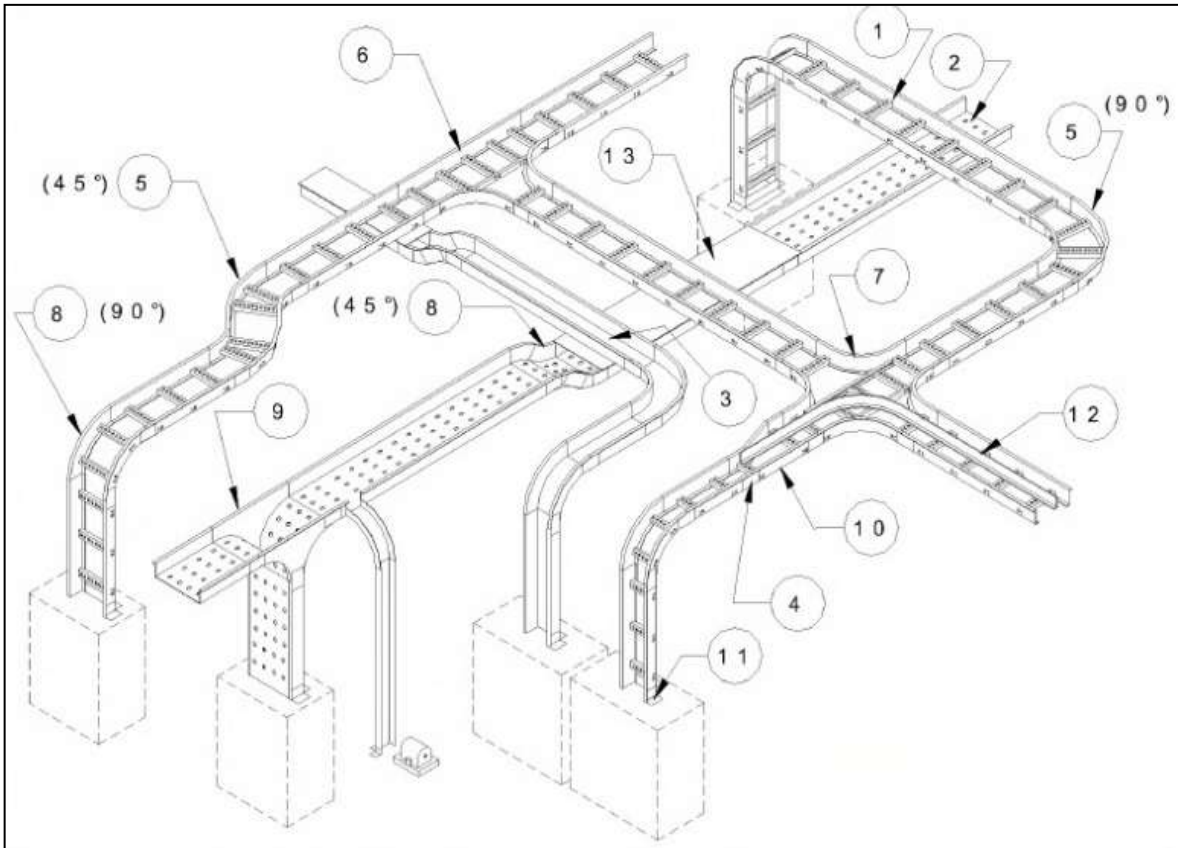
Otro sistema de instalación para grandes obras industriales, plantas generadores, etc., es el de hacer el montaje de los cables y alambres, descansando en armazones o estructuras de fierro o lamina de suficiente grueso, que se ha dado por llamar *sistema de charolas*.

Se trata de lámina de acero en forma de U que sirve para colocar en tramos apropiados, barrotes para el sostén de los conductores; como la construcción de un equipo de esta naturaleza por parte del contratista, resultara bastante caro, se recurre a los fabricantes de charolas en los que se produce estas en tres tipos que corresponden como sigue:

- **El número 1**, corresponde a *charolas prefabricadas normales*, cuya construcción es ligera y pueden utilizarse para su colocación en pisos, es decir, una arriba de la otra.
- **El número 2**, corresponde a *charolas prefabricadas reforzadas*, estas charolas se emplean para soportar el peso de cables y a la vez el peso del montador para su colocación.
- **El número 3**, corresponde a *charolas para tramos ascendentes*. Estas charolas se entregan semifabricadas en la obra y deben ser atornilladas ahí mismo, pues el fabricante entrega los largueros, accesorios y demás para ser montados a las distancias que se requieran. Estas charolas, en tramos de 30, 40, 50, y 50 cm de ancho y de diferentes largos de acuerdo con la solicitud.

Las ventajas que se obtienen con el uso de charolas en las instalaciones eléctricas son las siguientes:

1. Facilidad de colocación simétrica de los cables y alambres.
2. Como las charolas, llevan ya un tornillo listo para apretarse, el montaje es sumamente sencillo, pues basta ensamblar los tramos y apretar el tornillo en el lugar que le corresponda.
3. Debido a la gran variedad de formas, es fácil hacer distribución de cables a otras direcciones.
4. En las uniones, hay unos tornillos que facilitan sostener las charolas al techo por medio de soleras comerciales.



- | | |
|--|--|
| 1.- CHAROLA TIPO ESCALERA
LADDER TYPE CABLE TRAY | 7.- EQUIS HORIZONTAL
HORIZONTAL CROSS |
| 2.- CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO
PERFORADO
VENTILATED SOLID FLAT BOTTOM
CABLE TRAY | 8.- CURVA VERTICAL INTERIOR
Y EXTERIOR
VERTICAL OUTSIDE AND INSIDE
BEND |
| 3.- CHAROLA TIPO FONDO SOLIDO
LISO
SOLID FLAT BOTTOM CABLE TRAY | 9.- "T" VERTICAL
VERTICAL TEE |
| 4.- CONECTOR
SPLICE PLATE | 10.- REDUCCION
REDUCER |
| 5.- CURVA HORIZONTAL
HORIZONTAL BEND | 11.- CONECTOR DE CHAROLA A CAJA
FRAME TYPE BOX CONNECTOR |
| 6.- "T" HORIZONTAL
HORIZONTAL TEE | 12.- BARRERA SEPARADORA
BARRIER STRIP STRAIGHT SECTION |
| | 13.- TAPAS (CUBIERTAS)
COVERS |

Figura 2.19 Tipos de charolas para realizar una canalización.

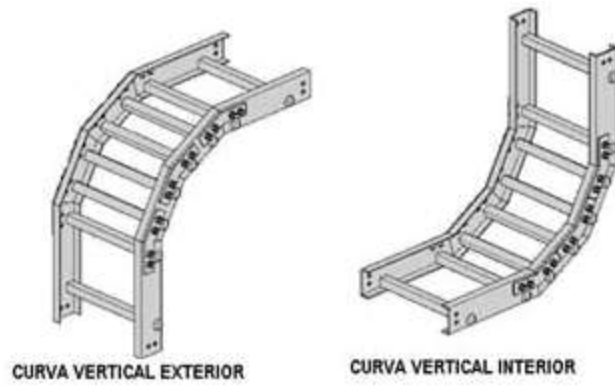


Figura 2.20 Charolas tipo escalera



Figura 2.21 Charolas fondo liso y fondo liso perforado



Figura 2.22 Carola tipo malla

Para seleccionar adecuadamente una charola se deben considerar los siguientes factores

1. Clase de charola.

- a) Capacidad de carga y factor de seguridad.
- b) Espaciamiento entre soporte.
- c) Deflexión

2. Altura de la charola.

- a) Diámetro de cables.
- b) Capacidad de relleno de cables.

3. Material / Acabado.

- a) Medio ambiente
- b) Apariencia.
- c) Costo de la instalación.

4. Ancho de la charola.

- a) Diámetro de cables
- b) Capacidad de relleno de cables.
- c) Requerimientos para futuras expansiones.

2.4.2 Determinación del ancho de la charola

El ancho de la charola esta en función del diámetro y del radio mínimo de curvatura de los cables conductores.

Se especifica que el radio mínimo de curvatura del conductor debe estar especificado por el fabricante del mismo pero de no ser así, referimos este dato al NOM-001-SEDE-1999 que estipula este radio debe ser 8 o 12 veces el diámetro del conductor mismo, según sea el tipo.

Los grandes esfuerzos mecánicos producidos por un corto circuito generan un movimiento brusco de los conductores sobre la charola la cual debe soportar el trabajo generado por dicho movimiento pero los accesorios de montaje también son factores a considerar al efectuar el diseño de una instalación eléctrica y no desarrollar el diseño en el límite de la carga de trabajo de la charola con una capacidad de carga de 74.4 kg/m, las cuales caen dentro de las clasificaciones 12^a.

La distancia máxima a la que se puede ubicar un soporte de montajes es de 60cm (2ft) del extremo o punto de unión entre diferentes componentes y su ubicación es de acuerdo al tipo de conexión entre figuras. El procedimiento de calculo como simple referencia es un método para calcular el ancho de la charola de acuerdo al artículo 318 del NOM-001-SEDE-1999.

2.4.3 Determinación de las cargas mecánicas

Debe calcularse el peso en kg/m (libras / pie) de los cables que serán alojados en la charola, al resultado deben agregarse los pesos que, por efecto del clima en el caso de instalaciones exteriores, (nieve, hielo, viento) pudieran presentarse en instalaciones inferiores, estas cargas no se presentan. Debe agregarse también el efecto de una carga de 90.7 Kg. (200lbs) concentrada a la mitad del espaciamiento entre los soportes del sistema, como sigue:

Tabla 2.17 Determinación de las cargas mecánicas

DISTANCIA ENTRE SOPORTES	CARGA UNIFORME EQUIVALENTE
METROS (6 PIES)	99.2 kg/m (66.7 lb/ft)
METROS (8 PIES)	74.4 kg/m (50.0 lb/ft)
3.05 METROS (10 PIES)	59.5 kg/m (40.0 lb/ft)
3.66 METROS (11 PIES)	49.6 kg/m (33.3 lb/ft)

Recordemos considerar estas cargas para prever los esfuerzos adicionales que soportara el sistema durante su instalación y cableado así como las cargas que representen las bajadas de cables, tubos y conductores que se apoyan en las charolas.

2.4.4 Cantidad de cables multiconductores alojados en charolas tipo escalera

La cantidad de cables multiconductores alojados en una charola tipo escalera no debe ascender los siguientes requerimientos:

- a) Cuando una charola contenga cables multiconductores de fuerza de iluminación, o una mezcla de cables multiconductores de fuerza, iluminación, control o señalización, la cantidad máxima de cables debe conformarse como sigue
 - i. Cuando todos los cables sean calibre 4/AWG o mayores, la suma de las áreas de la sección transversal de todos ellos no excederá al ancho de la charola y se colocara en una sola capa.
 - ii. Cuando todos los cables sean menores de 4/AWG, la suma de las áreas de la sección transversal de todos ellos no excederá el área de relleno que se indica según el ancho de la charola.
 - iii. Cuando existan cables de calibre 4/AWG o mayores, la suma de las áreas de la sección transversal de todos los cables de menor calibre no excederá el área resultante del cómputo que se indica.
 - iv. Los cables de calibre 4 o mayores se colocaran en una sola capa y ningún otro conductor se colocara sobre ellos.

- b) Cuando una charola con profundidad inferior útil de 152mm (6") o menos vaya a contener únicamente cables multiconductores de control y/o de señalización, la suma de las áreas de la sección trasversal de todos los cables, no excederá al 50% del área inferior útil de la sección transversal de

la charola. En el caso de charolas con profundidad inferior útil de más de 152mm (6”), el área de relleno será el correspondiente a la de 152mm (6”).

2.4.5 Cantidad de cables de un solo conductor alojados en charolas tipo escalera

La cantidad de cables de un solo conductor alojados en una charola no debe exceder a lo requerido en esta sección.

- a) Cuando una charola contenga cables de un solo conductor, la cantidad máxima de ellos debe conformarse como sigue:
 - i. Cuando todos los cables sean de calibre sean de 1000 MCM o mayores, la suma de los diámetros de todos ellos no excederá el ancho de la charola.
 - ii. Cuando todos los cables sean menores de 1000MCM, la suma de las áreas de la sección transversal de todos ellos no excederá el área máxima permitida.
 - iii. Cuando se trate de instalar cables de 1000MCM o mayor junto con cables de menor calibre, la suma de las áreas de la sección transversal de todos los cables de menor calibre no excederá el área resultante del cómputo.

Cuando una charola aloje circuitos de tensiones diferentes, estos deben separarse mediante una barrera incombustible que se extienda a todo lo largo de la charola o por medio de una distancia adecuada que de protección equivalente. Una vez que se ha elegido un producto, se debe diseñar la instalación adecuada, para conseguir entre otras cosas lo siguiente:

- Facilidad y rapidez de instalación.
- Operación eficiente del circuito.
- Seguridad durante la instalación y operación de las líneas eléctricas.
- Economía y seguridad para el usuario.

- Cumplimiento de las normas vigentes.

2.5 Tableros

Los tableros de una subestación son una serie de dispositivos que tienen por objeto soportar a los aparatos de control, medición y protección, los indicadores luminosos y las alarmas.

2.5.1 Tipos de tableros

- a) Tableros de un solo frente.** Son tableros de tipo vertical que se utilizan en subestaciones pequeñas, aprovechando el mismo frente para montar la protección, la medición y el control. Son los tableros de mayor uso; en la parte media inferior se fijan los relevadores, mas abajo se fijan las cuchillas de prueba y las tablillas de conexión de los cables que llegan al tablero desde el exterior. Arriba de los relevadores se montan los conmutadores, la señalización y en la parte alta del tablero se montan los aparatos de medición.
- b) Tableros de doble frente o Duplex.** Se designa con este nombre a los tableros de tipo vertical que tienen dos frentes opuestos, con un pasillo al centro, techo y puertas en los extremos de los pasillos. N estos tableros se acostumbra instalar en le frente posterior a los dispositivos de control, de medición, la señalización, mientras que en la parte posterior se montan los diferentes relevadores de protección. Se pueden utilizar en subestaciones de tamaño mediano.
- c) Tableros separados para mando y protección.** En subestaciones grandes, en donde debido a la complejidad de las protecciones, los relevadores no cabrían si se usaran los tipos de tableros anteriores, por lo tanto se usan tableros separados. En un tablero se instalan los elementos

de control, los aparatos de medición, los indicadores luminosos y de maniobras, todos estos visibles y accesibles al operador, en tableros separados se montan los relevadores de las protecciones.

- d) Tableros tipo mosaico.** Estos tableros son sumamente compactos y esta reducción se debe al uso de transductores para medición, relevadores de interposición y cables de control de tipo telefónico; se instalan generalmente en subestaciones operadas a control remoto, en las que los relevadores se fijan en tableros separados, dentro del edificio principal de tableros o en casetas.

2.5.2 Apagadores

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben exceder a 600 volts.

Debe tenerse especial cuidado de no usar los apagadores para interrumpir corrientes que excedan a su valor nominal de voltaje, por lo que se debe observar que los datos de voltaje y corriente estén impresos en las características del apagador, como un dato del fabricante.

Existen diferentes tipos de apagadores, el mas simple es el de una vía o monopolar, con dos terminales que se usan para “prender” o “apagar” una lámpara u otro objeto desde un punto sencillo de localización. Una variante del apagador del polo es el llamado tipo silencioso y el de contacto. Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 volts y corrientes de 15 amperes.

En los apagadores llamados de contacto, se prende y se apaga simplemente presionando el botón.

Los apagadores para uso industrial, por lo general, se fabrican para ser adaptados a placas de cajas de conexión o a condulets. También los del tipo intemperie, los cuales se encuentran dentro de una caja metálica y se operan por medio de una varilla que se encuentra en la parte inferior del mismo y la forma de operarlos es subiendo y bajando la varilla. Establece el circuito o lo desconecta.

- **Apagadores de paso.** Estos apagadores se fabrican de baquelita y son muy funcionales en los casos en que la toma de corriente queda lejos, así como el aparato que se necesita apagar, entonces se conecta uno de estos apagadores en un punto intermedio accesible a las necesidades y el problema queda solucionado. Entre la gran variedad de estos aparatos apagadores, los hay de cadena, los de puerta, que realmente son unos botones con contactos de reposo o abiertos, que cierran cuando la persona abre la puerta y como cada alambre va conectado a cada contacto, lógicamente cierran el circuito.

