

29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES CAMPUS ARAGON

DISEÑO DE ALUMBRADO Y PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGIA PARA EL EDIFICIO A-12 DEL CAMPUS ARAGON UNAM.

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

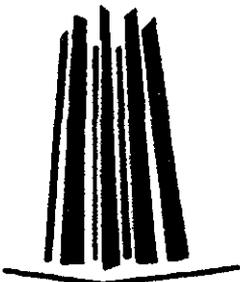
DAVID JAUREGUI VILLASEÑOR

ASESOR: ING. RAUL BARRON VERA

274861

SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO

2000





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTOS:

"Y Dios dijo: Hágase la luz".  
Génesis 1:3

"Escucha hijo mío y acoge mis palabras, así contarás muchos años de vida. Yo te enseñe el camino de la Sabiduría, te he conducido por la senda de la rectitud. Al caminar no sentirás estrecho el camino, al correr no darás ningún tropiezo".  
Proverbios 4:10

"Los hermanos son como la sangre, cuando se está herido acuden sin que se les llame".

"Te amo no sólo por lo que eres, sino por lo que soy cuando estoy contigo".

"Un amigo es alguien que conoce todo de ti y sin embargo... te aprecia".

## CAPITULADO

	<b>Introducción</b>	03
<b>CAP I.-</b>	<b>Generalidades</b>	
	1.1 Introducción a las instalaciones eléctricas.	05
	1.2 Elementos que constituyen una instalación eléctrica.	07
	1.3 Conceptos generales.	13
<b>CAP II.-</b>	<b>Sistema de iluminación</b>	
	2.1 Instalaciones de iluminación.	19
	2.2 Sistemas de iluminación.	19
	2.3 Proyectos de alumbrado.	21
	2.4 Fuentes luminosas.	24
<b>CAP III.-</b>	<b>Métodos de iluminación</b>	
	3.1 Alumbrado de Interiores.	69
	3.2 Alumbrado de Exteriores.	73
	3.3 Cálculos de Iluminación.	74
<b>CAP IV.-</b>	<b>Sistema de fuerza y contactos</b>	
	4.1 Circuitos Derivados.	80
	4.2 Conductores Eléctricos.	81
	4.3 Protecciones Eléctricas.	83
	4.4 Requisitos para Instalaciones Eléctricas.	88
<b>CAP V.-</b>	<b>Proyecto eléctrico actualizado</b>	
	5.1 Análisis de carga actual y Determinación de Tableros.	92
	5.2 Cuadros de cargas y planos.	94
<b>CAP VI.-</b>	<b>Proyecto propuesto para ahorrar energía</b>	
	6.1 Conceptos Generales de Ahorro de Energía en Instalaciones Eléctricas.	103
	6.2 Consideraciones para el Ahorro de Energía en Iluminación	103
	6.3 Cuadro comparativo de carga.	110
	6.4 Propuesta para el proyecto de Ahorro de Energía.	111
	<b>CONCLUSIONES</b>	116
	<b>ANEXOS</b>	117
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	128

## INTRODUCCIÓN:

El enorme consumo de energía eléctrica en edificios representa una importante área de interés para el ahorro, tanto a recursos y dinero se refiere.

El diseño de instalaciones sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia de normalización sobre eficiencia energética, la falta de apego a las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado, son algunas de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en inmuebles.

Cuando se procede al diseño y la construcción de una instalación eléctrica en algún inmueble, se hace considerando necesidades y reglamentaciones de ese momento, con el tiempo la estructura de la instalación eléctrica sufre modificaciones, algunos circuitos se clausuran, se derivan otros, se implementan nuevos equipos, etc.

De acuerdo con numerosas experiencias se puede decir que en los edificios en México es factible lograr ahorros de energía que fluctúan entre un 20 y 50%, dependiendo tanto de las condiciones particulares existentes como de la capacidad de inversión para llevar a cabo las medidas, sin dejar de lado el tiempo de recuperación deseado de dicha inversión.

El consumo de energía eléctrica en un edificio (comercial, oficinas ó aulas) depende de numerosos factores como son: la localización geográfica, la estructura, configuración y materiales de construcción, orientación, características particulares del medio ambiente en el cual opera, el equipo instalado, los hábitos de uso y el mantenimiento.

La carga instalada por uso final en edificios, también es cambiante. Básicamente se distinguen cuatro tipos de carga: iluminación, aire acondicionado, motores, y cargas múltiples de contactos principalmente.

Los inmuebles pequeños en climas templados y estables, no requieren durante todo el año de equipos de aire acondicionado o disciernen de ellos, ni disponen de elevadores. Así la carga por iluminación es totalmente predominante. La carga de contactos (que está formada por cafeteras, máquinas de escribir, computadoras, impresoras, lámparas de escritorio y copiadoras, entre otros) ocupa el segundo lugar. Finalmente la carga de motores para bombas ocupa el tercer lugar.

Una tercera parte del consumo total nacional se dedica a la iluminación. Por otra parte, aunque proporcionalmente este rubro es menos importante en el sector industrial, su orden de magnitud es semejante al alumbrado público, por lo que este sector también podría realizar grandes aportaciones al mejor uso de la energía eléctrica en la iluminación; esto sin mencionar las diferentes técnicas de ahorro de energía en motores y diversos sistemas industriales.

Dados los avances tecnológicos, es posible utilizar ya lámparas más eficientes, con lo que el crecimiento de la demanda de electricidad podría disminuir considerablemente. Si por ejemplo, se disminuyera en un 30% el consumo de electricidad para alumbrado mediante el empleo de lámparas más eficientes, se liberarían instalaciones por 3,327 GWh con una inversión equivalente a 550 millones de pesos. Este mejor uso se reflejaría por una parte en el consumo industrial, y por otro lado en el incremento tarifario.

En la actualidad diversas empresas que tienen establecido algún programa de conservación de la energía ha logrado, en forma global, reducir entre 30 y 40 % el consumo para la iluminación.

En este trabajo, se maneja el ahorro de energía con un enfoque especial a la iluminación; a continuación se da una breve descripción de cada capítulo:

El Capítulo 1 trata de Generalidades eléctricas, desde la introducción y elementos de una instalación eléctrica, hasta los conceptos generales de la electricidad.

En el Capítulo 2 que trata de Sistemas de Iluminación, se desglosa en Instalaciones, Sistemas y Proyectos de Iluminación, así como las fuentes luminosas utilizadas en los mismos.

En el Capítulo 3 se tratan los diferentes Métodos de Iluminación dando un especial enfoque al Método de Alumbrado de Interiores y los cálculos y datos necesarios para la propuesta de ahorro de energía.

El cuarto capítulo explica los Sistemas de Fuerza y su importancia en una instalación eléctrica.

El quinto capítulo se enfoca en el proyecto Eléctrico Actualizado; análisis de carga principalmente.

Y el sexto capítulo es el del Proyecto Propuesto para ahorrar energía, haciendo mención de distintas opciones y métodos de ahorro de energía, e incluyendo obviamente la propuesta para el ahorro de energía para el A - 12.

# CAPITULO I

## *Generalidades*

### **1.1- INTRODUCCIÓN A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

#### **1.1.1 Descripción de Instalación Eléctrica:**

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones y soportes.

#### **1.1.2 Objetivos de una Instalación Eléctrica:**

Una instalación eléctrica debe distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de un manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y de fácil acceso.

#### **Seguridad:**

Una instalación segura es aquella que no representa riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca.

En relación con la seguridad de los equipos, debe de hacerse un análisis técnico-económico para determinar la inversión en protecciones para cada equipo. Por ejemplo, para un equipo que represente una parte importante de la instalación y que sea muy costoso no deberá limitarse la inversión en protecciones.

#### **Eficiencia:**

El diseño de una instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para conectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando.

#### **Economía:**

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible.

#### **Flexibilidad:**

Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios.

#### **Accesibilidad:**

Una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento.

También se entiende por accesibilidad el que cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación, es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

### **1.1.3 Especificaciones**

Se conoce como especificaciones al conjunto de dimensiones y características técnicas que definen completamente a una instalación y a todos los elementos que la componen. Las especificaciones deben cumplir con las normas respectivas y no deben de dar lugar a confusiones o a interpretaciones múltiples.

## **1.2- ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

### ***Acometida:***

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

En las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger las instalaciones y el equipo contra ondas de alto voltaje, ya sea de origen atmosférico o por maniobras de conexión o desconexión en la red de suministro.

### ***Equipo de medición:***

Por equipo de medición se entiende aquel, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compraventa. Este equipo está sellado y debe de estar protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión (fig. 1).

El equipo de medición puede conectarse a través de un juego de cuchillas que permitan que la compañía suministradora verifique su funcionamiento y, en caso necesario, haga la calibración correspondiente sin interrumpir el servicio de usuario.

### ***Interruptores:***

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión o conexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

### ***Interruptor general:***

Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida y el resto de la instalación, y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora (fig. 1).

Este interruptor debe de ser de fácil acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita desenergizar la instalación rápidamente; debe proteger a toda la instalación y a su equipo, por lo que debe ser capaz de interrumpir las corrientes de cortocircuito que pudieran ocurrir en la instalación del consumidor.

Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general puede ser de alguno de los siguientes dispositivos: caja con cuchillas y fusibles, interruptor termomagnético, cortocircuitos o interruptor de potencia (en aire, al vacío, en algún gas o en aceite).

También se acostumbra llamarles interruptores generales a los que controlan toda la alimentación de un tablero, de un centro de control de motores o de una zona de instalación.