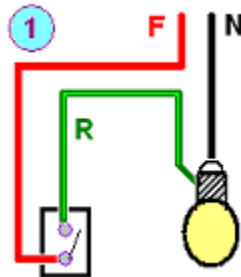


Figura 2.23 Apagador de paso

- **Apagador de tres vías (de escalera).** Los llamados apagadores de tres vías se usan principalmente para controlar lámparas desde puntos diferentes, por lo que se requieren dos apagadores de tres vías para cada instalación o parte de instalación en donde se requiere este tipo de control. Este tipo de apagadores tiene normalmente tres terminales. Invariablemente, en cualquier instalación eléctrica, todos los apagadores se deben instalar de manera tal que se puedan operar manualmente y desde un lugar fácilmente accesible. El centro de la palanca de operación

de los apagadores no debe quedar a más de 2.0 metros sobre el nivel del piso en ningún caso. Cuando se trate de pagadores para alumbrado en casas habitación, oficinas y centros comerciales se instalan entre 1.20 y 1.35 m sobre el nivel del piso.

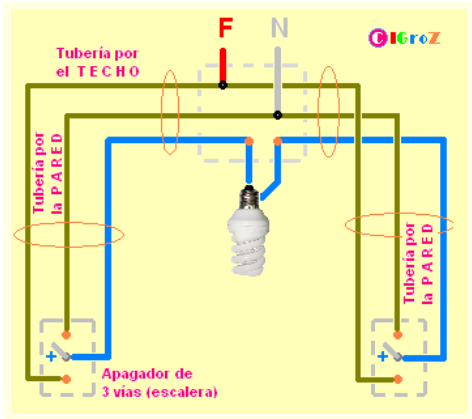


Figura 2.24 Apagador de tres vías

- **Apagador de cuatro vías.** Los apagadores de cuatro vías se utilizan cuando se quieren controlar las mismas luces con más de dos apagadores desde diferentes puntos. En estos casos en los que se requiere un control de la iluminación en tres puntos diferentes se requiere que los apagadores centrales sean de cuatro vías y los dos apagadores restantes sean de cuatro vías.

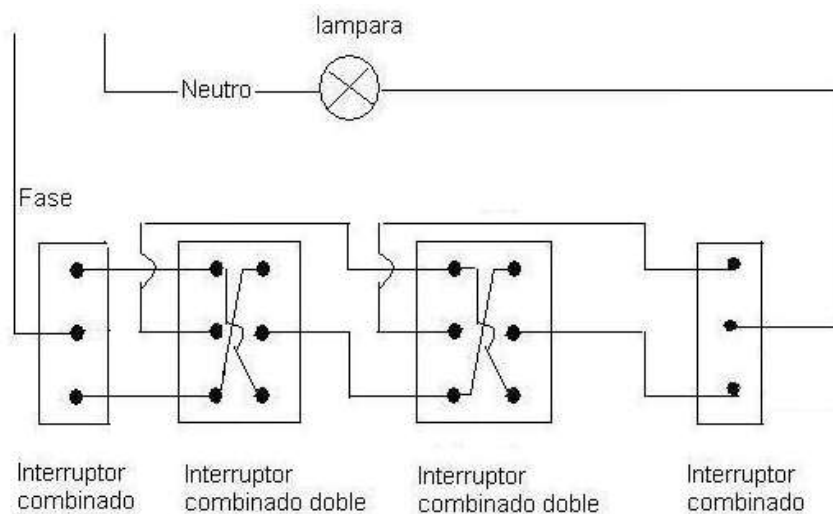


Figura 2.25 Apagadores de cuatro vías.

2.5.3 Montaje de los apagadores

- a) **Tipo sobrepuesto o superficie.** Los apagadores que se usen en instalaciones visibles con conductores aislados sobre aisladores, se deben colocar sobre bases de material aislante que separen a los conductores por lo menos 12mm de la superficie sobre la cual se apoya la instalación. Son de base de porcelana y la parte superior de baquelita; también existen de esta parte metálica, estos últimos se utilizan, por lo regular, en fabricas y factorías en que son manejados por muchas personas; se prefieren por su gran fortaleza.
- b) **Tipo embutido.** Los apagadores que se alojan en cajas de instalaciones ocultas se deben montar sobre una placa o chasis que este al ras con la superficie de empotramiento y sujeto a la caja. Viene fabricado para usarse uno solamente en una chalupa; trae agujeros corridos en los extremos de su armadura, así como también dos agujeros en la parte media de dicha armadura, únicamente que estos están machuelados a una medida americana que se conoce como Núm. 6-32 hilos. También los hay de tipo intercambiable, en esta clase de apagadores hay una infinidad de tipos, uno para cada ocasión, pues los hay del tipo silenciosos, y de estos hay de botón redondo, rectangular y de tecla italiana.

En el apagador intercambiable, conocido también como IL, hay una grandísima ventaja, pues pueden instalarse desde uno en una placa común y corriente, hasta 3 unidades y en una caja de conexiones de $\frac{3}{4}$ pulg. Hasta 6 unidades.

En el terreno de los apagadores ocultos, la línea es mas extensa; comenzaremos por el apagador que viene fabricado para usarse uno solamente en una chalupa; trae dos agujeros corridos en los extremos de su armadura, así como también dos agujeros en la parte media de dicha armadura, únicamente que estos están machuelados a una medida americana que se conoce como Num. 6-32 hilos.

Los apagadores instalados en cajas metálicas embutidas y no puestas a tierra y que pueden ser alcanzados desde el piso, se deben proveer de tapas de material aislante e incombustible.

2.5.4 Contactos

Estos adminículos los vamos a tratar en una forma breve, ya que lo único que varia en ellos es la forma y capacidad. Deben ser para una capacidad nominal no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de a10 amperes para 250 volts. Los contactos deben ser de tal tipo que no se puedan usar como portalámparas. Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (para conexión a tierra) y a prueba de agua. En los casos más comunes vienen sencillos pero se pueden instalar en cajas combinadas con apagadores.

Se dividen en:

1. Sobreponer
2. Intercambiables.
3. Tipo oculto.
4. De piso.
5. Polarizados.

1. Los de sobreponer que se fabrican en varias formas, de baquelita y porcelana; los hay sencillos, dobles y triples.
2. Contactos intercambiables con los intercambiables (IL). Estos contactos se usan como su nombre lo indica, para ser cambiados cuando estén deteriorados, cabiendo en una chalupa común hasta 3 de ellos y en una caja de 19 mm con sobré tapa, hasta 6 unidades.
3. El contacto oculto es de una y dos unidades y se coloca asimismo en chalupa, siendo la tapa del tipo redondo.

4. Los contactos de piso, se colocan debajo de este, en una chalupa, son del tipo oculto, variando únicamente la tapa que es de latón grueso, teniendo esta placa, a su vez, dos tapas roscadas, una que tapa totalmente el hueco cuando no se utiliza el contacto y la otra con un agujero de 3/8 pulg. para poder conectar la clavija y trabajar con la tapa puesta, no exponiéndose al polvo.

5. Pasemos ahora a los contactos de tipo industrial, estos se fabrican de sobreponer, del tipo oculto y también en forma de extensión, denominándose estos como de uso rudo, variando la forma y la capacidad de los mismos.

Los hay de entrada sencilla y de media vuelta; estos se denominan así, ya que al insertar la clavija en el contacto, se le da una vuelta a la derecha, con lo que quedan totalmente fijos al contacto, necesitándose para quitarlos, dar media vuelta a la izquierda y luego jalar la clavija.

- **Contactos en lugares húmedos o mojados.** Los contactos que se instalen en el lugar húmedo, deben ser del tipo adecuado, dependiendo de las condiciones de cada caso. Lugares mojados: estos contactos se denominan a prueba de intemperie.

2.5.5 Fusibles

Un fusible puede ser definido como un dispositivo de protección que opera cuando una sobrecorriente pasa por el y pone en peligro los equipos o instalaciones del sistema, pudiendo deberse esta sobrecorriente a sobrecargas o cortocircuito. Por tanto las funciones de este dispositivo serán fundamentalmente aislar la porción del circuito en disturbio del resto del alimentador sin falla e impedir el daño de los equipos instalados en el mismo.

La selección adecuada de un fusible debe considerar:

- Proteger a los equipos del circuito bajo cualquier condición de sobrecorriente que os pueda dañar
- En condiciones normales de operación el fusible no debe operar.
- Si dos o más fusibles se encuentran instalados en serie y se presentara una falla, únicamente deberá operar el que se encuentre mas cercano a este punto.

Un fusible esta diseñado para fundirse en un tiempo especificado para una determinada corriente. Estas características de operación o curvas tiempo corriente están representadas por dos curvas fundamentales:

- Curva mínima de fusión (mínimo tiempo de fusión)
- Curva máxima de fusión (máximo tiempo de despeje).

Definiciones utilizadas para especificar estos dispositivos:

- **Tiempo de fusión.** Es el tiempo necesario para que el elemento fusible se funda; este se inicia en le momento que una sobrecorriente circula a través del fusible y termina cuando aparece el arco de energía.
- **Tiempo de extinción del arco.** Es el tiempo necesario para extinguir el arco; se inicia en el momento que se funde el elemento fusible y termina cuando la falla es aislada.
- **Tiempo de despeje.** Es el tiempo que necesita el fusible para interrumpir una sobrecorriente, iniciándose al presentarse una sobrecorriente y terminando cuando es aislada.

- **Valor nominal de corriente.** Este valor es asignado por el fabricante y es la corriente que el fusible puede conducir continuamente sin deterioro bajo condiciones específicas de uso.

La corriente nominal es determinada por la máxima temperatura a la que las partes componentes del fusible (particularmente el elemento fusible) le es permitido operar continuamente; una corriente mas alta que la nominal es requerida para que el elemento fusible se funda.

- **Corriente mínima de fusión.** Se define como el valor de corriente más bajo que causa la fusión del elemento fusible en un tiempo infinito, pero en la práctica la corriente que causa la fusión del elemento en unas cuantas horas puede ser tomada como la corriente mínima de fusión.
- **Sobrecorriente.** Se define como cualquier corriente que sea mayor a la mínima de fusión. Figura

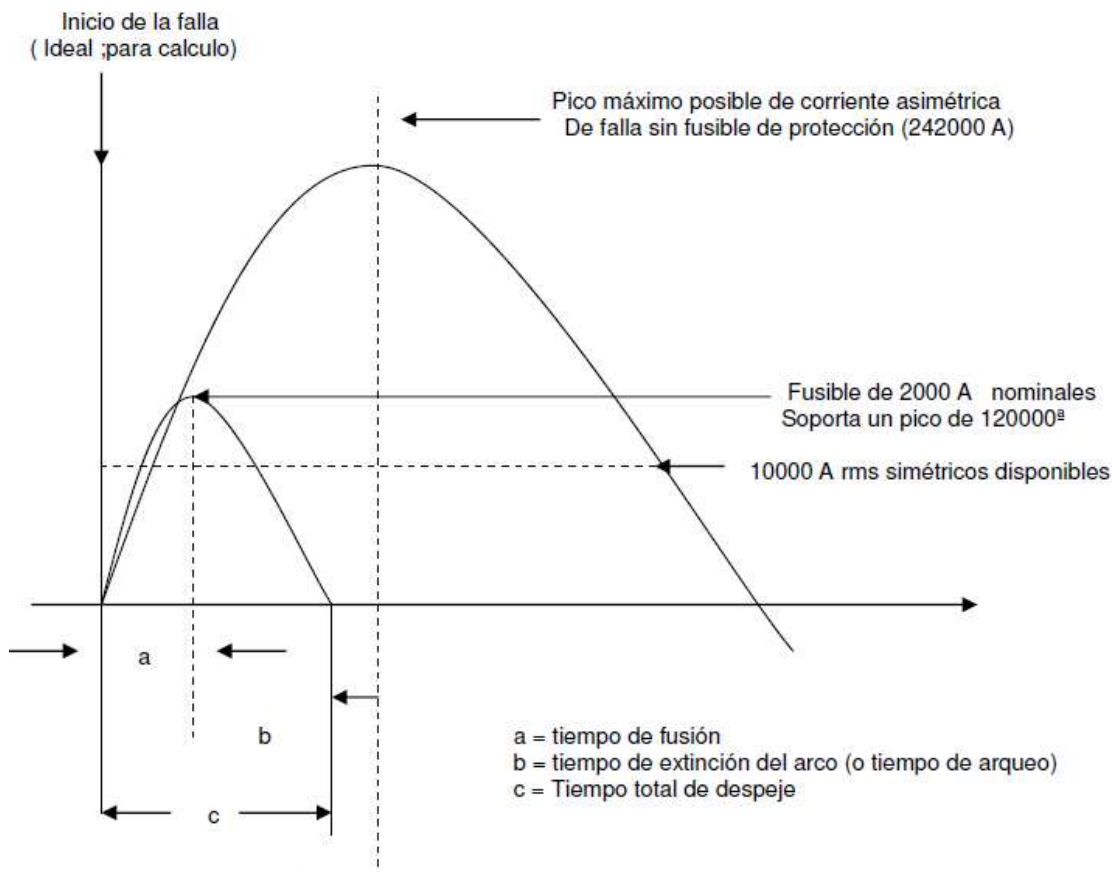


Figura 2.26 se muestra una típica de limitación de corriente de pico y tiempo total de apertura.

Las relaciones del tiempo mínimo de fusión y máximo tiempo de despeje, con corrientes mayores a la mínima de fusión, son determinados de datos de pruebas, las cuales generan curvas características de tiempo.

Ambas curvas, la del tiempo mínimo de fusión y la de máximo tiempo de despeje son herramientas esenciales para la adecuada aplicación de los fusibles en la coordinación de un sistema eléctrico. A medida que la sobre corriente se incrementa, el tiempo de fusión decrece, debido a que el elemento fusible tiene un coeficiente de temperatura positivo de resistencia.

Cuando la temperatura ambiente se incrementa, el tiempo de fusión decrece y cuando la temperatura ambiente decrece, el tiempo de fusión se incrementa.

2.5.6 Clasificación de los fusibles

En forma general los fusibles se pueden clasificar, en cuanto a los sistemas de distribución y utilización de energía en:

- Fusibles de baja tensión
- Fusibles de media tensión.

Los fusibles de baja tensión han tenido aplicación universal en las instalaciones de los usuarios, protegiendo tanto éstos como las acometidas o cables que llevan el suministro de energía eléctrica desde el (los) secundario (s) de el (los) transformador (es) de distribución.

Los fusibles utilizan un metal, el zinc cuyo punto de fusión se alcanza a los 420⁰C. Con el uso de este metal se encontró que además no favorece el arqueo. Una mejora adicional consistió en encerrar a los elementos sensibles a la corriente (denominados actualmente eslabones fusibles) en tubos de cerámica o fibra vulcanizada junto con un material inerte cuya misión principal es ahogar el arco y

así reducir la magnitud de la explosión provocada en fallas de cortocircuito. Algunos de estos son de tipo renovable.

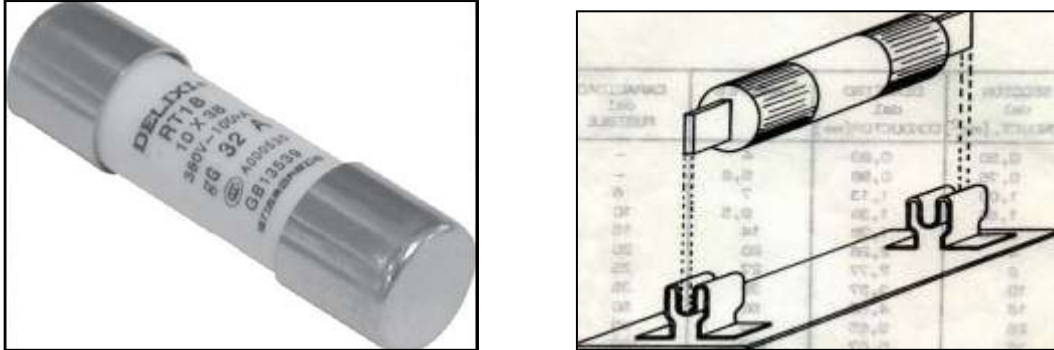


Figura 2.27 Fusible de casquillo y navajas

2.5.7 Fusibles de media tensión

Son aquellos que se aplican en el lado de alta tensión de los transformadores, estos pueden clasificarse en:

- a) Fusibles de distribución.
 - Expulsión
 - Tubo de fibra
 - Listón.
 - En liquido (sumergido en aceite)
 - En vacío.

- b) Fusibles de potencia.
 - Expulsión.
 - Limitadores de corriente
 - En liquido (sumergidos en aceite).
 - Electrónicos.

De manera general, para una correcta selección es necesario conocer:

1. Tensión del sistema.
2. Nivel de aislamiento.
3. Máxima corriente de cortocircuito en el lugar de la instalación.
4. Relación X/R.
5. Máxima corriente de carga (incluyendo tasa de crecimiento).
6. Tipo de sistema (aéreo o subterráneo) en delta o estrella multi-aterrizada.

Estos factores permitirán establecer la tensión, corriente de operación y capacidad interruptiva que deberá tener el fusible seleccionado.

2.6 Aspectos generales para la selección de fusibles de media tensión

En general, los fusibles (K) rápidos desconectan al sistema de fallas en menos tiempo y coordinan mejor con los relevadores. Los fusibles lentos (T) soportan corrientes transitorias mayores (corrientes de arranque, carga fría, etc.) y coordinan mejor con otros fusibles de la misma clase o diferentes.

Para escoger el tamaño mínimo del fusible se debe considerar no solo la máxima carga normal del lugar de la instalación sino la corriente de arranque y carga fría.

En la siguiente tabla se indican las capacidades de fusibles K y T, (de acuerdo con normas NEMA) que pueden llevar una carga continua de 15% mayor de su valor nominal

Tabla 2.18 Capacidad de fusibles de distribución tipos K o T

I (nominal) K o T	6	8	10	12	15	20	25	30	40	50	65	80	100	140	200
I (continua) amperes	9	12	15	18	23	30	38	45	60	75	95	120	150	190	

2.6.1 Reglamento de obras e instalaciones eléctricas

Art. 59 – Protección Contra Sobrecorriente

Cada conductor de un circuito derivado, no conectado a tierra deberá protegerse contra sobrecorriente.

La capacidad de los dispositivos de protección cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando lo sean, deberá ser como sigue:

- a) No deberá ser mayor que la corriente permitida para los conductores del circuito.

- b) Si el circuito abastece únicamente a un aparato con capacidad de 10 amperes o más, la capacidad o ajuste del dispositivo de sobrecorriente no deberá exceder del 150% de la capacidad del aparato.

De acuerdo con este reglamento, los interruptores automáticos (multi-breakers) deben elegirse como sigue, para proteger conductores aislados con hule o plástico en circuitos de alumbrado, calefacción o aparatos.

- Para proteger alambre No. 14 interruptor 15 amp
- Para proteger alambre No. 12 interruptor 20 amp
- Para proteger alambre No. 10 interruptor 30 amp
- Para proteger alambre No. 8 interruptor 40 amp
- Para proteger alambre No. 6 interruptor 50 amp
- Para proteger alambre No. 4 interruptor 70 amp
- Para proteger alambre No. 2 interruptor 100 amp

- c) La designación de los interruptores automáticos está dada por su **ajuste**, no por su capacidad. Todos los de un mismo tipo tienen la misma capacidad.

- d) Nunca se utilicen interruptores con ajustes más altos que los recomendados anteriormente, en circuitos del alumbrado, calefacción o aparatos, si se requiere **proteger** al conductor: En circuitos de un solo motor, pueden utilizarse calibraciones más altas siempre que la protección de sobrecorriente esté dada en forma adecuada por los relés del arrancador.

2.6.2 Interruptores termomagnéticos

Los interruptores termo magnéticos están diseñados para abrir el circuito en forma automática cuando ocurre una sobrecarga accionado por una combinación de un elemento térmico y un elemento magnético.

El térmico consta esencialmente de la unión de dos elementos metálicos de diferente coeficiente de dilatación, conocido también como par térmico, el cual al paso de la corriente se calienta y por lo tanto se deforma, habiendo un cambio de posición que es aprovechado para accionar el mecanismo de disparo del interruptor. Operan desde el punto de vista de tiempo-apertura con curvas características de tiempo corriente.

El elemento magnético consta de una bobina cuyo núcleo es movable y que puede operar o disparar el mecanismo del interruptor, el circuito se abre en forma instantánea cuando ocurre sobre una corriente, operan con sobrecargas con elemento térmico y por sobrecorrientes con el elemento magnético para fallas.

2.6.3 Interruptores termomagnéticos instantáneos

Los interruptores termo magnéticos llamados instantáneos para uno de los dos tipos que se usan normalmente en las instalaciones eléctricas, son energizados por el circuito magnético, de las corrientes de sobrecarga o de corto circuito y se usan normalmente como elementos de protección de los circuitos derivados de motores, ya que la protección contra sobrecarga del motor es el elemento térmico en un elevador, que se considera por separado.

Los interruptores termo magnéticos especiales se diseñan para soportar un 100% de la corriente nominal de carga y para disparar entre 101 y 120% de la corriente nominal de la carga.

2.6.4 Interruptores termomagnéticos de tiempo inverso

Un interruptor de tiempo inverso, es el tipo de interruptor equivalente al fusible de tiempo retardado tiene un elemento magnético que responde en forma instantánea a las corrientes de corto circuito severas o a valores excesivos de sobrecarga en el arranque. El elemento térmico proporciona protección para los circuitos derivados (a excepción de los circuitos derivados para motores grandes) cuando se presentan sobrecargas, esta protección la realiza por medio de dispositivos térmicamente activados, tal como ocurre con los elementos bimetálicos.

Para los circuitos derivados de motores, la protección contra sobrecarga se separa frecuentemente.

Las características principales de los interruptores de seguridad para servicio normal, de navaja para fusibles tipo cartucho, tipo sencillo en caja de usos generales son los siguientes:

1. Mecanismo rápido de desconexión para capacidades superiores a los 30 amperes.

2. Tienen base de porcelana de 30 amperes hasta 100 amperes con base de pizarra en los otros
3. La manija puede ser asegurada en las posiciones de abierto y cerrado. Se fabrican en 2 polos para 250 Volts C.A de 30 a 600 amperes, y en tres polos para 240 volts C.A también de 30 a 600 amperes, en ambos casos las capacidades comerciales son 30,60,100,200,400 y 600 amperes.

Estos interruptores de seguridad se fabrican también para servicio pesado de navajas para fusibles tipo cartucho, tiro sencillo, para usos generales hasta 600 volts máximos en corriente alterna con las características principales siguientes:

1. Puerta con seguro para evitar abrirlo en la posición de cerrado.
2. Mecanismo rápido de conexión y desconexión.
3. Supresión de arco
4. Partes conductoras plateadas.

2.6.5 Uso de los interruptores termomagnéticos en corriente continúa

En el caso de uso en circuitos de corriente continua el valor de la intensidad necesaria para provocar el disparo magnético se incrementa aproximadamente en un 40% con respecto a la intensidad necesaria en corriente alterna.

Los interruptores termomagnéticos pueden utilizarse en corriente continua sin reducción de su capacidad de ruptura hasta una tensión de 48 V con un polo protegido y hasta 110 V con dos polos protegidos. Para mayores valores de ésta, la capacidad de ruptura se reduce sensiblemente. Bornes Los bornes de los interruptores termomagnéticos son del tipo brida, protegidos (IP-20), con tornillo universal que permite su apriete con un destornillador estrella (Phillips t1 y t2) o plano de 5 mm. El tamaño y características del borne permite la conexión de conductores desde 1 a 25 mm² de sección, así como conductores agrupados de distintas secciones y peines de unión. El par de apriete recomendado es de 1.7 a 2.5 Nm

Dimensiones

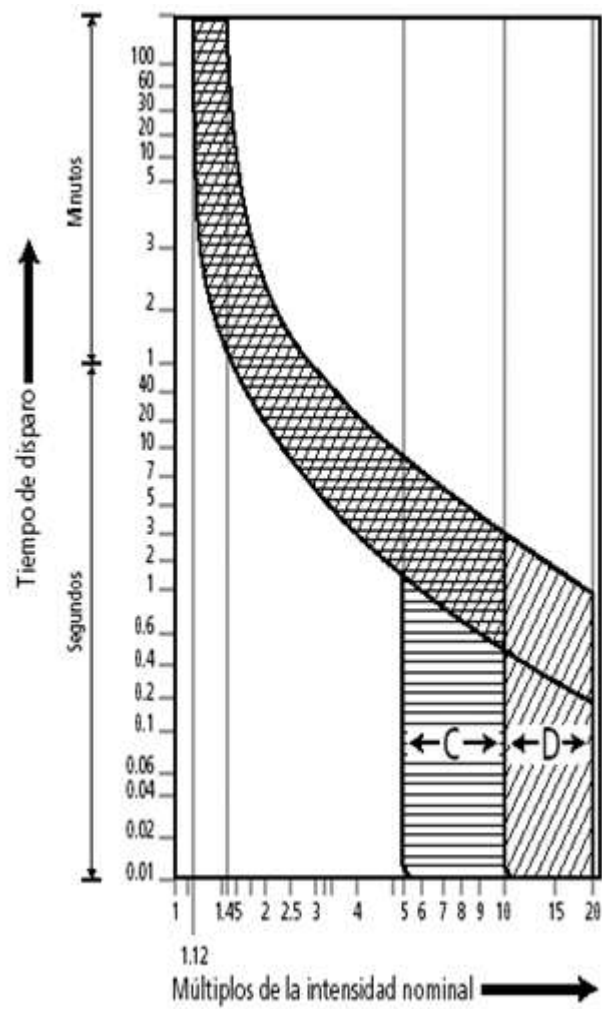
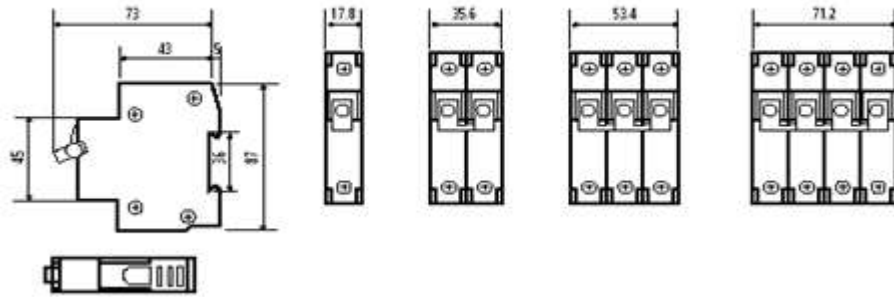


Figura 2.28 Se muestra la respuesta de un interruptor termomagnético.

2.7 Sobretensiones

Sobretensión es toda tensión que puede poner en peligro la existencia o servicio de una instalación eléctrica. A su vez pueden ser de origen externo o interno.

- **Sobretensiones externas.** Tienen su origen en descargas atmosféricas, y una velocidad de propagación próxima a la velocidad de la luz (300000 Km / s). Normalmente las descargas se manifiestan en forma de ondas de frente escarpado, alcanzando su valor medio en el corto espacio de tiempo de 1μ s (micro segundo) y disminuyendo el valor a cero en unos 100 μ s.

Las sobretensiones de origen externo pueden ser de varios tipos, por :

- Descarga directa sobre la línea; son las más importantes.
 - Descargas entre nubes próximas a líneas (descarga inductiva).
 - Descarga entre líneas y tierra (descarga indirecta).
 - El efecto pantalla de las edificaciones (descarga reflejada).
-
- **Sobretensiones internas.** Tienen su origen en las variaciones de carga en una red, maniobras de desconexión de un interruptor, formación o cese de un fallo a tierra, corte de alimentación a un transformador en vacío, puesta en servicio de línea aérea o subterránea, etc.
-
- **Sobretensiones de maniobra.** Las principales sobretensiones de maniobra se deben a aperturas de interruptores, fusión de un fusible y desconexión de un transformador que funcione en vacío. Este tipo de sobretensiones, tanto por su larga duración como por su elevada frecuencia (M. F. o A. F.), influyen considerablemente a la hora de la elección de protecciones como el pararrayos.

2.7.1 Protección de líneas eléctricas contra sobretensiones

El material de A. T. instalado en las líneas ha de poder soportar los efectos de cualquier sobretensión, bien sea de origen externo o interno.

Las sobretensiones que alcanzan valores superiores a las tensiones de ensayo del material (conductores, aparato, etc.) son muy peligrosas, tanto por la amplitud de la tensión como por el gradiente de potencial de su frente escarpado. En el cálculo de líneas, hay que tener en cuenta los dispositivos para evitar que las sobretensiones puedan dañar las instalaciones.

- **Dispositivos y aparatos de protección.** Los dispositivos y aparatos de protección contra sobretensiones conectados permanentemente a las líneas eléctricas son :
 - Cables de tierra : destinados a prevenir ondas de sobretensiones externas y derivarlas a tierra.. Solamente son eficaces en líneas de 1ª categoría.
 - Puesta a tierra del neutro, bien sea directamente o a través de resistencias o impedancia débiles.
 - Pararrayos, que entran en servicio cuando la tensión alcanza un valor superior a la de servicio y comprendidas entre los límites inferior y superior a la tensión de cebado, provocando la descarga a tierra de la corriente que a él llega, a través de las líneas a las que está conectado.
- **Pararrayos.** El pararrayos tiene una función principal que cumplir, que es la de proteger la instalación eléctrica (transformador, interruptor, conductores de línea, etc.) contra sobretensiones de origen externo o interno, a la vez que absorbe parte de su energía. Los pararrayos de cuernos (antenas) van siendo reemplazados por el tipo *auto válvulas*, también llamado *resistencia valvular* y *descargador de Sobretensión*.
- **Pararrayos – Autoválvular.** Este aparato se compone básicamente de dos partes, el explosor y la resistencia variable unida a él en serie. Cuando la amplitud de una Sobretensión supera la tensión de cebado del pararrayo, saltan arcos en el explosor y cierran el circuito de A. T. a tierra a través de

las resistencias variables. La resistencia variable esta formada por un material conglomerado capaz de variar con rapidez su resistencia eléctrica, disminuyendo su valor cuando mayor sea la tensión aplicada y pasándolo a un elevado valor al reducirse la tensión. Se comporta, pues, el aparato como una válvula, cerrada para la tensión nominal del sistema y abierta para las sobretensiones.

- **El apartarrayos.** Es un dispositivo de protección de aislamiento de los equipos eléctricos contra las sobretensiones transitoria de gran valor, limita la magnitud y duración de estas y reduce la amplitud de la corriente remanente por medio de descargas a tierra, a través de trayectorias cuya resistencia esta en función de la tensión.
- **Corriente remanente de un apartarrayos** es la corriente que proviene de la red y circula a través del apartarrayos después del flujo de la corriente de impulso posterior a una descarga.

El apartarrayos es uno de los elementos principales para la coordinación de aislamiento en las subestaciones eléctricas, al establecer una correlación entre sus características de protección y los niveles básicos de aislamiento de los equipos por proteger, con particular referencia a los aislamientos internos.

La continuidad en el servicio y la vida útil del equipo de una subestación eléctrica, puede alterarse por los esfuerzos dieléctricos aplicados a sus materiales aislantes, tales esfuerzos se producen por:

- a) Sobretensiones de origen externo, como son las descargas atmosféricas.
- b) Sobretensiones de origen interno causados al realizar maniobras con interruptores.

Por tanto, es de gran importancia proveer a las instalaciones eléctricas abastecedoras de energía en alta tensión, de los elementos necesarios para protegerlos contra sobretensiones.

- **Construcción** El apartarrayos se presenta como una envolvente de porcelana herméticamente cerrada en donde se encuentran montadas sus partes activas, entre las que figuran la resistencia que trabaja en función de la tensión y explosor de extinción compuesto por electrodos. Generalmente, dentro del apartarrayos existe nitrógeno con el fin de evitar fenómenos de corrosión y de envejecimiento.
- **Clasificación.** Uno de los criterios para clasificar a los apartarrayos es según el valor de la corriente nominal de descarga y tiene las aceptaciones siguientes:
 - a) Apartarrayos tipo estación a los 10 KV.
 - b) Apartarrayos tipo intermedio a los de 5KV.(serie A)
 - c) Apartarrayos tipo distribución a los de 5KVA (serie B)
 - d) Apartarrayos secundarios a los 1.5 KA

Tabla 2.19 Tensiones normalizadas en kv (rms) para apartarrayos de hasta 34.5 kv

1.5 KA Secundarios	5 KA Serie B Distribución	5 KA Serie A Intermedios	10 KA Estación
0.175	3	3	3
0.280	4.5	6	6
0.500	6	9	9
0.600	7.5	12	12
	9	15	15
	10	21	21
	12	24	24
	15	27	27
	18	30	30
	21	33	33
	24	36	36
	27		
	30		

2.8 Sistemas de tierras

La construcción de un sistema de aterrizaje, originalmente se entendió como una medida de seguridad para prevenir condiciones de peligro o riesgo, en cualquier ambiente creado por el hombre. Sin embargo, los sistemas de tierras e interconexiones actuales, deben estar diseñados también para ofrecer una baja impedancia para reducir el ruido en los sistemas electrónicos y de comunicación y proveer una protección contra voltajes transitorios.

En si los sistemas se conectan a tierra para limitar las sobretensiones eléctricas debidas a descargas atmosféricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión, y para estabilizar la tensión eléctrica a tierra durante su funcionamiento normal. Los equipos se conectan a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, y que faciliten el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. Y en los sistemas electrónicos que son muy sensibles al ruido.

En un sistema de tierras, la tierra debe ser tratada como un semiconductor, en tanto que el electrodo de tierra en sí mismo es un conductor puro. Estos factores hacen complejo el diseño de un sistema de aterrizaje, que no se obtiene de un simple cálculo o manejo al azar de unas cuantas varillas enterradas.