***Interruptor derivado:***

Los interruptores eléctricos llamados *derivados* son aquéllos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

***Interruptor termomagnético:***

Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el *termomagnético*. Se fabrica en gran variedad de tamaños, por lo que su aplicación puede ser como interruptor general o derivado. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión, lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecarga se vale de un elemento bimetalico. Resulta conveniente mencionar que este elemento bimetalico no puede proteger los motores asincronos de tipo jaula de ardilla, debido a que su constante tiempo no es suficientemente grande para permitir la corriente de arranque, y a que su calibración es poco precisa. Por esta razón la conexión y protección de estos motores se lleva a cabo mediante arrancadores.

***Arrancadores:***

Se conoce como *arrancador* al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético o de navajas con fusibles, un contactor electromagnético y un relevador bimetalico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de fierro que cierra o abre un juego de contactos o desenergiza la bobina.

***Transformador:***

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo de la acometida y por lo tanto no requiera de transformador (fig. 1).

***Tableros:***

Se entiende por *tablero* un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

**Tablero General:**

El tablero general es aquél que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados

**Centros de control de motores:**

En instalaciones industriales, y en general en aquéllas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores. Dependiendo del número de arrancadores o circuitos derivados y de la distancia entre ellos y el tablero general, puede ser necesario incluir un interruptor general. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero.

**Tableros de distribución o derivados:**

Cada área en una instalación esta normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados.. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Contienen una barra de cobre para el neutro y 1, 2 ó 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente o a través del interruptor general).

Normalmente, a las barras de las fases se conectan interruptores termomagnéticos de 1, 2 ó 3 polos, dependiendo del número de fases que se requieran para alimentar a los circuitos derivados. Estos últimos a su vez alimentan: unidades de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales (que a su vez pueden estar provistos con dispositivos de arranque y protección).

**Motores y equipos accionados por motores:**

Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Cada motor debe tener su arrancador propio.

Los motores tipo jaula de ardilla o de inducción (que son los que se encuentran más comúnmente en las instalaciones) son motores eléctricos asíncronos, es decir, su velocidad varía con la aplicación de carga y es siempre menor a la de sincronismo. La característica que les da este nombre es el tipo de devanado del rotor formado por barras conductoras interconectadas con anillos (en cortocircuito) cuyo diseño es muy parecido a una jaula de ardilla. Estos motores son económicos pero tienen la desventaja de requerir una corriente muy alta en el momento de arranque (6 o 7 veces la de plena carga o nominal).

**Estaciones o puntos de control:**

En esta categoría se clasifican las estaciones de botones para control, elementos del proceso como: limitadores de carrera o par, indicadores de nivel y temperatura..

### **Salidas para alumbrado y contactos:**

Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de la instalación y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor. Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación fija.

### **Plantas de emergencia:**

Existen gran cantidad de instalaciones eléctricas que cuentan con una planta de emergencia para protegerse contra posibles fallas en el suministro de energía eléctrica. Normalmente en todos aquellos lugares de uso público (especialmente en hospitales), se requiere de una fuente de energía eléctrica que funcione mientras la red suministradora tenga caídas de voltaje importantes, fallas en alguna fase o interrupciones del servicio.

Las plantas de emergencia cuentan con un motor de combustión interna acoplado a un generador de corriente alterna. La conexión y desconexión del sistema de emergencia se hace por medio de interruptores de doble tipo (manuales o automáticos) que transfieren la carga de suministro normal a la planta de emergencia. Las plantas automáticas tienen sensores de voltaje que detectan la ausencia de voltaje (o caídas más abajo de cierto límite) y envían una señal de arranque al motor de combustión interna, cuyo sistema de enfriamiento tiene intercalada una resistencia eléctrica que lo mantiene caliente mientras no esta funcionando.

## **1.2.1 TIERRA O NEUTRO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

### **• Puesta a tierra para protección**

Significa drenar hacia la tierra las corrientes de defecto peligrosas para la integridad física de las personas.

### **• Puesta a tierra para la ejecución de los trabajos**

Es una puesta a tierra de carácter provisional. Sirve para garantizar la integridad física de aquellos que operan sobre elementos que normalmente se hallan bajo tensión, pero que temporalmente están fuera de servicio.

### **• Puesta a tierra de funcionamiento**

Se refiere al mantenimiento de una parte de un circuito a potencial de tierra. Caen dentro de este apartado la puesta a tierra de conductor de neutro de las redes de distribución de energía eléctrica, la conexión a tierra de las vías del ferrocarril y tranvía en aquellos casos en que éstas constituyen un conductor activo de la red de distribución.

- **Puesta a tierra para protección.**

La puesta a tierra se debe extender a todos los receptores y masas metálicas accesibles. En las instalaciones en edificios civiles la toma de tierra se relaciona con la envoltura de los aparatos receptores y con las masas metálicas. En dichas partes puede aparecer tensión como consecuencia de una avería o falla.

La puesta a tierra concierne, finalmente, a la protección de edificios contra las descargas atmosféricas.

### ***Constitución de una instalación de tierra***

Una instalación de puesta a tierra se compone esencialmente de unos electrodos (varillas, placas o conductores que se hallan en íntimo contacto con el terreno) y de una red de conductores que los conectan a las partes de la instalación que deben ser puestas a tierra.

La conexión a tierra de las partes metálicas deberá ser tanto más efectiva cuanto mayor sea la posibilidad de que por ella fluyan hacia el terreno eventuales corrientes de defecto, a fin de dispersarlas de manera uniforme y sin originar zonas de concentración que a su vez podían ser fuente de riesgo para la integridad física de las personas que se hallen próximas a dichas zonas. Además para evitar en el propio ámbito de la instalación receptora(\*) puedan aparecer tensiones peligrosas entre dos partes que normalmente no están sometidas a tensión pero que pueden estarlo fortuitamente, hay otros elementos que contribuyen a dispersar las corrientes de defecto (el hierro enterrado de los pilares y cimientos, las tuberías metálicas, etc.). Es importante aclarar que estos elementos, aun cuando estén hundidos o enterrados en el suelo no substituyen a la instalación de puesta a tierra. Lo mismo cabe decir de los tubos metálicos de desagüe aún en el caso de que parte de los mismos este enterrada.

### ***Interconexión:***

Para la interconexión de una instalación eléctrica pueden utilizarse alambres (de un solo hilo) o cables (conductor de varios hilos) de cobre o aluminio. Estos pueden ser colocados a la vista, en ductos, tubos o charolas. Excepto en el caso de las líneas aéreas, los conductores siempre deberán estar cubiertos con una capa de material aislante, el cual determina la temperatura máxima de operación.

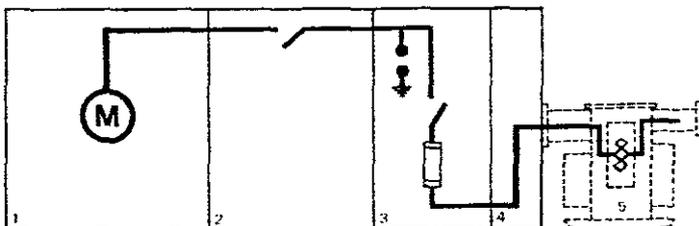
El empalme de conductores o la conexión de éstos a las terminales de los equipos debe de hacerse de manera que se garantice un contacto uniforme y no existan efectos que representen una disminución de la sección. Lo más recomendable es que todas las conexiones queden accesibles. En caso que estén dentro de tuberías o ductos deben proveerse las cajas o registros necesarios, sobre todo en las conexiones de salida hacia los equipos de la instalación.

---

(\*) *Instalación receptora:* es una instalación que incluye los aparatos receptores (electrodomésticos, motores, aparatos para la iluminación, etc.), incluso en el caso de que se conecten mediante una clavija de toma de corriente, y sus correspondientes circuitos de alimentación. Su inicio se sitúa inmediatamente después de los contadores.

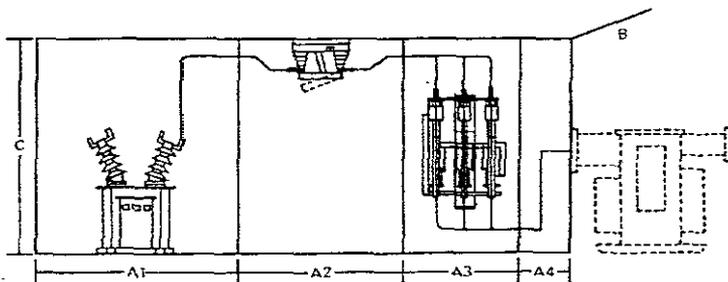
Las tuberías que se utilizan para proteger a los conductores pueden ser metálicas (de pared gruesa o delgada) o de materiales plásticos no combustibles (rígidas o flexibles). También se utilizan ductos (metálicos) cuadros o charolas, que son estructuras metálicas de tipo escalera colocadas vertical u horizontalmente donde se fijan los conductores. El soporte de todos los elementos debe ser rígido y su colocación debe hacerse de acuerdo con criterios de funcionalidad, estética, facilidad de mantenimiento y economía. En caso de que la interconexión se haga entre elementos sometidos a vibración deberá de utilizarse tubería flexible o materiales equivalentes.