El conocimiento de las condiciones locales del suelo son mandatarias y es el primer paso en el proceso de diseño. Esto incluye el contenido de humedad, la temperatura y la resistividad del terreno bajo una serie de condiciones establecidas.

El diseño adecuado de un sistema de tierras, requiere de una correcta valoración de las condiciones del suelo donde se instalará. Sin embargo, aún las áreas más pequeñas, tienen a menudo amplias variaciones en sus valores de resistividad de un lugar a otro. Deberán hacerse varias mediciones y deberán tomarse muestras del terreno de diferentes puntos de prueba para analizarse su temperatura y

humedad. Se recomienda al menos 10 mediciones para tener una valoración adecuada de la resistividad del terreno del lugar, para grandes áreas se requieren más mediciones, como mínimo diez. Solamente terrenos a una profundidad de 10 pies ó 3 metros necesitan probarse en más puntos.

2.9 Aparatos para iluminación (luminarias)

Las lámparas vistas anteriormente están casi siempre asociadas a los aparatos de iluminación que son de distintas formas y materiales. Salvo en casos particulares de lámparas concebidas en forma especial, las fuentes luminosas se ponen en operación dentro de los aparatos de iluminación.

Estos aparatos de iluminación o luminarias, sirven para dirigir, filtrar o transformar (en general controlar), la luz emitida por las lámparas, comprenden todos los elementos necesarios para fijar y proteger mecánicamente las lámparas y para recibir al circuito de alimentación.

Los aparatos que sirven para modificar la dirección de la luz, son denominados reflectores. Se construyen de formas distintas, según se requiera obtener un haz de luz paralelo (reflectores parabólicos) o concéntricos. El rendimiento de los reflectores es, por lo tanto, la relación entre el flujo luminoso utilizable y el que emite la lámpara, varía entre el 70 y el 80%.

Para atenuar los efectos deslumbrantes de las fuentes luminosas, se usan los llamados difusores que pueden ser de vidrio opalino o esmerilado, o bien, de plástico. El rendimiento de estos aparatos varía entre el 50 y el 80%.

Las luminarias o aparatos de iluminación, presentan características mixtas que permiten obtener simultáneamente los aspectos fotométricos, estéticos, eléctricos y mecánicos, que condicionan su uso en función del ambiente por iluminar.

Los aparatos e iluminación o luminarias, se clasifican para su selección como sigue:

- 1. Basándose en la distribución del flujo.** La distribución del flujo corresponde a los difusores y a los reflectores. Los difusores están constituidos básicamente por cubiertas de vidrio de distinto acabado o de material plástico y se adaptan con lámparas en su interior para la realización de sistemas de iluminación semi-indirecta, difusa o semi-difusa; el flujo luminoso se distribuye casi en forma uniforme en todas las direcciones. Parte del flujo luminoso emitido por las lámparas, se absorbe por el material de los difusores (de un 10 al 20%), aun cuando existen difusores que absorben de un 30% a un 40%, los difusores se usan para lámparas de potencia relativamente baja (40-200 watts). Los reflectores están constituidos de superficies acabadas (aluminio abrillantado, vidrio plateado, lámina de acero esmaltada blanca, etcétera), que reflejan la luz emitida por las lámparas en determinada dirección (haz largo o estrecho según sea el tipo).
- 2. Basándose en la protección contra los contactos indirectos.** Los contactos indirectos, se refieren a la forma en cómo se conectan a tierra las luminarias cuando se requiere esta condición.
- 3. Basándose en las protecciones contra los contactos directos y la penetración de líquidos y polvo.** Con relación a esto, las luminarias se clasifican como: para locales secos y sin polvo, para locales con polvo, para locales húmedos o con goteo y polvo.
- 4. Iluminación directa** Casi todo el flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que a de iluminar (entre el 90 y 100 %). Un sistema de este tipo es un eficaz producto de luz en la zona usual de trabajo.
- 5. Iluminación semidirecta** Este tipo de iluminación, la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia la superficie que se trata de iluminar, una pequeña parte (de 10 a 40 %) se distribuye arriba de la coordenada

horizontal de la curva de distribución y llega a la superficie por iluminar, previa reflexión de techo y paredes.

- 6. Iluminación mixta** Se llama también iluminación difusa, aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige hacia arriba de la horizontal de la curva de distribución y llega por tanto, a la superficie que a de iluminar, después de reflejar varias veces por y paredes. Con este sistema se obtiene por completo la eliminación de sombras y, al hacer más extensa la superficie luminosa, se reduce a un mas el peligro de deslumbramiento.
- 7. Iluminación indirecta.** El 90 % del flujo luminoso, se dirige hacia arriba de la coordenada horizontal de la curva de distribución; el manantial luminoso queda completamente oculto a los ojos del observador y este no percibe ninguna zona luminosa, solamente aprecia zonas iluminadas. En este sistema, debido a que no hay flujo luminoso directo, las paredes y techo del local que se va a iluminar, debe estar pintadas de color blanco o colores muy claros, pues de lo contrario debido al poco rendimiento luminoso de estos sistemas, habría de instalarse demasiada potencia luminosa para conseguir niveles de iluminación mediante aceptables.
- 8. Curvas fotométricas.** Cada lámpara o aparato de iluminación esta caracterizado por una distribución particular del flujo luminoso. Por ejemplo, para las lámparas normales incandescentes, la distribución del flujo es tal que la intensidad luminosa es máxima entre los 30 y 60 grados con respecto al eje de la lámpara o luminaria en donde la iluminación es mínima (parte superior) o máxima (parte inferior). Las luminarias, se caracterizan por un diagrama polar de intensidad luminosa llamado también curva fotométrica. Por simplicidad, estas s curvas se limitan solo a dos dimensiones. Tabla 2.20

Tabla 2.20 Curvas fotométricas

		Muy dirigida 1	Intensiva 2	Extensiva 3	Difusa 4
A Directa					
B Predominante-mente directa		Intensiva			
C Uniforme		Intensiva y de radiación elevada			
D Predominante-mente indirecta		De radiación elevada			
E Indirecta		De radiación elevada			

Capítulo 3

Niveles de iluminación

El nivel de iluminación es una de las características más importantes dentro de un proyecto de iluminación, ya que con un nivel de iluminación adecuado, se puede llevar a cabo una tarea visual de modo correcto, rápido, seguro y fácil. La selección del nivel de iluminación, varía mucho con la naturaleza de la actividad, y esta función de la tarea visual a desarrollar, según el tamaño del detalle, brillo o contraste del color y velocidad exigidos. También intervienen otros factores como el tiempo en que se va a realizar el trabajo, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de realizar el trabajo.

El nivel de iluminación que se toma en consideración, es el disponible sobre el plano de trabajo, es decir, el lugar en donde se encuentran los objetos por observar. Normalmente el plano de trabajo se encuentra en un plano horizontal, localizado entre 0.80 y 0.90 m. Sobre el nivel del suelo.

Para el diseño de la iluminación de locales interiores como exteriores, que comprenden una gran variedad de posibilidades en cuanto a las actividades por realizar, como son: Escuelas, oficinas, negocios, supermercados, grandes almacenes, industrias de diferente naturaleza, calles, parques y jardines, etcétera.

Para la selección del nivel de iluminación, las sociedades de iluminación o grupos de trabajo relacionados con este tema, han elaborado tablas que dan los llamados niveles de iluminación recomendados en función del tipo de ambiente por iluminar. En los niveles de iluminación, se habla con frecuencia de la calidad de la iluminación, pero también de la economía de la energía; es por lo que se debe ser cuidadoso en la elección de estos niveles, puesto que existirán siempre contradicciones no solo en los libros y revistas relacionadas con los problemas de la iluminación, también en las normas y especificaciones técnicas, lo mismo ocurre con los fabricantes de lámparas y luminarias.

En una época en donde ahorrar energía es importante, no sólo por los altos costos que adquiere, también por la necesidad de hacer un uso más eficiente de las mismas, la iluminación es una de las fuentes de economía de la energía, por lo que deben considerar los siguientes elementos básicos:

- El nivel de iluminación.
- La eficiencia de las lámparas.
- El rendimiento de las luminarias.
- El proyecto de instalación.
- El mantenimiento de la instalación.

3.1 Selección de los niveles de iluminación

El concepto de iluminación o iluminancia (E) expresado en la unidad lux es una medida de la cantidad de luz que incide en el plano de trabajo.

Pruebas realizadas han demostrado que el nivel de iluminación determina la calidad de la visión: cuando mayor es el nivel de iluminación se puede ver más fácil y claramente. Nuestros ojos están constituidos de manera que la visión es óptima con los niveles de iluminación proporcionados por la luz del día no necesariamente bajo la luz directa del sol que van desde unos miles a 100 000 luxes. Técnicamente y económicamente resulta imposible, o muy difícil, obtener valores de alumbrado de 10 000 a 20 000 luxes que nos permitan ver las condiciones más favorables y con un mínimo de esfuerzo. En la práctica, tenemos que aceptar niveles de iluminación “adecuados” técnica y económicamente, aprovechando la gran capacidad de acomodación y adaptación de la vista humana.

En cada proyecto el encargado de una instalación de alumbrado debe de elegir el término medio correcto entre las mejores condiciones visuales y un sistema de alumbrado que sea factible desde los puntos de vista técnico y económico.

La tabla 3.1 de valores de iluminación, tiene dos columnas, la primera de ellas la recomienda la Illuminating Engineering Society (I.E.S.) con las siguientes características: Un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por segundo.

La segunda columna es recomendada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A.C. (S.M.I.I.) México Chapter, y esta formada por niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y 5 asimilaciones por segundo.

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

Tabla 3.1 Valores de iluminación

TALLERES TEXTILES, LANA Y ESTAMBRE	LUXES I.E.S. 99%	LUXE S.M.I.I. 95%
Abridoras, mezcladoras y batientes	300	200
Clasificación	100a	600a
Cardo, peinado y repeinado	500	300
Estirado:		
Hilo blanco	500	500
Hilo de color	1000	600
Tróceles:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Torzales	500	300
Devanado:		
Hilo blanco	300	200
Hilo de color	500	300
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Hilo de color	1000	600
Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
Tejido:		
Telas blancas	1000	600
Telas de color.	2000	1100
Cuarto de telas crudas:		
Quitar nudos de la tela	1500a	900a

Cosido	3000 ^a	1700a
Doblado	700	400
Acabado húmedo	500	300
Teñido	1000 ^a	600a
Acabado en seco:		
Despeluzado, acondicionamiento, y planchado	700	600
Cortado	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Doblado	700	400
TALLERES TEXTILES, SEDA Y SINTÉTICOS		
Manufactura:		
Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos	300	200
devanado, torcido, redevanado y coneras, torcido de fantasía, engomado:		
Hilo claro	500	300
Hilo oscuro	2000	1100
Urdidores (seda)		
En estizola, finales de carrera, devanadora, lanzadera y plegadora	1000	600
Repaso en lisos y en el peine	2000a	1100 ^a
Tejido	1000	600

3.2 Distribución espacial de la luz

La distribución se refiere a los criterios generales que se aplican para obtener una correcta distribución de las lámparas o luminarias en un proyecto específico de alumbrado en interiores.

En el caso de lugares de trabajo, como es el caso de oficinas, escuelas, laboratorios, etcétera, se evitan colocar las fuentes de iluminación de manera que produzcan sombras sobre el plano de trabajo.

La correcta selección de las fuentes luminosas y de las luminarias tiene una gran importancia en los efectos de una iluminación buena y confortable, así por ejemplo, cuando en ciertos casos, como escuelas u oficinas, usan una iluminación

basada en lámparas fluorescentes, la distribución de la luz es más uniforme, existen menos sombras y son también menos marcados los contrastes de luz; sin embargo, este tipo de iluminación puede dar en algunos casos el sentido de la ausencia de sombras, en los casos de iluminación muy uniforme no permite el reconocimiento fácil de algunos objetos, determinar sus dimensiones y algunas veces la distancia a que se encuentran.

Por el contrario, un sistema de iluminación con fuentes de direccionales, puede crear contrastes de sombras muy bruscos que fatigan la vista, el juego de luces y sombras es un problema que forma parte de los conceptos de alumbrado y que se analizan con un criterio diferente, dependiendo del tipo de alumbrado de que se trate, por ejemplo, en casas habitación, comercios, oficinas, etcétera. En el caso de las lámparas incandescentes, la localización con respecto al plano o punto por iluminar, se debe hacer prácticamente directa, es decir, si se usa luminaria, ésta debe estar perfectamente localizada sobre el objeto o área por iluminar, a la altura del plano de trabajo.

Otro aspecto a considerar en la localización de las lámparas, es el deslumbramiento que se debe tratar de evitar y que, por ejemplo, en el caso de las lámparas fluorescentes que no usan luminaria, se puede presentar en una zona comprendida en unos 30° con respecto al eje de la visión. Cuando se pueda presentar esta posibilidad, considerando la relación-disposición de luminarias a localización del plano de trabajo, es necesario revisar la necesidad del uso de luminarias con difusores que eviten esta condición.

Tabla 3.2 Niveles de iluminación mínimos recomendados en luxes

ALMACENES	
Materiales medianos.	200
Materiales pequeños	200
ASCENSORES	
Cabina de carga y pasajeros	50
AUDITORIOS	
Actividades sociales	50
Exposiciones	300
BANCOS	
Vestíbulos, general	500
Cajas, registro y perforación de tarjetas	1,500
BAÑOS	
Iluminación general	100
BIBLIOTECAS	
Sala de lectura	700
Estantería	300
ESCUELAS	
Aulas	700
Salas de dibujos	1,000

GARAGE PARA VEHÍCULOS DE MOTOR	
Zonas de estacionamiento	100
Zonas para reparación	1,00
GIMNASIOS	
Ejercicio general y recreativo	500
Competencias y concursos	500
HOTELES	
Iluminación general en baños, recamaras y recibidor	100
Corredores, ascensores y escaleras	200
Lectura y áreas de trabajo	270 - 1,100
Billares en la mesa	260 - 370
Escaparates	540 -1,100
IGLESIAS	
Altar	100
Iluminación general en áreas de culto	150
IMPRENTAS	
Grabado de fotografía	700
Inspección de colores	200
LAVANDERÍAS	
Iluminación general	200
MONTAJE	
Medio	1,00
Ajuste fino	5,000
Ajuste muy fino	10,000
OFICINAS	
Lectura y transcripción	700
Áreas de trabajo regular	1,000

Contabilidad, auditoria y máquinas calculadoras	1,500
Dibujos burdos	1,500
Cartografía, diseño y dibujo fino	2,000
PINTURA	
Pintura por aspersión de muñeca y con plantilla	500
Pintura fina, acabados y pruebas	1,000
TALLERES MECÁNICOS	
Trabajo de bancos burdos	500
Trabajos de banco medio, pulido y rectificado burdo	1,000
TIENDAS	
Pasillo, almacén. Ventas en mostrador	300
Ventas en autoservicio	1,000
Salón de baile	2,000
Boliches	65
Exposiciones	260 – 370
Relojería	370 – 1,000
	540 – 1,000

Los requisitos para una buena iluminación, se pueden resumir como:

- Una adecuada iluminación de los diversos espacios y planos de trabajo.
- Una relación de la iluminación tal que se puedan crear contrastes, sombras apropiadas y se facilite la visión de los objetos por iluminar.
- Ausencia de deslumbramiento.
- Ausencia del efecto estroboscópico.
- Tonalidad de colores satisfactoria.

3.3 Condiciones a seguir para un nivel de iluminación

En la determinación de los niveles de iluminación óptimos para una tarea visual específica se toman en cuenta los siguientes factores:

- a) La duración del trabajo con luz artificial.
- b) Si el trabajo es nocturno o diurno.
- c) Exigencias de calidad impuesta al producto que se trabaja, tamaño y contraste con los objetos.
- d) La edad de los usuarios.

1. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantes recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largo periodo de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá de dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano.

Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.

2. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión) la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez.
3. Alumbrado especial, (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá de estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contraste comfortable. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y de relativa baja

brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considera como un factor principal en vez de los luxes producidos en un punto considerado.

Para inspección minuciosa, 500 luxes.

4. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.

Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado.

5. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo.
6. O no menos de $1/5$ del nivel de las áreas adyacentes.
7. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.
8. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

3.4 Normas para el cálculo de iluminación

Para realizar el cálculo de un proyecto de iluminación, por lo general, los datos básicos son los planos del local, ya sea industrial, comercial etc. En todos los casos, el orden que se debe seguir para realizar un proyecto de iluminación, es el siguiente:

- a) Analizar las necesidades de iluminación.
- b) Determinar el nivel de iluminación más aconsejable.
- c) Describir la fuente de iluminación.
- d) Seleccionar el color de la luz emitido por la lámpara.
- e) Seleccionar la luminaria adecuada.