1. SECCION DE MEDICION
2. SECCION DE CUCHILLAS DESCONECTADORAS
3. SECCION DE CORTACIRCUITOS
4. SECCION DE ACOPLAMIENTO
5. TRANSFORMADOR



\*Subestación dibujada en posición Izquierda - Derecha

- A. 1 2 3 4 FRENTE
- B. FONDO
- C. ALTURA
- D. PESO



**FIG. 1 ARREGLOS BÁSICOS EN SUBESTACIONES COMPACTAS**  
(Subestación con cuchillas de paso, 2 ½ Secciones y acoplamiento a transformador)

### 1.3- CONCEPTOS GENERALES

- **Acometida.** Conductores y equipo necesarios para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro al sistema de alumbrado de la propiedad alimentada.
- **Alumbrado exterior.** Alumbrado que se destina a áreas abiertas, entre los que destacan: estacionamientos, calles y avenidas, patios, fachadas de edificios, monumentos, áreas de material industrial, muelles de carga, obras, campos deportivos, estadios, etcétera.
- **Alumbrado interior.** Alumbrado de espacios cubiertos, entre los que destacan: salas de espectáculos, naves industriales, centros comerciales, restaurantes, casas habitación, escuelas, etcétera.
- **Canalización** Conducto cerrado diseñado especialmente para contener alambres, cables o solera. Las canalizaciones pueden ser metálicas o no metálicas y el término incluye: tubo conduit metálico tipo pesado, tubo rígido no metálico, tubo conduit metálico flexible, tubo conduit metálico tipo ligero, canalizaciones bajo el piso, canalizaciones en pisos celulares de concreto, canalizaciones en pisos celulares metálicos, canalizaciones de superficie, ducto para cable, canales metálicos con tapa y canalizaciones para soleras.
- **Cantidad de luz.** Equivale al producto del flujo luminoso emitido por la unidad de tiempo.
- **Capacidad de Corriente.** Corriente que puede conducir un conductor eléctrico, expresada en amperes, bajo operación continua y sin exceder su temperatura máxima de operación.
- **Capacidad interruptiva.** Corriente máxima, expresada en amperes, que un dispositivo puede interrumpir a una tensión nominal, bajo condiciones nominales de prueba.
- **Circuito alimentador.** Conductores del circuito formado entre el equipo de servicio o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final contra sobrecorriente del circuito derivado.
- **Circuito derivado.** Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobrecorriente que protege el circuito y la(s) carga(s) conectada(s).
- **Factor de Potencia F.P. ó  $\cos \theta$ .** Es la relación que existe entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente total (kVA) y se puede determinar con la expresión:

$$F.P. = \cos \theta = kW/kVA$$

- a) Factor de potencia adelantado. Cuando la intensidad de corriente esta adelantada respecto a la tensión en un circuito eléctrico, se dice que tiene un factor de potencia adelantado, esto se presenta en un circuito capacitivo.
- b) Factor de potencia atrasado. Cuando la intensidad de corriente esta atrasada respecto a la tensión en un circuito eléctrico, se dice que tiene un factor de potencia atrasado, esto se presenta en circuitos inductivos.
- **Flujo luminoso.** Es la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa. Su unidad es el lumen.
  - **Interruptor automático.** Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito por medios no automáticos y que abre el circuito automáticamente a una sobrecorriente predeterminada, sin daño para el mismo, cuando se le usa de manera adecuada dentro de sus capacidades nominales.
    - Ajuste de un interruptor automático. El valor de corriente, de tiempo o ambos a los cuales se gradúa el disparo de un interruptor automático ajustable.
    - Interruptor automático ajustable. Indica que el interruptor automático puede graduarse para cambiar el valor de corriente a la cual dispara o el tiempo requerido para hacerlo, dentro de los límites definidos.
    - Disparo instantáneo de un interruptor automático. Indica que la acción de disparo del interruptor no se ha introducido intencionalmente ningún retardo.
    - Interruptor automático no ajustable. Indica que el interruptor automático no puede graduarse para cambiar el valor de corriente a la cual dispara, ni el tiempo requerido para su funcionamiento.
    - Interruptor automático de tiempo inverso. Indica que la acción de disparo del interruptor sea introducido intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente aumenta.
  - **Interruptor de circuito de motor.** Interruptor calibrado en caballos de fuerza que puede interrumpir la corriente máxima de sobrecarga de un motor de la misma capacidad, en caballos de fuerza, a su tensión nominal.
  - **Intensidad luminosa.** Es la densidad de flujo a través de un ángulo sólido en una dirección determinada. Su unidad es la candela.
  - **Iluminancia.** La iluminancia de una superficie es la relación entre flujo luminoso incidente y el área correspondiente.
  - **Lámpara fluorescente ahorradora.** Es una lámpara de bajo consumo de energía eléctrica y un alto rendimiento luminoso.
  - **Luminancia.** Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente en la dirección determinada.

- **Luminario.** Es un aparato que distribuye, filtra y controla la luz emitida por una o varias lámparas, el cual contiene todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y conexión al circuito alimentador.
- **Potencia reactiva (kVAR).** La potencia reactiva (kVAR) es la potencia necesaria que utilizan entre otros los aparatos eléctricos que tienen núcleo de hierro, para producir un campo magnético, siendo una de las principales causas del bajo factor de potencia.
- **Potencia activa (kW).** Es la potencia real o activa que un aparato eléctrico transforma en energía mecánica, luminosa, calorífica, etcétera.
- **Potencia aparente (kVA).** Es la potencia total a generar y transportar; es el módulo de la suma vectorial de las potencias activa y reactiva.
- **Rendimiento luminoso.** Es la relación entre el flujo emitido y la potencia demandada (Lumen / Watt).
- **Sobrecarga.** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal o de plena carga nominal, o de un conductor con exceso de corriente sobre su capacidad nominal, cuando tal funcionamiento, de persistir por suficiente tiempo, causa daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla tal como un corto circuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.
- **Sobrecorriente.** Cualquier valor de corriente mayor que la corriente nominal del equipo, o mayor que la capacidad de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.  
Un equipo o conductor, bajo ciertas y determinadas condiciones, puede ser adecuado para una corriente mayor que la nominal, de ahí que los requisitos para la protección contra sobrecorriente se especifiquen para condiciones particulares.
- **Tablero.** Una panel o un grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o calefacción. Está diseñado para instalarse dentro de una caja o gabinete colocado, embutido o próximo a una pared o tabique y ser accesible sólo por el frente.
- **Tablero de distribución.** Panel sencillo, armazón o conjunto de paneles, en donde se instalan, ya sea por el frente, por detrás o en ambos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, soleras e instrumentos. Los tableros de distribución normalmente son accesibles desde el frente y desde atrás y no están previstos para instalarse dentro de gabinetes.

- **Tensión de un sistema.** Es el mayor valor eficaz de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera del circuito al que pertenecen.  
En varios sistemas, tales como trifásico de 4 hilos, monofásico de 3 hilos y corriente directa, pueden existir circuitos con tensiones diferente.
- **Tensión a tierra.** En los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto o el conductor del circuito que está puesto a tierra. En los circuitos no puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial eficaz entre un conductor dado y cualquiera de los otros conductores del circuito.
- **Tensión nominal.** Valor asignado al circuito o sistema para la denominación de su clase de tensión. La tensión real al cual funciona el circuito varía dentro de un margen que permite un funcionamiento satisfactorio del equipo.
- **Tierra.** Conexión conductora intencional o accidental entre un circuito o equipo eléctrico y la tierra o algún conductor que se usa en su lugar.

a) Tierra. Desde el punto de vista eléctrico, se considera que el globo terráqueo tiene un potencial de cero (o neutro); se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo, puede suceder que por causas naturales (presencia cercana de nubes o descargas atmosféricas) o artificiales (falla eléctrica en una instalación) una zona terrestre tenga en forma temporal una carga eléctrica negativa o positiva con respecto a otra zona (en necesariamente lejana). Por esta razón pueden aparecer corrientes en conductores cuyos extremos estén conectados con zonas de potenciales distintos.

b) Resistencia a tierra. Este término se utiliza para referirse a las resistencia eléctrica que presenta el suelo (tierra) en cierto lugar. El valor de la resistencia a tierra debe estar dentro de ciertos límites dependiendo del tipo de instalación.

Eléctricamente, el globo terráqueo es considerado con potencial cero. No obstante el material que la compone puede tener una resistividad eléctrica muy alta, así que para conseguir una toma de tierra adecuada, debe hacerse un estudio para tener la resistencia esté dentro de los límites adecuados (permitidos).

El significado de la resistencia a tierra puede entenderse si se analiza el flujo de corriente que circula por una varilla o barra enterrada (verticalmente) y cómo se dispersa por la tierra que la rodea. La parte del suelo que está directamente en contacto con la varilla o barra tiene un papel muy importante en el camino de este flujo de corriente.

c) Toma de tierra. Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites.

d) Tierra remota. Se le llama así a una toma de tierra lejana al punto que se esté considerando en ese momento. Su definición es útil ya que puede utilizarse como referencia es caso de que fluyan corrientes entre la instalación y esa toma de tierra.

e) Sistema de tierra. Se llama sistema de tierra a la red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse a puntos de la instalación. El sistema de tierra de una instalación se diseña en función de: el nivel de voltaje, la corriente de cortocircuito, la superficie que ocupa la instalación, la probabilidad de explosión y/o incendio, la resistencia a tierra, la humedad y la temperatura del suelo.

En una industria pueden existir varios sistemas de tierra independientes: para la subestación y equipo de fuerza (motores), para el sistema de pararrayos (que puede o no estar interconectado con el primero) y para instrumentos, computadoras y equipos de transmisión o recepción de señal. Deben respetarse ciertas separaciones entre las tomas de tierra de cada sistema para evitar interferencias. Los conductores que se conecten a los diferentes sistemas deberán estar aislados y protegidos desde la conexión.