- f) Decidir la altura de montaje.
 - g) Estimar las condiciones de mantenimiento.
 - h) Medir o estimar la reflexión.
 - i) Determinar la relación de índice de cuarto.
 - j) Determinar el factor de mantenimiento.
 - k) Determinar el coeficiente de utilización.
 - l) Calcular el número de luminarias requeridas.
 - m) Determinar el espaciamiento máximo entre las luminarias.
 - n) Hacer un plano de distribución de las luminarias.
- a) Análisis de las necesidades de iluminación** Este análisis se debe hacer basándose en, ¿qué es lo que debe ser visto? En una fabrica es la tarea a realizar, por que es de gran importancia la tarea visual, pero la ventaja de crear un ambiente placentero. Subrayando estas condiciones tenemos iluminación de seguridad, iluminación para rendimiento visual e iluminación para placer estético. En una zona de oficina, la iluminación de los corredores no debe de ser tan baja que produzca un efecto deprimente a la persona que salga de ella.
- b) Determinar el nivel de iluminación.** Recomendaciones sobre niveles de iluminación adecuados, pueden ser obtenidas en las publicaciones de la Sociedad de Ingeniería de Iluminación (I.E.S.) y de la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. Es conveniente aclarar que algunos de los altos niveles recomendados en las publicaciones mencionadas, no tienen que aplicarse sobre áreas completas. Estos niveles están diseñados para producir un rendimiento máximo visual cuando se aplican a la tarea propiamente dicha. Naturalmente el nivel de iluminación general debe de ser alto, en un local donde se realizan tareas que requieran iluminación intensa, a fin de que la adaptación de los ojos del trabajador no cambie

mucho cuando dirige la mirada de su trabajo a los alrededores y nuevamente al trabajo que realiza.

- c) Tipo de fuente de luz.** Para decidir el tipo de lámpara a utilizar, se toma en consideración lo siguiente: si el sistema de iluminación va a ser usado sólo ocasionalmente y por lo tanto el costo inicial pasa a ser más importante que el costo de operación, el tipo de iluminación usualmente seleccionado es el incandescente. Si el sistema va a estar funcionando durante muchas horas, los tipos fluorescentes, mercurio o sodio alta presión son los más indicados.

En zonas de oficinas es muy común emplear lámparas fluorescentes de 38 watts, en fábricas donde no es muy grande la altura de montaje y es importante el color de la luz, como fábricas de textiles, se emplean lámparas fluorescentes de 74 watts. En la iluminación de grandes naves industriales altas, se emplean vapor de mercurio o vapor de sodio alta presión de 400 watts.

- d) Selección del color de la lámpara.** Para iluminación general, se usan con más frecuencia las lámparas fluorescentes blanco frío y blanco cálido según se prefiera un tono de luz que se asemeje a la luz natural del día o la luz incandescente. Sin embargo, cuando se desea lograr una mejor apariencia de color, particularmente con los tonos rojos, es necesario usar las lámparas blanco natural o blanco cálido de lujo. Es necesario instalar un mayor número de ellas para compensar la disminución en la emisión de lúmenes de estas lámparas.

En la iluminación con vapor de mercurio, es posible escoger entre los tipos claro, de color corregido y blancas. Como en las lámparas blancas se ha logrado un color corregido con una eficiencia mayor en vez de menor, este es el tipo de lámpara más aconsejable para todas las aplicaciones. Excepto donde la altura de montaje es muy elevado y se requiere un mejor control de haz luminoso, lo cual se logra con lámparas claras.

Las lámparas de aditivos metálicos, asumen muchas de las aplicaciones de las lámparas de mercurio y además se usan en ciertas instalaciones cuyos requerimientos no pueden ser satisfechos por las lámparas de mercurio, debido a la diferencia de rendimiento de color que existe entre estas lámparas.

En iluminación interior, solamente en algunos casos podrá utilizarse la lámpara de vapor de sodio de alta presión, se puede aprovechar su alto rendimiento luminoso y su gran duración, combinándolas con lámparas de aditivos metálicos con lo que se mejorará la apariencia de color los objetos iluminados.

Con las lámparas incandescentes no se representa el problema de la selección de color, a excepción de las lámparas tipo PAR de color, de luz concentrada y luz difusa y las que tienen ligeros tonos cálidos. Para iluminación general, se usa con más frecuencia las lámparas fluorescentes, blanco frío y blanco cálido según se prefiera un tono de luz que se asemeje a la luz natural del día o luz incandescente. Sin embargo, cuando se desea lograr mejor apariencia de color, particularmente con los tonos rojos, es necesario usar las lámparas blanco natural o blanco cálido de lujo. Cuando se instalan lámparas del tipo de lujo, es necesario instalar un mayor número de ellas para compensar la disminución en la emisión de lúmenes de estas lámparas.

- e) Selección del luminario** Existe una amplia variedad de luminarios. Se puede obtener desde el tipo sencillo individual incandescente o fluorescente, asta el techo luminoso completo de pared a pared. Alguno de los factores que contribuye a tomar una decisión son: El tipo de distribución de luz, el ángulo de corte de la luminaria para la iluminación directa en las condiciones de utilidad comparada con la apariencia estética de la luminaria. En esta parte del proyecto, también será más fácil la consulta de los catálogos de los fabricantes de los aparatos de alumbrado, para

determinar que tipo de luminario es el más apropiado, de acuerdo con las características constructivas y con su curva de distribución luminosa.

f) Determinación de la altura de montaje. La altura de suspensión de los luminarios características fundamental en todo proyecto de iluminación.

En locales de altura normal tales como oficinas y áreas de trabajo; la tendencia actual es situar los aparatos de alumbrado tan altos como sea posible, de esta manera se disminuye considerablemente el riesgo de deslumbramiento y se pueden separar más luminarios y por consecuencia disminuye el número de dichos luminarios.

A veces, sobre todo en interruptores industriales los locales son de gran altura. Por ejemplo, en las naves que deban instalarse grúas puente; también cuando las dimensiones verticales de los aparatos fabricados o de las maquinas herramientas sean muy grandes. En estos locales los luminarios se sitúan a grandes alturas por encima del plano de trabajo (7 m y más), es aconsejable en estos casos adoptar la altura mínima compatible con las condiciones del local sin tomar en cuenta la altura de techo y claraboyas existentes.

g) estimación de las combinaciones de mantenimiento. El rendimiento de los aparatos de alumbrado se reduce en el transcurso del tiempo bajo los aspectos de polvo y suciedad. Según el lugar de colocación y las características constructivas de los aparatos de alumbrado el flujo luminoso, puede reducirse en un plazo de dos años de un 20 a 50% con respecto a un valor inicial. Al proyectar la instalación, se debe considerar la reducción posible de flujo luminoso como consecuencia del ensuciamiento, para obtener la intensidad luminosa después de largo tiempo de servicio. Los costos de instalación como los de servicio, se pueden reducir planificando la limpieza regular a intervalos prefijados de los aparatos de alumbrado. Según el grado de ensuciamiento conviene limpiar los una o dos veces al año.

- h) Medición o estimación de la reflexión.** En la mayoría de los casos es suficiente estimar la reflexión. Sin embargo en un diseño que exija un alto grado de precisión, esta debe ser medida, incluyendo los promedios compensados de paredes, puertas y ventanas si se desea se puede incluir en los cálculos de reflexión del suelo alguna compensación por el mobiliario.
- i) Determinación de la relación del índice de cuarto.** La relación de índice de cuarto puede calcularse de acuerdo a la formula que relaciona las dimensiones del local.

$$I.C. = A \times L / H (A+L)$$

Ec. 3.1

- j) Determinación del factor de mantenimiento** Para determinar este factor, es necesario considerar la limpieza o suciedad de local que se va a iluminar así como la depreciación que sufre la lámpara que sufre la lámpara a través de sus horas de uso.
- k) Determinar el coeficiente de utilización.** Para determinar el coeficiente de utilización se usa la información proporcionada por el fabricante en forma de tablas si se conoce la relación de índice de cuarto de la reflexión estimada de techo, piso y paredes, el coeficiente de utilización, se puede obtener directamente o por interpolación en dichas tablas
- l) Calculo del número de luminarios requeridos**

El número de luminarios pueden calcularse aplicando la formula de los lúmenes.

$$N_{\circ} \text{ De luminarios} = E \times S / \text{lúmenes por luminario} \times C.U. \times F.M.$$

Ec. 3.2

- m)** Determinación del espaciamiento máximo. Para obtener una iluminación uniforme sobre el plano de trabajo, el espaciamiento máximo entre los luminarios puede ser obteniendo multiplicando la altura de montaje por el factor de espaciamiento que proporciona el fabricante del luminario utilizado es conveniente mencionar, que la distancia que generalmente se adopta entre luminarios y paredes o muros, es la mitad del espaciamiento máximo entre luminarios.
- n) Distribución de luminarios.** El plano definitivo de la distribución de un sistema de iluminación es determinado por el número de luminarios requeridos, la ubicación de las vigas, columnas obstáculos y el espaciamiento máximo. Algunas veces es necesario aumentar el número de luminarios para lograr una distribución más atractiva.

3.5 Alumbrado interior

En todo sistema de alumbrado interior se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Rendimiento visual** Por lo general el rendimiento crece con el aumento del nivel de iluminación hasta un cierto valor que puede dañar el ojo. Se debe tener en cuenta también el deslumbramiento, el color, etc.
- **Costos** Para que una instalación de alumbrado sea económicamente eficiente, se debe contemplar, una buena distribución y el empleo de las luminarias adecuadas
- **Niveles de iluminación** Los niveles de iluminación a utilizar deben estar de acuerdo con la tarea a realizar. La Comisión Internacional de Iluminación, recomienda los valores en función de las distintas actividades, los cuales se pueden consultar en diversos Manuales de Alumbrado. A modo orientativo, damos a continuación algunos valores generales:
 - Zonas exteriores de circulación 20 Lux
 - Circulación en industrias, depósitos 150 Lux

- Trabajos manuales simples 300 Lux
 - Trabajos de oficina 500 a 700 Lux
 - Trabajos finos manuales 1000 Lux
- **Sistemas de alumbrado** El sistema de alumbrado puede ser general, localizado o ambos conjuntamente. Alumbrado general: Este tipo de alumbrado se determina en función de un nivel de iluminación uniforme en toda la zona, de acuerdo a la figura 3.1

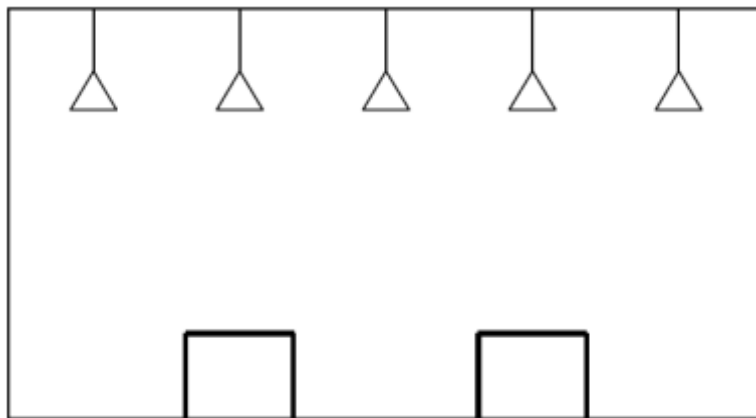


Figura 3.1 Esquema de alumbrado general.

- **Alumbrado localizado:** Presenta un nivel de alumbrado no uniforme, disponiéndose elevados niveles en las zonas de trabajo que lo requieran. Figura 3.2

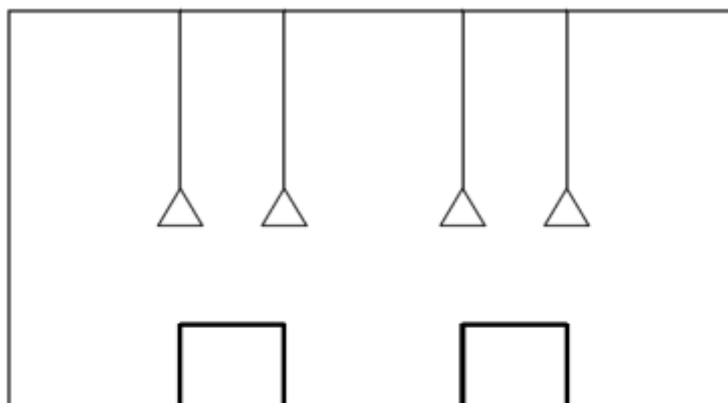


Figura 3.2 Esquema de alumbrado localizado.

- **Alumbrado general y localizado:** Este tipo de alumbrado se determina en función de un nivel de iluminación uniforme en toda la zona, y un mayor nivel en el lugar específico donde se realiza la tarea, de acuerdo a la figura 3.3 .

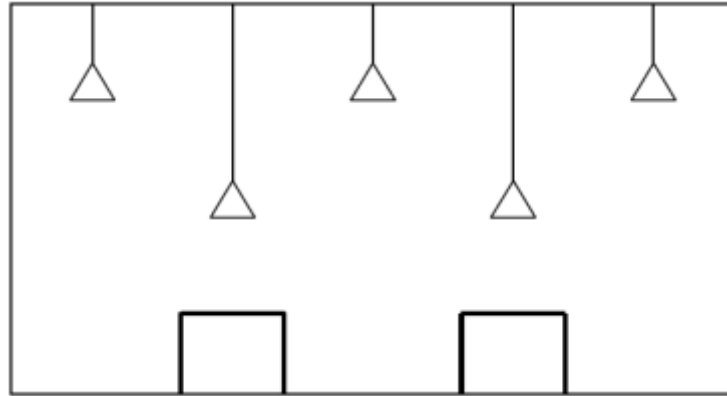


Figura 3.3 Esquema de alumbrado general y localizado

3.6 Calculo de alumbrado

3.6.1 Método de los Lúmenes

El nivel de iluminación de un local, viene dado en función de la iluminancia media en el plano de trabajo, que se toma de 0,75 a 0,85 m del nivel de piso. Su nivel se fija de acuerdo a la tarea a realizar y en función de las dimensiones del lugar.

Dicho valor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$E_{\text{med.}} = \frac{\Phi_t}{A} \cdot \eta \cdot f_m \quad \text{Ec. 3.3}$$

Dónde:

E_{med}: Nivel medio de iluminación [Lux]

Φ_t: Flujo luminoso total de todas las luminarias [Lumen]

A: Superficie total del plano de trabajo [m²]

η: Factor de utilización para el plano de trabajo

f_m: Factor de mantenimiento

3.6.2 Factor de utilización

Parte del flujo luminoso emitido por una lámpara es absorbido por la luminaria en la cual se encuentra instalada, del resto del flujo, parte incide directamente al plano de trabajo y partes a través de reflexiones en el techo y las paredes.

Por lo tanto este factor de reducción, tiene en cuenta la distribución de las luminarias, la reflectancia de los techos y paredes, la disposición de las luminarias, muebles y equipos que se encuentren en el lugar, etc.

Para cada tipo de artefacto, y en función de la reflectancia de las paredes y techos y del índice del local, se encuentran tabulados en los distintos manuales de alumbrado, los factores de utilización.

Se define como índice del local al siguiente valor:

$$K = \frac{l \cdot a}{h_m(l + a)} \quad \text{Ec. 3.4}$$

Siendo:

l: Longitud del local [m]

a: Ancho del local [m]

h_m: Altura de montaje de la luminaria con respecto al plano de trabajo [m]

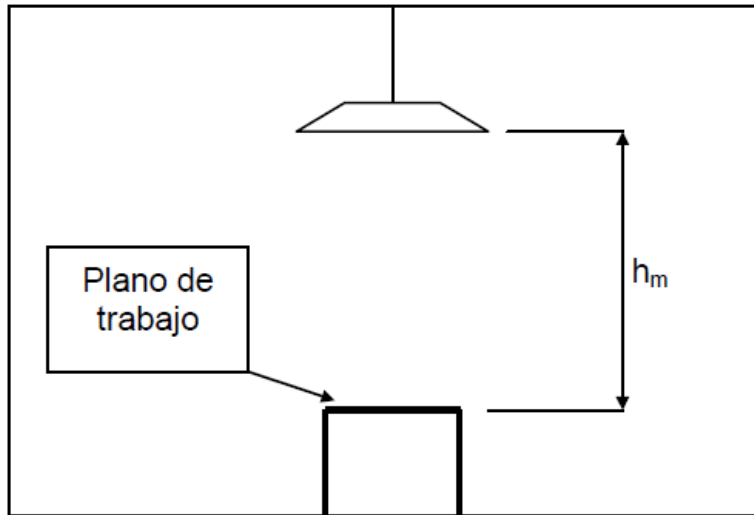


Figura 3.4 Factor de utilización

En las siguientes tablas se dan los valores para artefactos de uso en iluminación en oficinas y en locales industriales.

Tabla 3.3 iluminación en oficinas

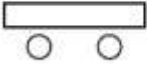
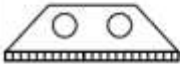

Forma de la Luminaria	Distancia entre centros de los artefactos	Techo	80%	70%	50%						
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Índice del local	Factor de utilización								
Artefacto abierto con tubos fluorescentes 	1,4 x Altura del artefacto sobre el suelo	< 0,70	0,27	0,21	0,17	0,27	0,21	0,17	0,22	0,20	0,17
		0,70 a 0,90	0,35	0,30	0,24	0,35	0,30	0,24	0,34	0,28	0,24
		0,90 a 1,12	0,43	0,36	0,30	0,41	0,35	0,31	0,40	0,34	0,30
		1,12 a 1,38	0,49	0,42	0,37	0,49	0,42	0,36	0,46	0,40	0,36
		1,38 a 1,75	0,55	0,47	0,42	0,53	0,47	0,41	0,50	0,44	0,40
		1,75 a 2,25	0,62	0,55	0,50	0,60	0,53	0,49	0,57	0,52	0,47
		2,25 a 2,75	0,67	0,61	0,56	0,66	0,60	0,55	0,62	0,57	0,52
		2,75 a 3,50	0,71	0,65	0,60	0,70	0,63	0,59	0,65	0,61	0,56
		3,50 a 4,50	0,76	0,71	0,66	0,74	0,69	0,65	0,69	0,65	0,62
		> 4,50	0,81	0,76	0,71	0,78	0,74	0,70	0,73	0,69	0,67

Tabla 3.4 locales industriales

Forma de la Luminaria	Distancia entre centros de los artefactos	Techo		80%			70%			50%	
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Índice del local	Factor de utilización								
Artefacto con rejilla difusora y tubos fluorescentes 	1,2 x Altura del artefacto sobre el suelo	< 0,70	0,31	0,27	0,24	0,30	0,26	0,23	0,29	0,26	0,23
		0,70 a 0,90	0,37	0,33	0,30	0,37	0,33	0,29	0,36	0,32	0,29
		0,90 a 1,12	0,42	0,37	0,34	0,41	0,37	0,34	0,40	0,36	0,33
		1,12 a 1,38	0,46	0,42	0,38	0,45	0,41	0,38	0,43	0,40	0,37
		1,38 a 1,75	0,50	0,43	0,42	0,48	0,44	0,41	0,46	0,43	0,40
		1,75 a 2,25	0,54	0,50	0,47	0,53	0,49	0,46	0,50	0,47	0,45
		2,25 a 2,75	0,56	0,52	0,50	0,55	0,52	0,49	0,53	0,50	0,48
		2,75 a 3,50	0,58	0,55	0,52	0,57	0,54	0,52	0,54	0,52	0,50
		3,50 a 4,50	0,61	0,59	0,56	0,59	0,57	0,55	0,57	0,55	0,53
> 4,50	0,62	0,60	0,58	0,61	0,59	0,57	0,58	0,56	0,55		
Forma de la Luminaria	Distancia entre centros de los artefactos	Techo		80%			70%			50%	
		Paredes	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
		Índice del local	Factor de utilización								
Artefacto con lámpara de descarga de hasta 400 W 	1,2 x Altura del artefacto sobre el suelo	< 0,70	0,35	0,32	0,29	0,35	0,31	0,29	0,31	0,29	0,27
		0,70 a 0,90	0,43	0,39	0,37	0,43	0,39	0,37	0,39	0,37	0,35
		0,90 a 1,12	0,49	0,45	0,42	0,49	0,45	0,42	0,45	0,42	0,39
		1,12 a 1,38	0,55	0,51	0,48	0,54	0,50	0,47	0,50	0,47	0,44
		1,38 a 1,75	0,59	0,55	0,52	0,58	0,54	0,52	0,54	0,51	0,38
		1,75 a 2,25	0,64	0,60	0,58	0,63	0,60	0,57	0,59	0,57	0,55
		2,25 a 2,75	0,67	0,64	0,61	0,66	0,63	0,61	0,62	0,60	0,58
		2,75 a 3,50	0,69	0,66	0,64	0,68	0,66	0,63	0,65	0,63	0,61
		3,50 a 4,50	0,73	0,70	0,68	0,71	0,69	0,67	0,68	0,67	0,65
> 4,50	0,74	0,72	0,70	0,73	0,71	0,69	0,70	0,68	0,66		

3.6.3 Factor de mantenimiento o conservación

En todo sistema de alumbrado hay una pérdida en la emisión luminosa de las lámparas por envejecimiento de las mismas, por acumulación de suciedad en la lámpara o en el artefacto.

Lo mismo ocurre con el ensuciamiento de los techos y paredes, o con la reposición en tiempo de las lámparas quemadas.

El factor de mantenimiento tiene en cuenta estos hechos y en cierta medida contempla un mantenimiento programado, ya que de no ser así al cabo de un tiempo el nivel luminoso proyectado se verá reducido a valores no compatibles con la tarea que se está desarrollando.

De acuerdo con esto podemos considerar los siguientes índices:

- Local limpio: 0,80
- Local medianamente limpio 0,70
- Local sucio 0,60

También el grado de ensuciamiento depende de la actividad que se desarrolla, ya que puede generarse polvo, vapores, etc.

3.6.4 Determinación del número de luminarias

Una vez obtenido el factor de utilización y adoptado un factor de mantenimiento Determinamos:

$$N = \frac{E_{med.} \cdot A}{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L} \quad \text{Ec. 3.5}$$

N: Número de luminarias a colocar

Φ_L : Flujo luminoso de la luminaria elegida.

- **Ubicación de las luminarias.** La ubicación de las luminarias debe ser acorde a la simetría del local, no debiendo estar distanciadas en valores no mayores que los recomendados en las tablas que nos dan los factores de utilización de acuerdo al tipo de luminaria.

Ejemplos de cálculo

Oficina

Ancho:	5,00 m
Longitud:	10,50 m
Altura de las luminarias:	2,50 m
Artefacto elegido:	Abierto con dos tubos fluorescentes de 36 W
Flujo luminoso de la luminaria:	5200 Lúmenes
Altura de montaje:	2,50- 0,75 = 1,75 m
Nivel de iluminación:	500 Lux

$$K = \frac{10,50 \cdot 5,00}{1,75 (10,50 + 5,00)} = 1,93$$

De las tablas obtenemos un factor de utilización de 0.53.

Adoptando un factor de mantenimiento de 0,70; el número de luminarias será:

$$N = \frac{500 \cdot 10,50 \cdot 5,0}{0,53 \cdot 0,70 \cdot 5200} = 13,6$$

Adoptamos 14 luminarias distribuidas en dos filas de 7 luminarias cada una.

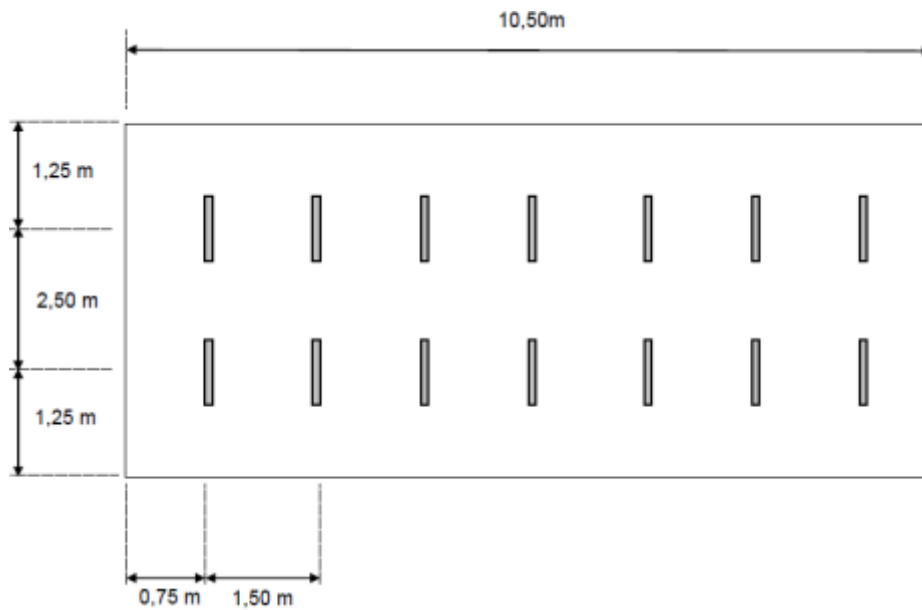


Figura 3.5 Luminarias resultantes

El nivel resultante con esta cantidad de luminarias será:

$$E = 14 / 13,6 \cdot 500 = 515 \text{ Lux}$$

La potencia requerida estará dada por:

$$P = 14 \text{ Luminarias} \times 80 \text{ W/luminaria} = 1120 \text{ W}$$

Taller

Ancho:	10,00 m
Largo:	22,00 m
Altura de las luminarias:	5,50 m
Luminaria elegida:	Vapor de mercurio halogenado de 250 W
Flujo luminoso Luminaria:	17000 Lúmenes
Altura de montaje luminaria:	$5,50 - 0,75 = 4,75 \text{ m}$
Nivel de iluminación:	400 Lux

$$K = \frac{22,00 \cdot 10,00}{4,75 (22,00 + 10,00)} = 1,45$$

Teniendo en cuenta un índice de reflexión techo - paredes de 50 - 30 obtenemos un factor de utilización de 0,57, y adoptamos un índice de mantenimiento de 0,60, el número de luminarias a colocar será:

$$N = \frac{400 \cdot 22,00 \cdot 10,00}{0,57 \cdot 0,60 \cdot 17000} = 15,2$$

Adoptamos 18 luminarias, y colocaremos tres filas de 6 luminarias cada una.

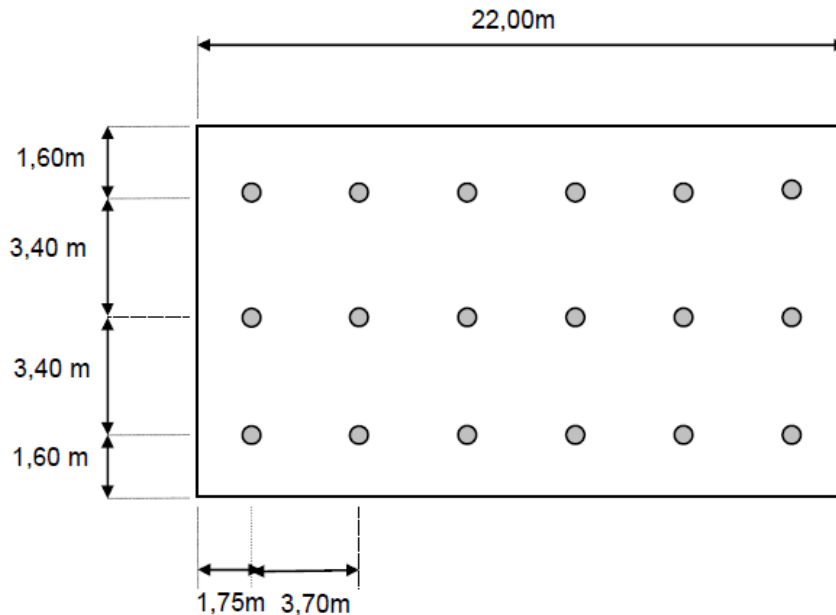


Figura 3.6 El nivel resultante

El nivel resultante con esta cantidad de luminarias será:

$$E = 18/15,2 \cdot 400 = 473 \text{ Lux}$$

La potencia requerida estará dada por:

$$P = 18 \text{ Luminarias} \times 270 \text{ W/luminaria} = 4860 \text{ W}$$

3.6.5 Alumbrado exterior

El alumbrado exterior se efectúa mediante artefactos montados generalmente sobre columnas, cuya altura de montaje depende del área a iluminar, de la disposición de estas y de la potencia de las luminarias.

3.6.6 Cálculo de la iluminación (Método del punto por punto)

El valor de la iluminancia en un punto de la superficie del piso (o calzada si es alumbrado público), es la suma de todas las iluminancias parciales que producen las luminarias instaladas. En la figura 3.8 se observa un sistema de alumbrado exterior.

La iluminación total en un punto está dada por:

$$E = \sum \frac{n I_{\alpha}}{h^2} \cos^3 \gamma$$

Dónde:

I_{α} : Es la intensidad luminosa en la dirección al punto "P" [Candela]

n : Número de luminarias

h : Altura de la luminaria con respecto al piso [m]

γ : Angulo que forma la dirección en estudio

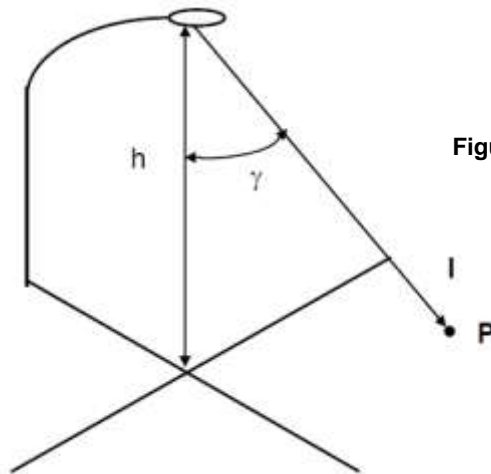


Figura 3.7 Esquema de una columna con artefacto para alumbrado exterior

3.4.7 Curvas Isolux

Si para una luminaria, se efectuara el cálculo de la iluminancia en los puntos del piso que la rodea y se unieran entre sí, los puntos de igual nivel de iluminación, se obtendrían unas curvas que se denominan “Isolux” (Igual nivel de iluminación).

Normalmente estas curvas, están incluidas en la información fotométrica para cada luminaria, y su forma se muestra en la figura 12.22, estando las distancias en múltiplos de la altura de montaje del artefacto.

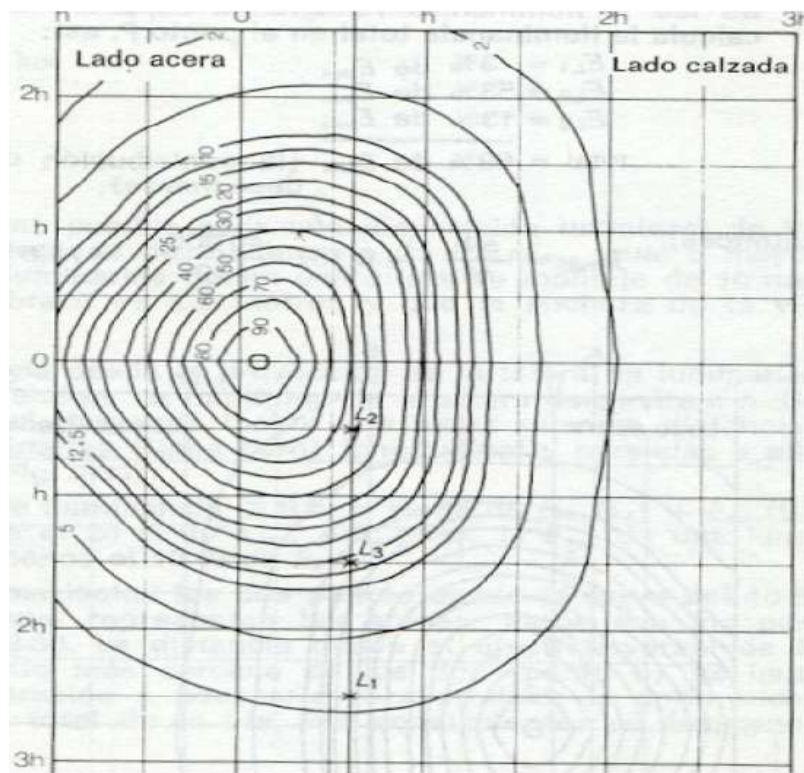


Figura 3.8 Diagrama isolux

Teniendo estas curvas y superponiéndolas para cada columna, podemos hallar en cada punto el nivel de iluminancia, teniendo en cuenta el factor de reducción, de acuerdo a la altura de la luminaria con respecto a la altura que tienen como dato las curvas mencionadas.

- **Iluminancia media, mínima y máxima.** Este valor se obtiene sumando la iluminancia de una cierta cantidad de puntos y dividiendo la suma de los mismos por la cantidad de puntos:

$$E_{\text{med}} = \frac{\sum E}{n}$$

Se debe ver cuáles son los valores de la iluminancia mínima y máxima (Se determinan de la superposición de las curvas analizadas) y su relación nos da el índice de uniformidad.