En la práctica ningún sistema de tierra es perfecto, ya que se requeriría que los conductores que lo forman y el suelo tuvieran una resistencia cero.

f) *Conexión a tierra.* La unión entre un conductor y el sistema de tierra en una conexión a tierra.

g) Tierra física. Se dice que un conductor se conecta a tierra física cuando se une sólidamente a un sistema de tierra, que a su vez está directamente conectado a la toma de tierra (sin que exista entre ellos más impedancia que la de los conductores). Se puede considerar que el potencial de una tierra física se mantiene prácticamente constante, aunque exista un flujo de corriente entre este punto y la toma de tierra.

h) Neutro aislado. Se denomina así al conductor de una instalación que está conectado a tierra a través de una impedancia (resistiva o inductiva). La función de esta impedancia es limitar la corriente de cortocircuito que circularía por el conductor, o las partes del equipo que estén conectadas a tierra, y así disminuir los posibles daños.

i) Neutro del generador. Se le llama así al punto que sirve de referencia para los voltajes generados en cada fase. En sistemas equilibrados y bajo circunstancias de operación normales, la diferencia de potencial entre el neutro del generador y la tierra física del lugar donde está instalado es cero.

j) Neutro de trabajo. Es aquél que se requiere para la conexión de un consumidor alimentado por una sola fase. La sección transversal del conductor de este neutro y de la fase deben ser iguales, ya que conducen la misma corriente.

k) Neutro sólidamente conectado a tierra. Este tipo de conexión se utiliza generalmente en instalaciones de baja tensión para proteger a las personas contra el peligro de electrocución. En el caso de que se presente una falla de aislamiento entre un conductor energizado y una parte metálica desnuda se produce un cortocircuito y actúa la protección que desenergiza al circuito respectivo.

l) Neutro de un sistema. Es un potencial de referencia de un sistema que puede diferir del potencial de tierra y que no puede existir físicamente. Por ejemplo en una interconexión de transformadores tipo delta no existe un neutro físico, aunque sí un neutro de referencia.

m) Neutro flotante. Se le llama así al neutro de una instalación que se conecta a tierra. Dependiendo de las condiciones de operación puede existir una diferencia de potencial entre este neutro y tierra.

## CAPITULO II

### *Sistema de iluminación*

#### *Tecnología de iluminación eléctrica*

Si se pasa una corriente eléctrica por cualquier conductor, una cierta cantidad de energía es expedida, ése energía aparece como calor en el conductor .

Ya que cualquier cuerpo acalorado dará aparte una cierta cantidad de luz a temperaturas encima de 525° C (977°F), un conductor calentado sobre esa temperatura por una corriente eléctrica actuará como una fuente de luz

#### **2.1 INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN**

A continuación se presentan los aspectos principales que deben considerarse durante el proyecto, construcción y uso de las instalaciones de iluminación, en la Tabla 2.1 se resumen los rubros fundamentales.

**TABLA 2.1: Aspectos Esenciales de las Instalaciones**

<b>A) PROYECTO DE REACONDICIONAMIENTO DE LOS EDIFICIOS</b>
1.- Niveles adecuados de iluminación 2.- Cantidad de luz admitida por la construcción 3.- Distribución de la luz en el local 4.- Producción de sombras inconvenientes
<b>B) EQUILIBRIO ENTRE LUZ DIURNA Y ARTIFICIAL</b>
1.- Evitar contraste intensos 2.- Independencia del Sistema de Luz para su variación 3.- Nivel de iluminación adecuado a la actividad
<b>C) SISTEMAS DE ILUMINACIÓN</b>
1.- GENERAL: Iluminación general y constante 2.- GENERAL LOCALIZADA: Alta concentración en sitios específicos 3.- LOCALIZADA: Luminarias muy cercanos al plano de trabajo 4.- DIRECCIONAL: Dirección preferida o más conveniente
<b>D) FUENTES LUMINOSAS</b>
1.- INCANDESCENTES 2.- DE DESCARGA

#### **2.2 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN**

Siempre que se vaya a iluminar por primera vez un local, o a verificar o modificar su nivel de iluminación, es necesario hacer un análisis de las tareas visuales que se realizan en él, ya que de ello depende la selección del sistema de alumbrado , así como la distribución y disposición de las luminarias. Los arreglos más comunes son los siguientes:

-Iluminación general. Consiste en la distribución de luminarias con un espaciamiento uniforme, de tal manera que proporcione una iluminación prácticamente constante en el plano de trabajo.

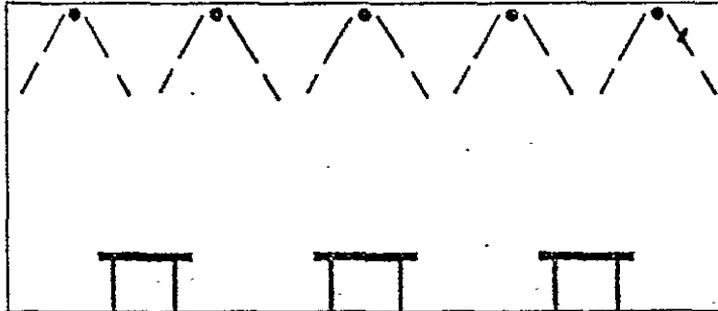


FIG. 2 ILUMINACION GENERAL

- Iluminación general localizada. En algunos locales es necesario concentrar luminarias en el techo para obtener una iluminación suficientemente alta en lugares importantes e iluminar así mismo es resto del local. Este tipo de iluminación es útil en algunas áreas específicas de trabajo en las industrias, con lo que se logra, al mismo tiempo, una economía en el uso de la energía.

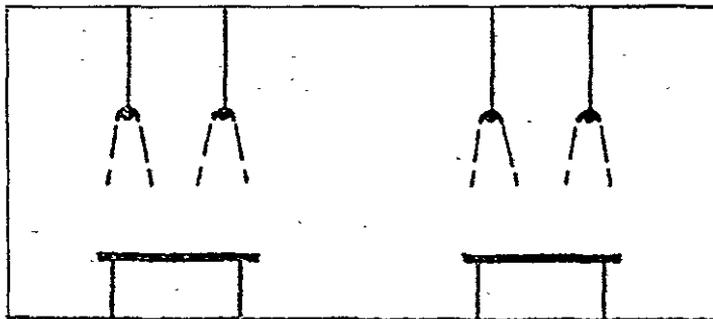


FIG. 3 ILUMINACION GENERAL LOCALIZADA

- Iluminación localizada. Este sistema se obtiene colocando luminarias muy cerca de la tarea visual, para iluminar solamente una área muy reducida. Generalmente se utiliza en forma conjunta con uno de los otros sistemas. Se recomienda cuando los trabajos requieren exigencias visuales críticas, si la visión de formas y texturas necesita que la luz provenga de una dirección precisa, cuando la iluminación general no alcance ciertas zonas debido a diversos obstáculos o si es necesario un mayor nivel de iluminación en beneficio de trabajadores de edad avanzada o con rendimiento visual defectuoso.

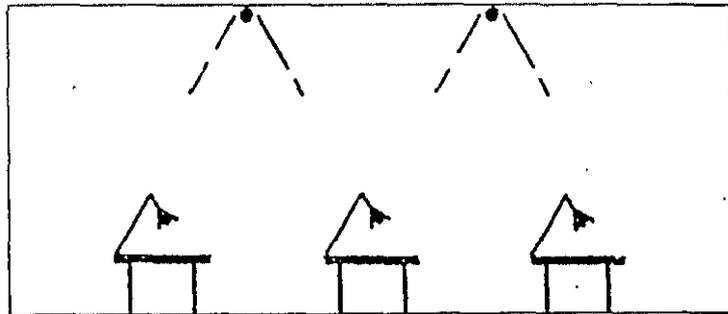


FIG. 4 ILUMINACION LOCALIZADA

### 2.3 PROYECTOS DE ALUMBRADO

A continuación se describen las características que debe contemplar un proyecto de alumbrado. Las exigencias básicas para cualquier instalación de alumbrado consisten en proporcionar una iluminación adecuada, con objeto de que las personas vean lo suficientemente bien y puedan realizar sus tareas con la precisión y velocidad requeridas.

Los parámetros que definen la cantidad y calidad del alumbrado son el nivel de iluminación (cantidad); deslumbramiento; rendimiento de color; modelado; aspecto de color y distribución de luminarias en el campo visual. Si bien todos estos parámetros gravitan en conjunto para obtener una buena iluminación, el nivel de iluminancia juega uno de los papeles más importantes dado que es el que determina la cantidad de luz incidente en el plano de trabajo y por ende el consumo de energía.

El nivel de iluminación necesario varía notablemente con la naturaleza de la actividad y es fundamentalmente función de la dificultad de la tarea visual, del contraste de luminancia, del contraste de color, de la velocidad de percepción, del tiempo en que se desarrolla la tarea, de las condiciones de los alrededores y del estado fisiológico de los ojos que deben de realizar la tarea.

Cabe señalar que la tendencia actual es recomendar valores de iluminancia más elevados, por las ventajas ampliamente comprobadas sobre los beneficios que representan; mayor eficiencia y bienestar visual, mayor productividad, disminución de accidentes, mayor disposición para las tareas, etc. Se tiene en cuenta que tales valores se logran hoy en día en forma práctica y particularmente económica gracias a las mejoras logradas en eficacia y vida útil de las lámparas modernas.

Los valores de iluminancia recomendados corresponden a los valores de servicio, es decir, los promedios entre los valores máximos y mínimos, a través del uso de la instalación en la que intervienen, la depreciación luminosa de las fuentes de luz y del conjunto luminario y lámpara, por influencia del medio ambiente.

El valor de servicio se puede mantener por un buen mantenimiento de la instalación mediante el reemplazo en grupo de las fuentes luminosas antes de su extinción (vida útil y económica) y la limpieza periódica y frecuente de los conjuntos luminosos.

Otra clasificación más particular es: iluminancia de servicio mínimo sobre la tarea (200 lux); zonas generales en la industria (200 lux), trabajos toscos de tornos y máquinas (300 lux), trabajo administrativo regular (300 lux), tiendas y almacenes (500 lux), oficinas de dibujo (500 lux), oficinas panorámicas (300 lux), laboratorios (750 lux), trabajo fino de torno y máquina (1000 lux), inspección de colores (1000 lux). En la tabla 2.2 se resumen los valores de iluminancia más relevantes.

**TABLA 2.2: Valores de Luminancia Recomendados**

	LUMINANCIA (cd/m <sup>2</sup> )	ILUMINANCIA HORIZONTAL (lux)
RASGOS DEL ROSTRO HUMANO		
- APENAS VISIBLE	1	20
- VISIBLES SATISFACTORIAMENTE	10	200
CONDICIONES OPTIMAS DE VISIBILIDAD EN LOCALES NORMALES DE TRABAJO	100-400	2 000
ILUMINANCIA DE LA TAREA VISUAL PARA SUPERFICIES CON REFLECTANCIAS MAYORES DE 0.15	1 000	20 000
ALUMBRADO GENERAL EN ZONAS DE USO POCO FRECUENTE	---	20-150
ALUMBRADO GENERAL EN ZONAS DE TRABAJO	---	200-1 500
ALUMBRADO ADICIONAL PARA TAREAS FINAS	---	>2 000

El deslumbramiento es consecuencia de la presencia de superficies con excesiva luminancia en comparación con el nivel general del local. Puede causar perturbación o malestar para el desarrollo de la tarea.

Una iluminación totalmente difusa no es suficiente para proporcionar una buena impresión tridimensional de los objetos. Este factor se conoce con el nombre de modelado.

La cantidad cromática de una lámpara se caracteriza por su aspecto cromático, que esta determinado por su temperatura de color, su capacidad de discriminación cromática, la cual afecta el aspecto cromático de los objetos iluminados por la lámpara.

Las fuentes de luz blancas se dividen en tres grupos según su aspecto cromático:

- Frío (blanco azulado). Temperatura de color > 5 000 °K
- Intermedio (blanco). Temperatura de color entre 3 300 y 5000°K
- Cálido (blanco rojizo). Temperatura de color < 3 300°K

Para que el alumbrado sea de buena calidad debe cuidarse la relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminancia de la instalación. Cuando se tienen mayores niveles de iluminancia se prefieren fuentes de luz con temperaturas de color más altas (Tabla 2.3).

**TABLA 2.3: Variación de la Impresión con el Aspecto Cromático y la Iluminancia**

ILUMINANCIA (Lux)	ASPECTO CROMÁTICO DE LA LUZ		
	CÁLIDO	INTERMEDIO	FRIÓ
≤ 500	ACOGEDOR	NEUTRO	FRIÓ
500 - 1 000	ESTIMULANTE	ACOGEDOR	NEUTRO
1 000 - 2 000			
2 000 - 3 000			
≥ 3 000	NO NATURAL	ESTIMULANTE	ACOGEDOR

El rendimiento de color de las fuentes de luz se basa en pruebas experimentales de diversas características. Tomando una escala arbitraria donde el máximo rendimiento es de 100, se dividen las lámparas en cuatro grupos principales (Tabla 2.4).

**TABLA 2.4: Aspecto Cromático y Rendimiento De Color**

GRUPO DE RENDIMIENTO DE COLOR	ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR	ASPECTO CROMÁTICO	APLICACIONES
1	$Ra \geq 85$	FRIÓ INTERMEDIO	TEXTILES, IMPRENTAS, PINTURAS. ESCAPARATES, TIENDAS, HOSPITALES. HOGARES, HOTELES, RESTAURANTES.
2	$70 \leq Ra \leq 85$	FRIÓ INTERMEDIO CÁLIDO	OFICINA, ESCUELAS, GRANDES ALMACENES, INDUSTRIA FINA. ÍDEM ANTERIOR ÍDEM ANTERIOR
3	LAMPARAS CON $Ra < 70$ RENDIMIENTO DE COLOR ACEPTABLE.		INTERIORES DONDE LA DISCRIMINACIÓN DE CROMÁTICA NO ES DE GRAN IMPORTANCIA
S (ESPECIAL)	LAMPARAS CON PROPIEDADES NO NORMALES DE DESCRIMINACION CROMATICA		APLICACIONES ESPECIALES

## 2.4 FUENTES LUMINOSAS

Conforme pasa el tiempo y avanza la tecnología los requerimientos de iluminación son mayores; actualmente la sociedad moderna tiene ciertas exigencias sobre el tipo y calidad de la luz, como por ejemplo:

- La iluminación tiene que ser económica. Bajo consumo de energía obteniendo la mayor cantidad de luz posible; las lámparas y sistemas deben asegurar larga vida y ser económicas en su precio inicial y mantenimiento.
- Las lámparas deben adaptarse, según sus formas y características, a normas técnicas y arquitectónicas funcionales. Se espera que la luz artificial sea fiel al color. Es un reto que los colores al ser iluminados sean reproducidos auténtica y naturalmente.

Existen en el mercado miles de modelos de diferentes tipos de lámparas para las amplias necesidades de la vida humana. El desarrollo de nuevos sistemas no tiene fin. Los deseos de los consumidores y usuarios, y las exigencias de un mercado siempre en evolución impulsan el progreso. La vida en nuestro entorno requiere de una iluminación adecuada y económica. Por ello hace falta lámparas cualitativamente desarrolladas.

Se debe de utilizar cada lámpara en el lugar apropiado según las necesidades. Para una avenida se requiere cierto tipo de luz durante un tiempo determinado, en una sala de proyección de cine se requiere otro tipo de luz con otro tiempo de utilización, para el hogar, para los pasillos de un hotel, para los restaurantes, estacionamientos, pistas de aeropuerto, automóviles, aparadores, galerías, bares, etcétera.

Existe una amplia variedad de fuentes de iluminación y por lo tanto de características y de eficiencias. En la tabla 2.5 se muestran la comparación de la energía luminosa y la calorífica para varios tipos de fuentes de luz. De hecho, la variación en este sentido es muy grande, al grado de que el nivel de iluminación obtenido con una lámpara incandescente puede ser producido por otra de alta intensidad que utilice el 16% de la energía eléctrica que utilizaría la lámpara incandescente; de ahí que es muy importante la selección de la fuente de luz para que esta sea la más económica.

**TABLA 2.5: Eficacia Lumínica de Diferentes Tipos de Lámparas (7)**

FUENTE DE LUZ	LAMPARA SOLA (lm/W)	CON BALASTRO (lm/W)
INCANDESCENTE	16	16 (NO USA)
HALÓGENA	22	22
LUZ MIXTA	25	25
FLUORESCENTE	100	85
VAPOR DE MERCURIO	63	58
ADITIVOS METÁLICOS	80	72
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN	130	115
VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN	183	160

A continuación se presentan las características de las fuentes de luz y los grupos de lámparas a fin de contar con los elementos de juicio para decidir cual sistema es más conveniente para un caso dado.

Las características más importantes de las fuentes de luz son:

- Eficacia o rendimiento luminoso expresado en lúmenes por watt (lum/W)
- La reproducción de colores, expresada mediante el índice correspondiente; si este se encuentra entre 90 y 100%, quiere decir que la reproducción de los colores es muy exacta.
- Aspectos de color. Al observarse una fuente de luz es posible que no parezca blanca. Para ciertas aplicaciones esto representa un serio inconveniente.
- Temperatura de color. La lámpara incandescente tiene una temperatura de color baja (aproximadamente 3 000 °K), el sol tiene una temperatura de color alta (6 000°K). El aspecto de color y la temperatura de color se influyen mutuamente.
- Brillo (o luminancia) de la fuente, expresado en candelas por cm<sup>2</sup>.

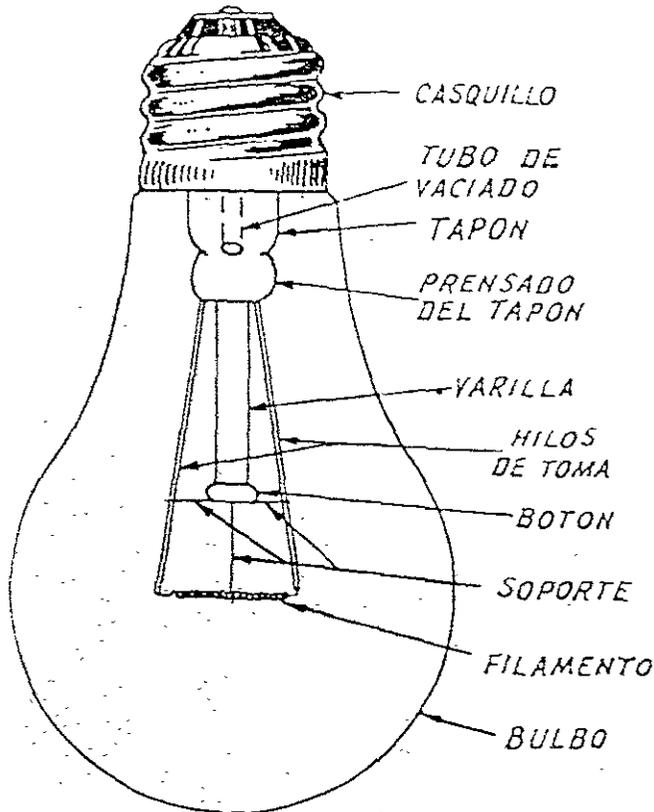
Las fuentes de luz se clasifican de acuerdo a su principio de operación.

#### **2.4.1 LA LÁMPARA INCANDESCENTE**

La lámpara incandescente se compone de un filamento de alambre que va colocado en un montaje adecuado y encerrado en un bulbo (bombilla) de vidrio relleno de gas inerte o al vacío. Al conectarse la lámpara a un circuito eléctrico, la corriente que pasa por el alambre del filamento tiene que superar su resistencia y la energía consumida calienta al filamento al punto de incandescencia, haciéndolo que destelle; ver figura 5.