- **Cálculo por el método del flujo luminoso necesario** El factor de utilización se define como la parte del flujo luminoso que procedente de una misma luminaria alcanza el piso.

$$\eta = \frac{\Phi_u}{\Phi_L}$$

La información fotométrica que se provee con la luminaria, expresa el factor de utilización en función de las distancias transversales, como múltiplo de la altura de montaje, de acuerdo a la figura 3.9

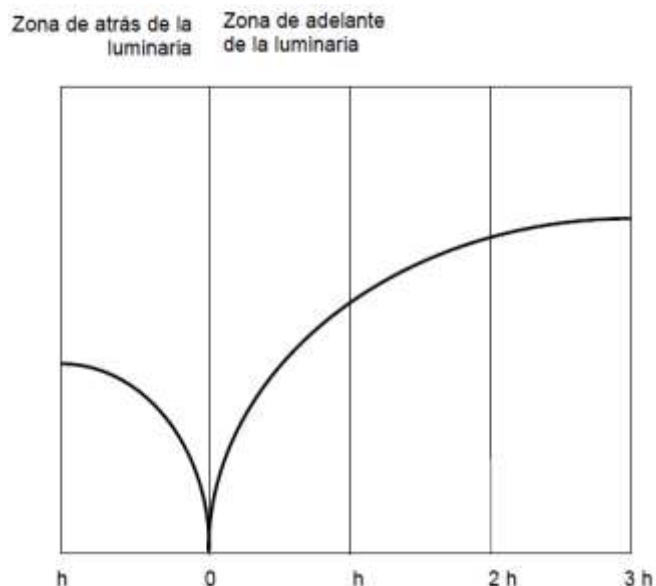


Figura 3.9 Curvas tipo para determinar el factor de utilización

Teniendo la curva de utilización, se puede calcular el valor medio de la iluminación.

$$E_{\text{med}} = \frac{\eta \cdot \Phi_L}{w \cdot S}$$

Dónde:

Φ_L : Flujo luminoso de la luminaria [Lúmenes]

η : Factor de utilización

w : Ancho de la zona a iluminar [m]

S : Separación entre luminarias [m]

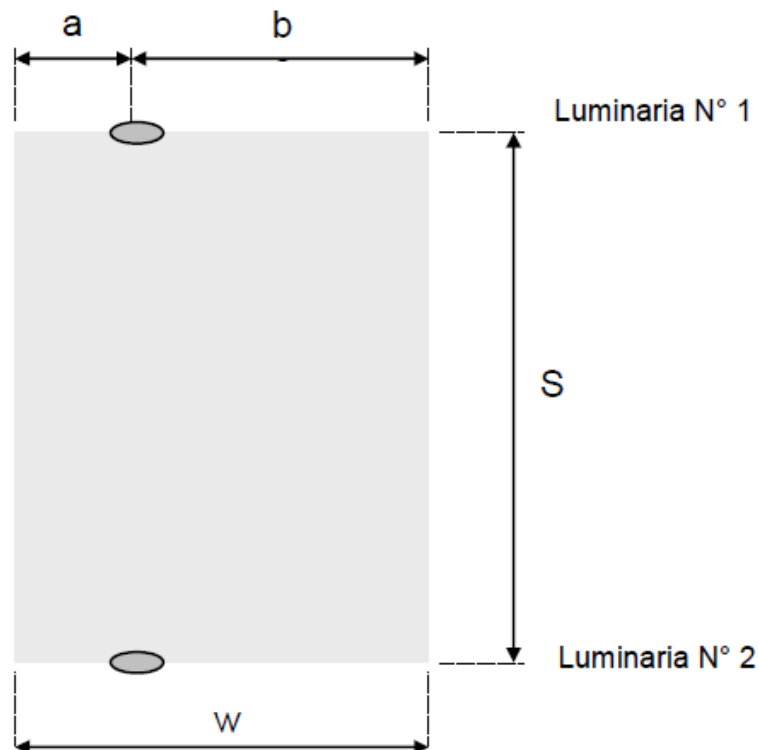


Figura 3.10 Valor medio de la iluminación

Se entra a la curva de utilización con la distancia de la luminaria al punto que se requiere calcular el nivel de iluminación (b), en función de la altura de montaje y se obtiene el factor de utilización del lado frontal y con la distancia a la luminaria de la parte posterior(a) el factor de utilización del

lado posterior, y luego se suman ambos y ese es el factor que se debe utilizar en la expresión.

3.7 Iluminación de emergencia

Es la instalación diseñada para entrar en funcionamiento cuando falla el alumbrado normal, dentro del cual podemos dividir en:

- **Iluminación de escape o evacuación.** El cual como su nombre lo indica es el alumbrado necesario para que un edificio pueda ser evacuado con rapidez y seguridad en caso de emergencia. El nivel sobre el suelo en la zona de escape debe ser de por lo menos 1 Lux.
- **Iluminación de seguridad** Es el nivel de iluminación para garantizar la seguridad de las personas que realizan tareas que pueden ser peligrosas, siendo su nivel no menor al 5 % del nivel de iluminación normal.
- **Iluminación de reserva** Es la iluminación necesaria para poder continuar actividades de vital importancia durante una emergencia (Sala de cirugía). Dentro de la iluminación de emergencia se encuentran aquellos artefactos que cuentan con batería propia, la cual se mantiene cargada mediante el circuito principal o bien un sistema con baterías centrales que alimentan las luminarias.

El primer caso es el más seguro ya que en caso de incendio, de quemarse los circuitos, no afectan las luminarias. En cambio en el sistema central se interrumpe el suministro de energía.

Deberá estar prevista la señalización luminosa que indique las salidas ante casos de emergencia, por lo que deberán ser alimentadas con batería propia o mediante un sistema central.

Capítulo 4

Evaluación de costos y ahorro de energía eléctrica

4.1 Iluminación

El edificio cuenta con cinco tipos de sistemas de iluminación instalados en toda su área, que son sistema T8 2x59 W y 2x32 W, sistema T5 2x28 W y 3x28 W, así como lámpara autobalastada tipo twister T3 de 27 W. A continuación se muestra el concentrado general de luminarias:

Tabla 4.1 Sistemas de iluminación

Clave de la Lámpara	Tipo de Lámparas	Potencia en Watts	Cantidad
FC26TTB1	TWISTER	26	3
FL28R2EL	T5	56	115
FL28R3EL	T5	84	8
FL32R2EL	T8	64	52
FL59R2EL	T8	118	88
TOTAL			268

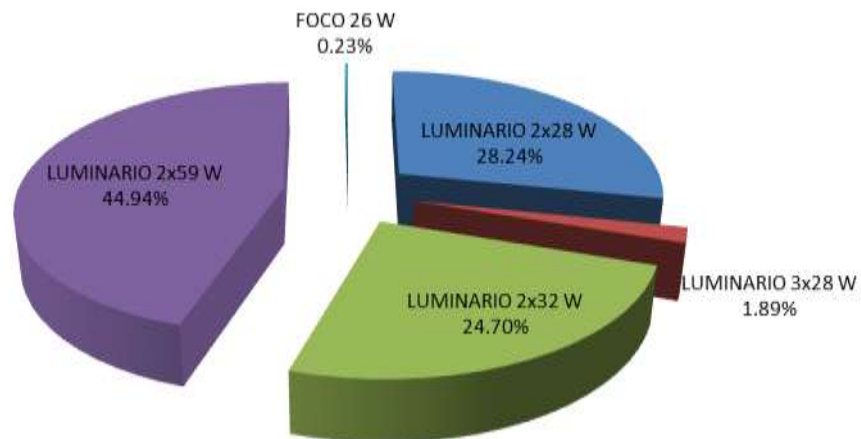


Figura 4.1 Distribución de luminarios

Para la estimación del consumo por tipo de luminaria del inmueble se obtuvo del número de cada luminaria y posteriormente se efectúan varios recorridos por las áreas estimando un patrón de uso y se elabora una hoja de cálculo que muestra el consumo por lámpara y el resumen correspondiente del piso en estudio, este procedimiento se lleva a cabo por nivel y está en constante actualización de acuerdo a las modificaciones, sustituciones en los arreglos de lámparas y costumbres de uso.

Tabla 4.2 Tipos de luminarias

PARTE	DESCRIPCIÓN	UND	CANT	PU	IMPORTE
1	GABINETE TIPO METALUX MARCA COOPER DE 1.24 MTS DE LARGO POR 20 CM. DE ANCHO CON SISTEMA DE ILUMINACIÓN T5 2*28 W 6500°K.	PZA	243	361.05	87,735.15
2	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO THW LS 90° CALIBRE 12 AWG MCA. CONDUMEX.	m	3500	5.5	19,250.00
3	APAGADOR SENCILLO, TIPO MODUS, MARCA BTICINO 1 MÓDULO.	PZA.	243	25	6,075.00
4	PIJA CABEZA HEXAGONAL 5/16"x2".	PZA.	400	1.50	600.00
5	TUERCA HEXAGONAL DE 3/8".	PZA.	400	0.70	280.00
6	ARANDELA PLANA DE 1/2".	PZA.	400	0.50	200.00
7	PIJA NIQUELADA DE # 10 *1 1/4".	PZA.	1000	0.25	250.00
8	CANALETA PLÁSTICA COLOR BLANCO, MARCA THORSHMAN DE 2 VÍAS MODELO TMK 1735 17*35 MM.	PZA.	250	80	20,000.00
9	TAPA CIEGA PARA CHALUPA, TIPO MODUS, MARCA BTICINO.	PZA.	50	25	1,250.00
10	TAPA 1 VENTANA PARA CHALUPA, TIPO MODUS, MARCA BTICINO.	PZA.	68	25	1,700.00
11	TAPA 2 VENTANAS PARA CHALUPA, TIPO MODUS MARCA BTICINO.	PZA.	30	25	750.00
12	TAPA 3 VENTANAS PARA CHALUPA,	PZA.	14	25	350.00

	TIPO MODUS, MARCA BTICINO.				
13	CAJA DE MONTAJE, MARCA PANDUIT.	PZA.	112	65	7,280.00
14	CINTA AISLANTE ELÉCTRICA DE VINIL, RETARDANTE A LA FLAMA, PARA 600 VOLTS DE CA DE 18 mm DE ANCHO Y 20 m DE LONGITUD, PRESENTACIÓN EN ROLLO, MODELO SCOTCH 33, MARCA 3M.	PZA.	30	55	1,650.00
Costo total para la adecuación total de gabinetes					147,370.15

4.2 Costos de inversión en iluminación eficiente

A continuación se muestra el análisis de costos que intervienen en la adecuación de luminaria existente de 2X59 W y 2x32 W por el arreglo de tipo ahorrador de 2x28 W; los conceptos incluyen los elementos necesarios para dicha adecuación, se disminuye el número de lámparas de 268 a 243 unidades debido a la nueva distribución de iluminación conforme a los índices de la norma aplicable¹.

En la cuantificación de luminarias se tomó en cuenta los equipos que hasta el momento se han instalado en el inmueble. De estos últimos se ha instalado 123 luminarias.

¹ Catálogo (Magg, Cooper, Condumex, Bticino Panduit y Thorsman)

Tabla 4.3 Situación al empezar el trabajo

Tipo de luminaria	Watts	Cantidad	Kw totales	Uso de hr al mes 1 Turno de 8 horas y 22 días hábiles	KWh TOTAL/MES	Costo promedio del KWh 2010	COSTO MENASUAL
ARREGLO 2X59 W	118	125	14.75	100	1,475	1.44	\$ 2,124
ARREGLO 2X32 W	64	52	3.32	100	332	1.44	\$ 478
FOCO 26W	26	3	.078	50	3.9	1.44	\$ 5.61
TOTALES	--	268	18.15	--	1,810	1.44	\$ 2,607
LAMPARAS INSTALADAS DURANTE 2011 QUE SUSTITUYERON A 2x59w							
ARREGLO 2X28 W	56	115	6.44	100	644	1.51	\$ 972
ARREGLO 3X28 W	84	8	.672	100	67.2	1.51	\$ 101
TOTALES	--	123	7.11	--	711	1.51	\$ 1073

Tabla 4.4 Propuesta

Tipo de luminaria	Watts	Cantidad	Kw totales	Uso de hr al mes 1 Turno de 8 horas y 22 días hábiles	KWh TOTALES	Costo promedio del KWh 2010	COSTO MENASUAL
ARREGLO 2X28 W	56	120	6.72	100	672	1.51	\$ 1014
TOTALES	56	120	6.72	100	672	1.51	\$ 1014

Agregar al costo mensual impuestos y cargos.

En total se instalarán 243 luminarias de 2x28 w

Tabla 4.5 Resumen de las oportunidades de ahorro

PROPUESTA DE MEDIDAS PARA AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA

NOMBRE DE LA PROPUESTA: CAMBIO DE LUMINARIAS	FECHA: 13/06/2011
DIRECCIÓN: INFORMÁTICA	SUBDIRECCIÓN: ADMINISTRACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN
DEPARTAMENTO: INGENIERIA ELECROMECÁNICA	UBICACIÓN: AV. LERDO No 832, COL. REFORMA Y FFCC NACIONALES

No	EQUIPO	MATERIALES A UTILIZAR				TOTAL	RESULTADOS		
		CONCEPTOS	CANT.	UNIDAD	PU		INVERSIÓN	AHORRO	T.DE R.
					\$				
1	LUMINARIO 2X59W	LÚMINARIO 2X28	120	PZA	361.05	43,320	43,320	1,694	2.1
2	LUMINARIO 2X32W	LÚMINARIO 2X28							
3	FOCO 26 W	LÚMINARIO 2X28							

No	EQUIPO	MATERIALES A UTILIZAR				TOTAL	RESULTADOS			
		CONCEPTOS	CANT.	UNIDAD	UNITARIO		TOTAL	TOTAL	AHORRO	
					W				KW	KWH
1	PC Desktop	Laptops	245	PZA	76.86	18.8	3,314	24.23	2,040	
2	Multifuncional	Multifuncional	6	PZA	.93	5.5	246			

Es importante comentar que hasta el momento hay un avance del 40% en el cambio de luminarias, por otras de mayor eficiencia.

Tabla 4.6 Análisis de consumo de energía eléctrica 2012

INMUEBLE	Av. Sebastián Lerdo de Tejada N° 832, colonia Reforma y Ferrocarriles Nacionales, Toluca Estado de México, C.P. 50090													
OBJETIVO	Reducir el consumo de energía eléctrica en el 2012, para contribuir a la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO2) a la atmósfera													
MES	Consumo en Kwh				Demanda Maxima			Descargas de CO2 a la atmósfera (KG)			Ahorros económicos en pago de Energía Eléctrica			No. de Pc's sustituidos por Laptop's
	2011	2012	Reducción Kwh	Reduccion %	2011	2012	Reducción Kw	2011	2012	Reducción CO2	2011	2012	Reducción \$	
enero	15,840	14,640	1,200	-8	60	46	14	11040.5	10204.1	836.4	\$43,450.09	\$44,752.57	-\$1,302.48	18
febrero	16,680	12,370	4,310	-26	57	48	9	11626.0	8621.9	3004.1	\$44,382.02	\$40,574.40	\$3,807.62	24
marzo	16,860	11,040	5,820	-35	53	36	17	11751.4	7694.9	4056.5	\$45,748.41	\$33,165.45	\$12,582.96	32
abril	12,600	12,480	120	-1	49	36	13	8782.2	8698.6	83.6	\$37,543.53	\$35,699.68	\$1,843.85	6
mayo	15,660	12,360	3,300	-21	49	37	12	10915.0	8614.9	2300.1	\$41,769.55	\$36,051.98	\$5,717.57	5
junio	12,300	12,000	300	-2	49	33	16	8573.1	8364.0	209.1	\$38,823.80	\$34,124.23	\$4,699.57	
julio	11,700	12,360	-660	6	49	38	11	8154.9	8614.9	-460.0	\$35,244.06	\$37,173.69	-\$1,929.63	
agosto	14,700	11,956	2,744	-19	49	34	15	10245.9	8333.3	1912.6	\$44,722.87	\$26,908.00	\$17,814.87	
septiembre	13,200	11,500	1,700	-13	43	36	7	9200.4	8015.5	1184.90	\$38,298.10	\$36,696.00	\$1,602.10	
octubre	11,760	11,700	60	-1	42	41	1	8196.7	8154.9	41.82	\$34,691.47	\$38,627.11	-\$3,935.64	
noviembre	13,440	11,340	2,100	-16	51	43	8	9367.7	7904.0	1463.70	\$43,123.41	\$35,776.45	\$7,346.96	
diciembre	12,840	11,357	1,483	-12	48	45	3	8949.5	7915.8	1033.65	\$41,075.69	\$36,756.74	\$4,318.95	
Promedio	13,965	12,092	1,873	-12	50	38	11	9733.6	8428.1	1305.5	\$40,739.42	\$36,358.86	\$4,380.56	
Total/ Acumulado	167,580	145,103	22,477	-13				116803.3	101136.8	15666.47	\$488,873.00	\$436,306.30	\$52,566.70	85