Se ha logrado una eficiencia de hasta 23 lpw (lúmenes por watt) en los tipos grandes comerciales que se usan hoy en día. Algunas lámparas que se usan para fines especiales, tales como proyección, cuentan con eficacias de hasta 33 lpw, y las fotográficas llegan hasta 36 lpw.

Filamentos con alto punto de fusión deben usarse, porque la proporción de energía luminosa radiada por fuentes de calor sube conforme la temperatura aumenta, y se obtiene la fuente más eficaz de luz a la temperatura del filamento más alta. Se emplearon filamentos del carbono en las primeras lámparas prácticas incandescentes, pero lámparas modernas son universalmente hechas con filamentos de fino alambre del tungsteno, que tiene una fusión de alrededor de 3410° C (6170° F). El filamento se debe encerrar en un vacío o una atmósfera inerte, de otra manera el filamento acalorado reaccionaría químicamente con la atmósfera circundante. Usar un gas inerte en lugar de un vacío en lámparas incandescentes tiene la ventaja de que retarda la evaporación del filamento, así prolonga la vida de la lámpara. Lámparas incandescentes más modernas son llenadas de una mezcla de argón y gases del halógeno o una cantidad pequeña de nitrógeno o kriptón.



**FIG.5 ELEMENTOS DE UNA LAMPARA INCADESCENTE**

#### **2.4.1.1 Filamentos**

Edisón experimento con cientos de materiales antes de encontrar el filamento que resultará más adecuado para su primera lámpara exitosa. Finalmente escogió el carbón por tener el punto de fusión más alto de todos los elementos conocidos (3422 °C). Si bien el carbón se empleó como único material en los filamentos por muchos años, su uso no era del todo satisfactorio debido a que se evapora rápidamente a altas temperaturas y, en consecuencia, no se podía lograr la eficacia deseada. Esto reducía enormemente la duración de la lámpara. Se substituyó parcialmente por osmio y tantalio, pero al perfeccionarse el método para estirar el tungsteno, éste reemplazó casi universalmente al carbón. El tungsteno tiene una gran intensidad y es muy durable. Sin embargo la razón primordial para haberlo seleccionado como el mejor material para filamentos estriba en el hecho de que puede arder a un punto muy cercano al de la fusión (6120 °C) sin evaporarse rápidamente.

A medida que la temperatura de funcionamiento del filamento aumenta, la emisión luminosa y la eficacia pasa a ser mayor, el tungsteno debería tener una eficacia de 52 lpw en su punto de fusión, pero en la práctica es como de 36 lpw debido a las pérdidas que se producen dentro de la lámpara. No obstante, para lograr esa eficacia, la duración de las lámparas se reduce a sólo ocho o diez horas, como en el caso de las lámparas que trabajan con voltaje mayor que el normal.

#### **2.4.1.2 *Distribución de Energía Espectral***

Las lámparas incandescentes emiten únicamente un porcentaje pequeño de la energía total proveniente del filamento en la región visible. La mayor porción de la energía es infrarroja, con una cantidad muy pequeña producida en la región ultravioleta.

Conforme aumenta la temperatura del filamento de tungsteno, la radiación en la región visible aumenta más rápidamente en la región infrarroja, subiendo así su eficacia luminosa.

La temperatura de color no sólo es mayor para las lámparas de alta eficacia, sino que para cualquier lámpara en particular la temperatura de color aumenta con el voltaje de la línea en forma proporcional .

### **2.4.1.3 *Diseño de los Filamentos***

Los filamentos se fabrican en varias formas para distintos usos. La designación de los mismos se hace mediante una letra para indicar el tipo de construcción del alambre y con un número seleccionado arbitrariamente para identificar la forma de dicho filamento, si es recto sería (S), de espiral simple (C) y de espiral doble (CC).

Se podrían diseñar filamentos para lámparas incandescentes capaces de permanecer encendidos casi indefinidamente, pero a costa de reducir en grado sumo la eficacia de la lámpara. El largo, diámetro y forma de un filamento se determinan mediante cuidadosa consideración de su uso, potencia y duración deseada. El propósito primordial es el de diseñar una fuente que produzca la luz al menor costo posible para el fin perseguido.

Enrollando el alambre en forma de espiral disminuye las pérdidas de calor y aumenta su eficacia. La construcción del filamento de doble espiral consiste en enrollar nuevamente en forma de espiral un alambre que ya había sido enrollado previamente. Este tipo de doble espiral da por resultado una concentración todavía mayor de calor, lo que aumenta como un diez por ciento la eficacia de una lámpara de 60 watts.

### **2.4.1.3 *Formas de los Bulbos***

En la figura 6 se indican las formas de los bulbos que más se emplean en las lámparas incandescentes. Dichas formas se denominan mediante letras, cuyos significados se indican a continuación: La mayor parte de las tiendas, oficinas, fábricas y hogares usan para su iluminación lámparas en forma de A y PS. La diferencia primordial entre ellas estriba en que las lámparas en forma de PS tienen el cuello recto desde su base hasta el punto en que toma la forma de una pera, mientras que la tipo A tiene el cuello ligeramente curvo.

Cuando existían solamente lámparas al vacío, el bulbo en forma de S era el que se usaba universalmente. Al desarrollarse las lámparas rellenas de gas, hubo que alejar más el filamento de las paredes de vidrio y de la base. En el bulbo en forma de PS se usa un cuello largo y recto para lograr ese fin.

En el diseño de las lámparas se toma en cuenta el tamaño y forma del bulbo, pues de ello depende la potencia, el uso a que será destinado, así como la temperatura de trabajo del vidrio y de la base. Las temperaturas máximas deseables son seleccionadas por la industria en general y se encuentran muy por debajo de las temperaturas máximas admisibles a que podría trabajar el bulbo de vidrio sin ablandarse.

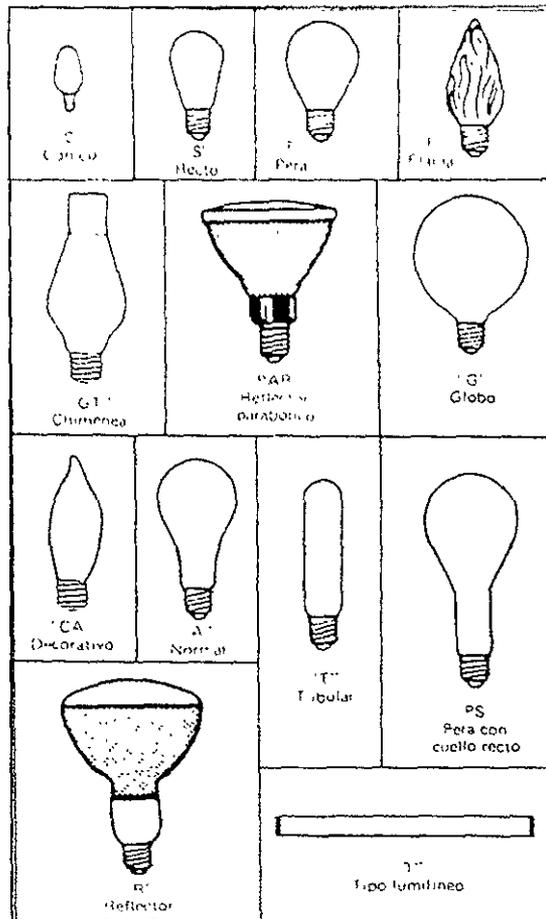


FIG. 6 FORMAS DE LOS BULBOS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES

#### 2.4.1.5 Tipos de Bases

La base correspondiente a una lámpara incandescente desempeña dos funciones muy importantes. En primer lugar, sujeta firmemente la lámpara en el portalámparas y, en segundo lugar, conduce la electricidad desde el circuito hasta los hilos de conexión de la lámpara. Debido a la inmensa variedad de los usos a que se destinan las lámparas, están van dotadas de bases de distintos tamaños.

En la mayoría de las lámparas incandescentes para alumbrado general, tales como las de tipo candelabro, intermedia, media y mogul, se usa cemento para unir el vidrio del bulbo al metal de la base. Sin embargo en las lámparas de alta potencia (generalmente en las de más de 500 watts) que someten el cemento a temperaturas

muy elevadas, hasta el mejor cemento puede perder su consistencia y aflojar la base. Para garantizar mayor consistencia y duración en las lámparas para alumbrado público y en las de alta potencia, se emplea una combinación de cemento especialmente diseñados para resistir altas temperaturas.

Otro tipo de base que se fija al vidrio de la lámpara pero sin cemento, es la de tipo mogul. Se sujeta a la lámpara mediante una mordaza revestida de asbesto, la cual fija firmemente el bulbo.

Cuando es necesario colocar la fuente de luz en posición exacta con respecto a un lente o a un reflector, se usa la base mediana o mogul preenfocada con el propósito de garantizar la ubicación correcta del filamento. La base preenfocada consiste esencialmente en una pared interior que se fija al bulbo de cemento, y una pared exterior de latón que se coloca en la posición debida para lograr la distancia exacta del centro de la luz, es decir, la distancia del centro del filamento al extremo de la base. Después de colocarlas en la posición debida, se sueldan las partes entre si.

Las lámparas lumilínea es la línea que utiliza dos base tipo disco en los extremos opuestos del bulbo y a cada una de ellas va conectada a los extremos del filamento. Para las lámparas de tungsteno halógeno de doble base se usan bases ahuecadas sencillas y ahuecadas rectangulares sencillas de un solo contacto, con cerámica especial en lugar de metal. En las lámparas de tungsteno halógeno de una base, el tipo de base comúnmente empleado es con rosca Mini-Can.

#### **2.4.1.6 Efectos de la Variación del Voltaje de Línea**

Casi todo el mundo ha notado la forma en que baja la intensidad de la luz de una lámpara incandescente al conectar cualquier tipo de aparato doméstico. La fuerte corriente que consumen estos artefactos eléctricos ocasiona una caída en la tensión del circuito, reduciendo así la emisión luminosa en todas las lámparas que están conectadas a ese circuito. En otros casos, una tormenta eléctrica puede producir un incremento momentáneo en el voltaje haciendo que las lámparas se enciendan con mayor brillantez de lo normal. Estos cambios momentáneos de voltaje no afectan en forma considerable la duración de la lámpara. Pero lo que si la afecta es el funcionamiento constante de la lámpara a voltajes distintos de los clasificados con el consecuente aumento en el costo total del alumbrado.

Los lúmenes y la duración de la misma cambian enormemente con sólo una ligera variación en el voltaje, mientras que la potencia no sufre gran modificación. Todo aumento que ocurre en el voltaje hace que circule mayor corriente por el alambre del filamento, aumentando su temperatura y como resultado, brilla con más intensidad y produce una cantidad mayor de lúmenes. Además aumenta la potencia consumida debido a que los volts y los amperes son superiores y la resistencia del filamento aumenta porque su temperatura de trabajo es mayor. La duración de la lámpara se acorta motivada por la evaporación más rápida del filamento de tungsteno a medida

que su temperatura sube. Al contrario, la baja de voltaje afecta todas las características de la lámpara. Existe una gran diferencia en las variaciones del porcentaje de las distintas características. Por ejemplo, si se enciende una lámpara de 120 a 125 volts, significa aproximadamente:

- 16% de más luz (lúmenes).
- 7% más de potencia eléctrica (watts).
- 42% menos de duración (horas).

Por otra parte, si se enciende una lámpara de 120 volts a 115 volts, significa aproximadamente:

- 15% menos de luz.
- 7% menos de potencia eléctrica (watts).
- 72% más de duración (horas).

#### 2.4.1.7 Depreciación de la Lámpara

En la gráfica de la figura 7 se muestra la forma en que se deprecia lentamente una lámpara incandescente instalada en un circuito múltiple durante la duración de la misma y como va consumiendo lentamente menor cantidad de watts, produciendo así menos lúmenes con una eficacia menor a medida que las horas en uso aumentan. Conforme el filamento arde, se evapora lentamente y su diámetro se hace más pequeño (pero mayor en resistencia), permitiendo que fluya menos corriente por él, reduciendo así la energía consumida. Asimismo, el rendimiento lumínico se reduce porque la temperatura de trabajo del filamento es menor debido a que el ennegrecimiento del bulbo es mayor.

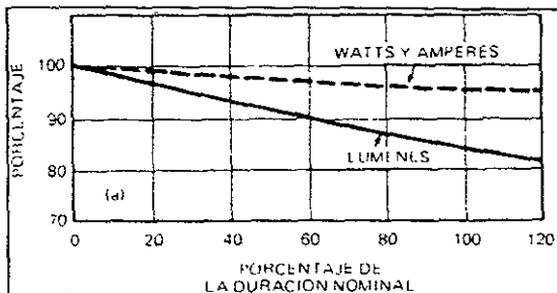


Fig. 7 Cambios en las Características de una Lámpara durante su Período de Duración

#### 2.4.1.8 Duración de las Lámparas

Como resultado de las ligeras variaciones durante el proceso de fabricación de las lámparas y de los materiales utilizados, sería casi imposible lograr que todas y cada una de las lámparas funcionaran durante todo el tiempo asignado. Por esta razón la

duración de las lámparas se especifica en base al promedio de vida de un grupo considerable de ellas. Al fin de su vida nominal especificada, aproximadamente cincuenta por ciento de las lámparas en un grupo considerable quedarán fuera de operación y el cincuenta por ciento restante seguirá funcionando.

#### **2.4.1.9 Clasificación de las Lámparas**

Las lámparas incandescentes son divididas en tres grandes grupos: lámparas grandes, lámparas miniatura y lámparas especiales. La clasificación de lámparas grandes generalmente se refiere a aquellas con grandes bombillas, para operar en circuitos de 30 V o más. La clasificación de miniaturas generalmente incluye tales tipos como automotrices, panel de radio, bicicleta, aeronáuticas, trenes de juguete, y cualquier otra lámpara pequeña operada generalmente por circuitos de menos de 50 V. La clasificación especial incluye lámparas diseñadas para fotografía y servicio de proyección. A continuación se da una descripción de unos cuantos de muchos tipos de lámparas que son regularmente fabricadas:

##### **Servicio General**

Estas son grandes lámparas hechas para iluminación general en circuitos de 120 V. Las lámparas de servicio general tienen rangos de 10 a 1500 W y satisfacen la mayoría de las aplicaciones de iluminación.

##### **Alto voltaje.**

Esta clase de voltaje se refiere a lámparas diseñadas para operar directamente en circuitos de 220-300 V. Las lámparas de alto voltaje tienen filamentos de pequeño diámetro y gran largo, y el filamento requiere más soporte que el que le correspondería a una lámpara de 120 V. Por lo tanto menos rugoso y produce 25-30% menos lúmenes por watt por la grandes pérdidas de calor. Debido a los altos voltajes de operación, estas lámparas requieren menos corriente para la misma potencia, permitiendo alguna economía en la instalación eléctrica.

##### **Servicio Extendido**

Las lámparas de servicio extendido son destinadas para usarse en aplicaciones donde la falla de una lámpara causa grandes inconvenientes, una molestia o un peligro, o donde el costo de reemplazo es grande. Para tales aplicaciones donde una larga vida es muy importante y una reducción de la luz de salida es aceptable, lámparas con 2 500-h o más promedio de vida es aprovechable. Su larga vida es obtenida por la operación del filamento de la lámpara a temperaturas menores que la normal.

##### **Lámparas de Halogeno-Tungsteno**

Estas lámparas mejoran las fuentes incandescentes regulares. Sus avances sobre las lámparas incandescentes comunes incluyen entre otros una excelente mantenimiento de lúmenes y tamaño reducido. También proporcionan luz más blanca y vida más larga a un rendimiento de luz dado.

### ***Reflectores***

Estas lámparas incluyen a aquellas en bombillas de forma estándar y especial y la cual tiene una capa reflejante directamente aplicada a una parte de la superficie de la bombilla. Capas de aluminio o plata son usadas; las capas de plata pueden ser aplicadas interna o externamente, y en el último caso la capa es protegida por una capa de cobre aplicada electrolíticamente y rociada con un acabado de aluminio. Las capas de aluminio son aplicadas internamente por la condensación de aluminio vaporizado en la superficie de la bombilla.

## **2.4.2 LÁMPARAS DE DESCARGA EN UN GAS**

La luz que emite una lámpara de descarga se obtiene al hacer pasar una corriente eléctrica a través de una gas. En general, el rendimiento de estas lámparas es considerablemente mayor que el de las incandescentes y la vida útil es mayor, sin embargo, la reproducción de los colores es menos favorable que en el caso de las lámparas incandescentes.

Para que se produzca la descarga a través del gas se requiere de una cierta tensión mínima de encendido o cebado. Una vez que la lámpara ha arrancado, la liberación de electrones dentro del tubo es muy grande. Esta corriente inclusive podría llegar a alcanzar valores peligrosamente altos, si no se conectara en serie una bobina autoinductiva, a la cual se le denomina balastro, para limitar dicha corriente en un valor tal que la descarga a través del gas sea constante.

En todos los gases y sobre todo en los que se usan en las lámparas de descarga existen átomos neutros y algunas cargas eléctricas libres (electrones). Si en un tubo de descarga se aplica una diferencia de tensión al ánodo A(+) y al cátodo C(-), se creará entre A y C un campo eléctrico que acelerará los electrones y los precipitará al ánodo. Cuando el electrón alcanza una determinada velocidad posee energía cinética suficiente para excitar un átomo de gas. Si la velocidad del electrón al chocar con el átomo de gas es muy grande, el impacto provoca un desprendimiento de un electrón de la corteza atómica, con lo cual este queda con un electrón menos en su configuración, es decir, se obtiene un ion positivo. Este fenómeno se denomina ionización por choque. La cantidad de electrones libres aumentará gradualmente por lo que hay que tener la precaución de limitar esa corriente eléctrica mediante una resistencia o estabilizador.

Junto con los electrones libres o desprendidos, se encuentran también los iones positivos que se desplazan en sentido contrario al de los primeros, hacia el cátodo. No obstante, su baja velocidad impide que provoquen alguna excitación de las partículas gaseosas. Una vez que transcurre un corto período de tiempo, toman de nuevo un electrón a cambio de una emisión de energía.

Los espectros de líneas o colores de luz características de la lámpara serán en función del gas metálico empleado en el tubo de descarga. Así, por ejemplo, si el gas utilizado es el neón, el color de la luz será rojo-anaranjado, y si el vapor es de mercurio, blanco-azulado.

Todos estos fenómenos tienen lugar dentro del volumen comprendido entre los dos electrodos y que queda limitado por la pared del tubo de descarga. Este volumen forma una columna gaseosa de descarga. En ella se pueden distinguir distintas zonas; la mayor recibe el nombre de columna luminiscente positiva, y es donde realmente tiene lugar la producción de luz mediante la descarga.