Fuente: Facturación mensual de CFE

Tabla 4.7 Consumo KWh 2011-2012

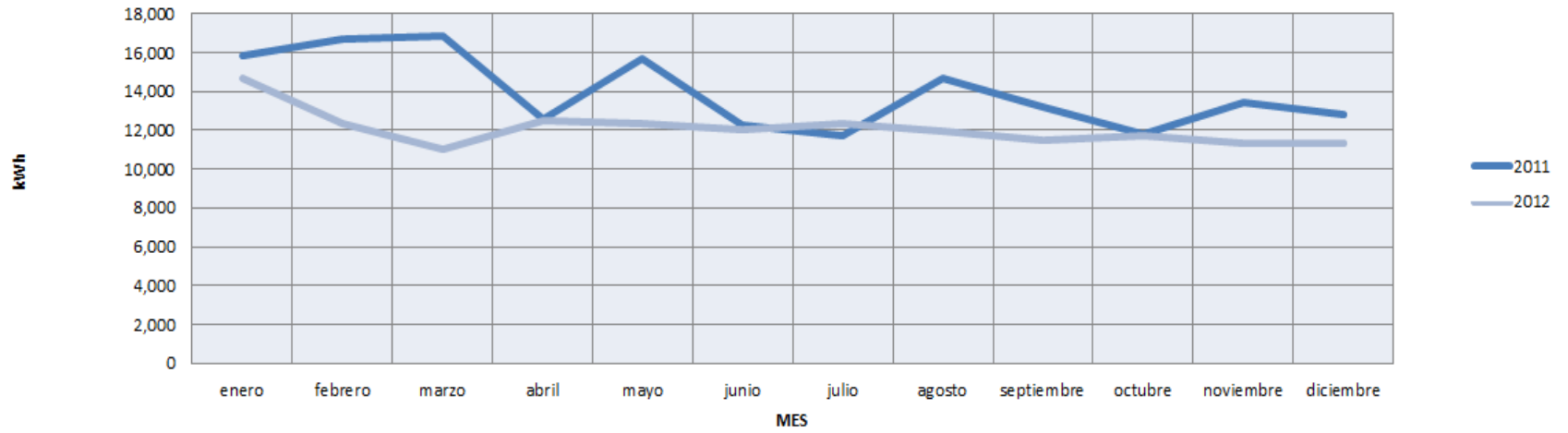


Tabla 4.8 Demanda Máxima (Kw) 2011- 2012

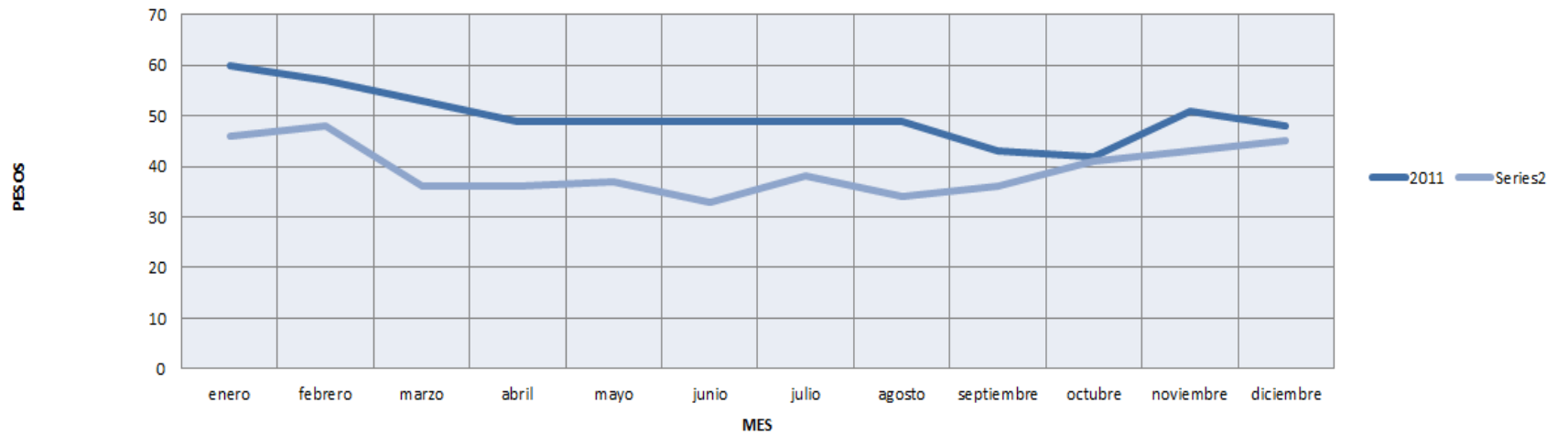


Tabla 4.9 Emisiones de CO₂ 2011-2012

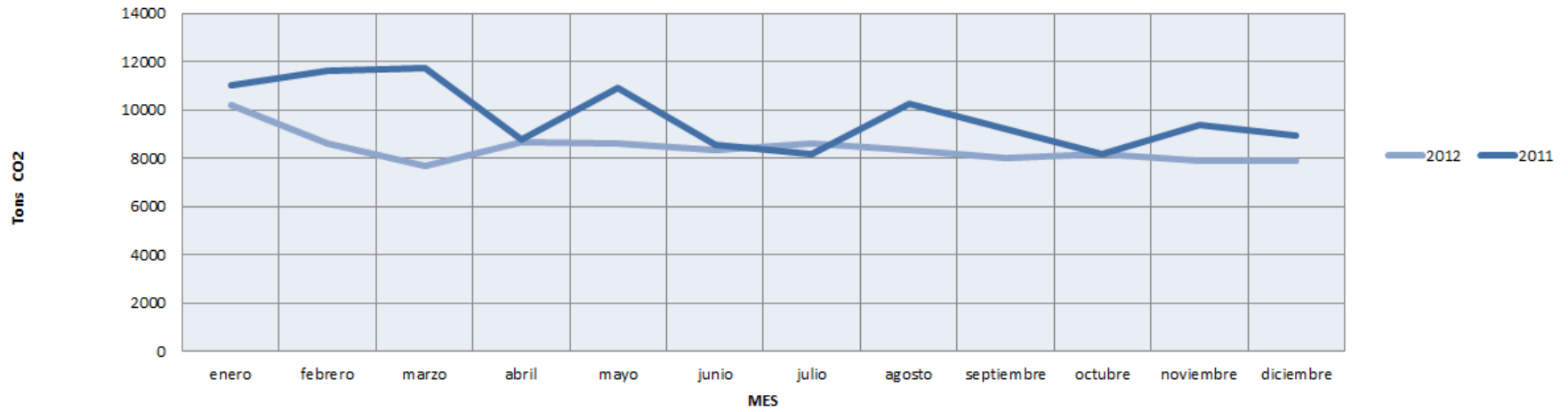


Tabla 4.10 Costo de energía eléctrica 2011-2012

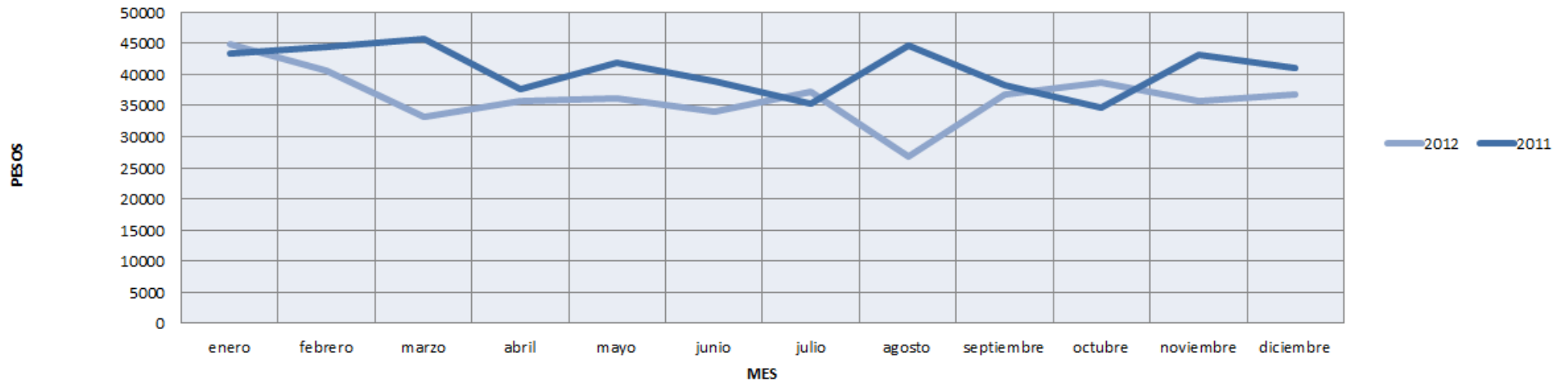


Tabla 4.11 Carga de iluminación Sótano

Sotano									
CARGA DE ILUMINACION									
Marca	No. lum	No. Lamp	Potencia X lampara W Dato Placa	Potencia W Dato de placa balastro	Carga W Dato de placa balastro	Potencia X luminario W medido	Horas de uso mes	consumo en watts medidos	Consumo Total KWh / mes
Lujo	39	2	75	175	6825	170	250	1657500	1657.5
Lujo	3	2	59	125	375	120	250	90000	90
Lujo	12	2	32	70	840	68	250	204000	204
Foco Incandescente	2	2	N/A	100	200	102	250	51000	51
Total	45				7447 7.447			0	2002.5

Tabla 4.12 Primer piso

Primer Piso									
CARGA DE ILUMINACION									
Marca	No. lum	No. Lamp	Potencia X lampara W Dato Placa	Potencia W Dato de placa balastro	Carga W Dato de placa balastro	Potencia X luminario W medido	Horas de uso mes	consumo en watts medidos	Consumo Total KWh / mes
Lujo	28	2	75	175	4900	170	250	1190000	1190
Lujo	32	2	59	125	4000	120	250	960000	960
Lujo	13	2	32	70	910	68	250	221000	221
Foco Incandescente	5	2	N/A	100	500	102	250	127500	127.5
Total	45				7447 7.447			0	2498.5

Tabla 4.13 Segundo piso

CARGA DE ILUMINACION									
Marca	No. lum	No. Lamp	Potencia X lampara W Dato Placa	Potencia W Dato de placa balastro	Carga W Dato de placa balastro	Potencia X luminario W medido	Horas de uso mes	consumo en watts medidos	Consumo Total KWh / mes
Lujo	35	2	75	175	6125	170	250	1487500	1487.5
Lujo	15	2	59	125	1875	120	250	450000	450
Lujo	12	2	32	70	840	68	250	204000	204
Foco Incandescente	6	2	N/A	100	600	102	250	153000	153
Total	45				7447 7.447			0	2294.5
								Total	8922.5

Tabla comparativa en consumos 2011-2012

	2011		2012	
	KWH/mes	Factura periodo	KWH/mes	Factura periodo
Enero	15420	\$43,450.09	Enero	14640 \$44,752.57
Febrero	16020	\$44,382.02	Febrero	12360 \$40,574.40
Marzo	16860	\$45,748.41	Marzo	11040 \$33,165.45
			Abril	12480 \$35,699.68
Abril	13140	\$37,543.53		
Mayo	14520	\$41,769.55	Mayo	12360 \$36,051.98
Junio	13380	\$38,823.80	Junio	12000 \$34,124.23
Julio	11640	\$35,244.06	Julio	12420 \$37,173.69
Agosto	14820	\$44,722.87	Agosto	1201 \$12,580.80
Septiembre	13080	\$38,298.10	Septiembre	11500 \$33,696.99
			Octubre	11708 \$38,627.11
Octubre	11400	\$34,691.47	Noviembre	11340 \$35,776.45
Noviembre	13920	\$43,123.41	Diciembre	11357 \$36,756.74
Diciembre	12840	\$41,075.69		134406 \$418,980.09
	167040	\$488,873.00	Diferencia	32634 \$69,892.91

Tabla 4.11 A continuación se describen algunas recomendaciones para optimizar el uso eficiente y racional de la energía de acuerdo a las siguientes medidas.

Tipo de Medida	Acciones propuestas para el seguimiento del programa anual de trabajo dentro del Subcomité Regional de Ahorro de Energía.
Nula Inversión	<p>Ajuste de operación en los termostatos de las unidades de Aire Acondicionado de acuerdo a la temporada del año, costumbres de uso y necesidades del equipo.</p> <p>Aprovechar la iluminación natural para disminuir en el consumo en iluminación.</p> <p>Rutina de apagado de luces al final del turno por parte del personal de vigilancia.</p> <p>Migración de equipos faltantes de las impresoras a multifuncionales ya existentes.</p> <p>Quitar función de enfriado a despachadores de agua ya existentes.</p>
Baja Inversión	<p>Renovación de los apagadores individuales en cada luminaria por unos de marca , debido a que el apagador económico tiene riesgo en funcionamiento y aumenta el consumo de energía.</p> <p>Colocación de temporizadores a los enfriadores calentadores de agua.</p> <p>Campañas de difusión a través de carteles.</p>
Inversión Programada	<p>Sustitución de equipo en iluminación T8 electrónico 2x59 W y 2x32 W, por el tipo ahorrador T5 electrónico 2x28 W; de la inversión para este concepto ya se llevó a cabo, únicamente falta por suministrar las lámparas y su instalación, está programada para el resto del presente año.</p> <p>Sustitución de equipos de escritorio por LAPTOPS; estos equipos ya se tienen, el cambio se realizara en el transcurso de este año.</p>

Conclusiones

Calcular el alumbrado de un edificio de oficinas es cuanto laborioso, por que intervienen varios factores que no tienen que ver con el método de cálculos usados. Estos factores pueden ser, el tiempo de operación de las lámparas y la temperatura, otros como el polvo y las técnicas de mantenimiento usadas.

Un método de cálculo puede ser mejor que otro. Pero a condición de que cumplan ciertos requisitos.

Los métodos cuales quiera que sean tienen la finalidad de ahorrar energía y a su vez dar una mejor distribución del flujo luminoso al momento de hacer una labor en la industria.

La energía es la fuerza que mueve al moderno mundo industrial sin ella nuestra fabricas se detendrían y economías enteras entrarían en crisis. Por eso es vital saber administrarla.

Solo aquellos que hacen el mejor uso de la energía pueden prosperar en un mundo cada vez más competitivo y ahorrar energía es una de las claves para abatir costos y poder competir a la par de industrias de todo el mundo en una economía que tiende a la globalidad inevitablemente.

Uno de los desperdicios de energía eléctrica más comunes de oficinas administrativas de las empresas, se encuentran en los sistemas de iluminación.

La selección de un sistema de iluminación es extraordinariamente compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. En forma simplificada se puede afirmar que ellos se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estáticas y encandilamiento reducido o controlado

como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), Sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida.

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso. En efecto algunas de las alternativas disponibles son aplicables en forma preferencial en el alumbrado público y exteriores (lámparas de sodio de alta presión), en el sector comercio (halógenas, fluorescentes compactas y tubos fluorescentes) y en las residencias, según las áreas: incandescentes en zonas de baja ocupación y con exigencias estáticas, tubos fluorescentes en cocinas y bajos, y fluorescentes compactas en áreas exteriores con uso diario prolongado.

- Existen formas de administrar la energía eficientemente, pero requieren una evaluación metódica y bien realizada, que permita que las inversiones en alternativas tecnológicas soporten la inversión y se justifique en el tiempo, mirando su relación costo beneficio.
- De acuerdo a las observaciones de carácter cualitativo que se hicieron al interior de las instalaciones del edificio se pudo observar que el uso racional y eficiente de la energía es una cuestión que no ha sido tomada en cuenta. Las personas no tienen la más mínima conciencia de ahorro y la energía eléctrica se derrocha en sobremanera.

Bibliografía

1. **FOTOMETRIA.**
Facultad de Ingeniería UNAM.
Ing. José Luís Bonilla.
2. **LUMINOTECNIA.**
Biblioteca Nacional De Ciencia y Tecnología.
Dr. José Ramírez Vázquez.
3. **LA LUZ.**
Fondo de Cultura Económica.
Ana Maria Cetto.
4. **MANUAL OSRAM.**
Ed. OSRAM, S.A
J.A Taboada.
5. **CATALOGO COMPENDIADO PRODUCTOS DE DISTRIBUCIÓN Y DE CONTROL.**
Septiembre 2013.
Schneider Electric S.A Square D.

Referencias Electrónicas

1. <http://www.salud180.com/maternidad-e-infancia/que-es-la-fovea>
2. <http://recuerdosdepondora.com/ciencia/fisica/el-efecto-purkinje-como-ve-nuestro-ojo-en-la-oscuridad/>
3. www.squared.com
4. www.osram.com
5. www.codumex.com.mx
6. www.luz.philips.com
7. www.nacobre.com.mx
8. www.bticino.com
9. www.dimmers.com