Si la alimentación del tubo de descarga se hace con corriente alterna en vez de continua, los electrodos cambian periódicamente su función, actúan unas veces como ánodo y otras como cátodo, pero, por lo demás, el fenómeno de la producción luminosa sigue siendo el mismo

Las condiciones de la descarga eléctrica en el seno de una gas para la producción de luz dependen principalmente de la presión de gas a vapor que exista en el interior del tubo de descarga. Se distinguen tres tipos de descarga: a baja presión, a alta presión y a muy alta presión

Cuanto más elevada es la presión, las líneas espectrales se ensanchan formando bandas cada vez mayores, con lo cual mejora el espectro cromático, como ocurre con el espectro de las lámparas de sodio a alta presión respecto al de las de baja presión. Sin embargo, a presiones más altas se necesitan mayores tensiones de encendido.

#### 2.4.2.1. La Lámpara Fluorescente

La lámpara fluorescente es una fuente de descarga eléctrica que hace uso de la energía ultravioleta generada a una alta eficiencia por un vapor de mercurio en un gas inerte (argón, kriptón o neón) a baja presión para activar un revestimiento de material fluorescente (fósforo) depositado sobre la superficie interna de un tubo de vidrio. El fósforo simplemente actúa como transformador para convertir la luz ultravioleta invisible en luz visible.

Esencialmente la lámpara es un bulbo tubular revestido y evacuado que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas inerte. Un electrodo especialmente tratado denominado "cátodo caliente", va sellado en ambos extremos. En la figura 8 se muestra la forma en que se genera la luz visible es una lámpara fluorescente de cátodo caliente.

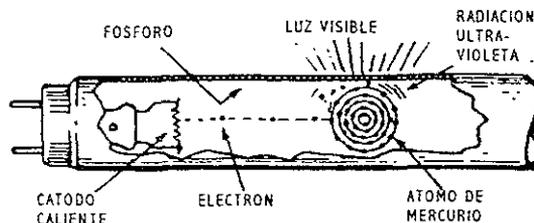


FIG. 8 FORMA EN LA QUE SE PRODUCE LA LUZ EN UNA LAMPARA FLUORESCENTE TÍPICA DE CÁTODO CALIENTE

Al encenderse inicialmente una lámpara fluorescente, el paso de la corriente eléctrica a través de los electrodos hace que estos se calienten y liberen electrones del material emisivo con el cual están revestidos. Además de los electrones liberados térmicamente, existen también electrones liberados por la diferencia de potencial entre los electrodos. Esos electrones viajan a altas velocidades, de un electrodo hacia otro,

estableciendo una descarga eléctrica o arco a través del vapor de mercurio. La lámpara se calienta rápidamente, aumentando la presión del vapor de mercurio al valor de máxima eficiencia.

Un arco de esa naturaleza, encerrado en un tubo de vidrio, tiene ciertas características que varían con la presión del gas y con el voltaje aplicado a los electrodos. La característica más importante es la producción de luz visible y ultravioleta. El choque entre los electrones de rápido movimiento desde los electrodos y los átomos de mercurio de su órbita. Esos electrones desplazados casi inmediatamente retornan a su lugar normal, liberando, por lo tanto, la energía que han absorbido, principalmente en forma de radiación ultravioleta a una longitud de onda de 253.7 nanómetros.

La radiación ultravioleta es convertida en luz visible por el fósforo, el cual tiene la propiedad de absorber la energía ultravioleta y de volverla a irradiar a longitudes de onda mayores que se puedan observar como luz visible. En otras palabras, el fósforo es excitado al punto de fluorescencia por la energía ultravioleta de la longitud de onda debida. El color de la luz producida depende de la composición química del revestimiento que va dentro del bulbo.

#### **2.4.2.1.1 Construcción de la Lámpara**

En la figura 9 se ilustran los componentes básicos de una lámpara típica fluorescente de cátodo caliente. Si bien existen muchos tamaños y diversas formas de lámparas fluorescentes, los tipos que más se usan tienen un bulbo tubular con un electrodo y una base en cada extremo. Adicional al mercurio, el bulbo tiene una pequeña cantidad de gas argón o de una mezcla de gases inertes y lleva un revestimiento de fósforo.

#### **Bulbos**

La forma y tamaño de una lámpara fluorescente se expresa mediante una clave que consiste en la letra "T" (designando la forma tubular del bulbo), la cual va seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. El diámetro puede variar desde T-5 (5/8") a T-17(2-1/8"). Esto para las lámparas fluorescentes convencionales.

#### **Fósforos**

La longitud de onda o el color de luz producida por una lámpara fluorescente, depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interior del tubo. Mediante la combinación en proporciones variantes de distintos fósforos, es posible producir una amplia variedad de colores. Los colores disponibles en la actualidad incluyen varias tonalidades de blanco, así como azul, verde, dorado, rosa y rojo. Otras lámparas fluorescentes están diseñadas con fósforos que generan los colores de la luz que son más estimulantes al crecimiento de las plantas. Además, hay otras que tienen en fósforo conocido como 360BL el cual produce una radiación casi

ultravioleta en la banda de luz negra para activar los materiales fluorescentes y fosforescentes.

### ***Electrodos***

El electrodo que va en cada uno de los extremos de las lámparas fluorescentes consisten generalmente es un alambre con revestimiento de tungsteno de doble o de triple enrollamiento espiral. Dicho revestimiento, por ser de un material emisivo (bario, estroncio, óxido de calcio), emite electrones cuando se calienta a una temperatura de operación alrededor de 950° C. A esa temperatura, los electrones se desprenden libremente con sólo una pequeña pérdida de potencia en cada uno de los cátodos. Este proceso se denomina "emisión termiónica" ya que el calor es más responsable por la emisión de electrones que el voltaje. A un electrodo de ese tipo se le llama "cátodo caliente" (suele llamarse también "cátodo incandescente"). Este tipo de cátodos reduce el voltaje de arranque necesario para establecer el arco.

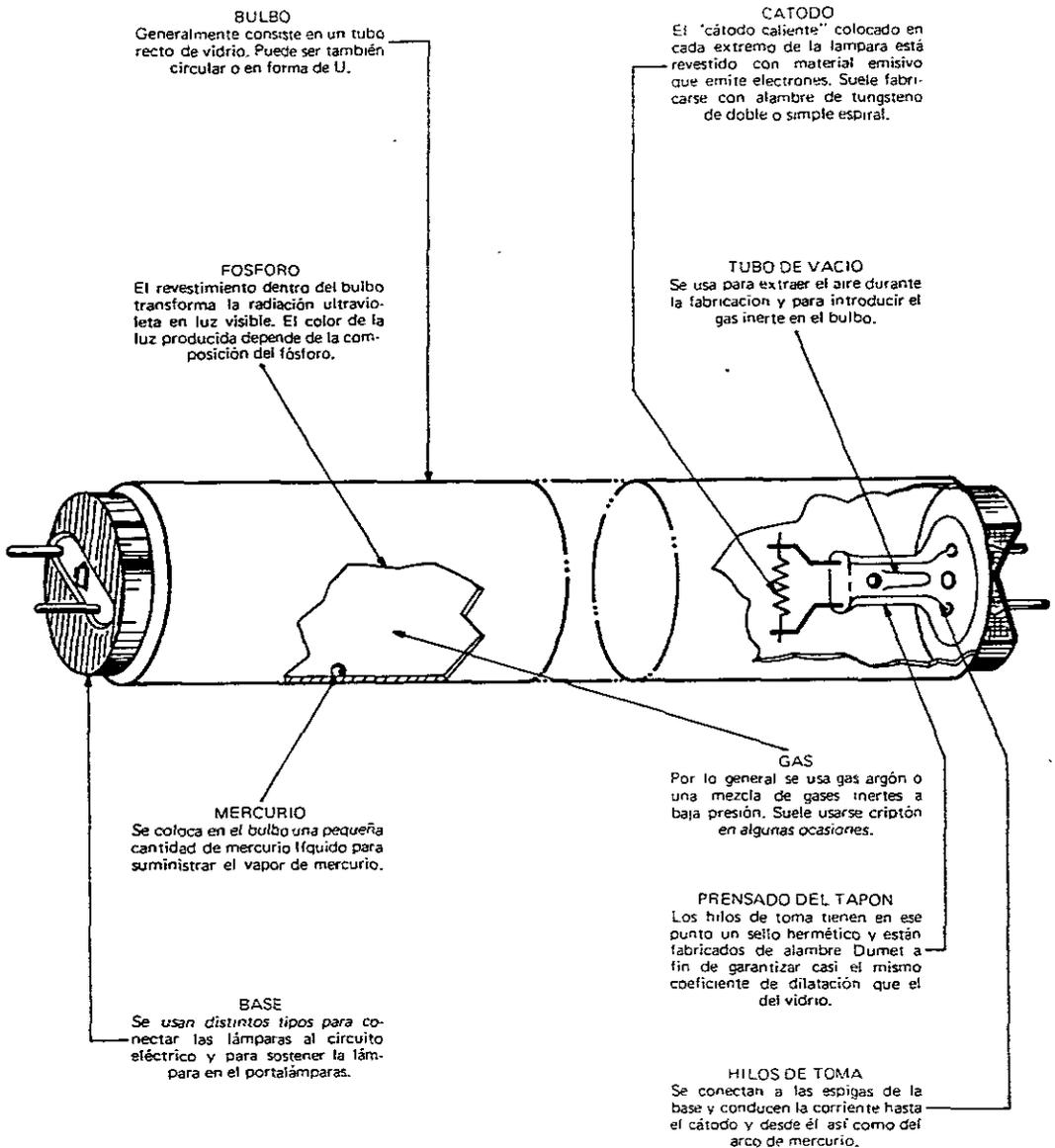


FIG. 9 ELEMENTOS BÁSICOS DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE TÍPICA DE CÁTODO CALIENTE

### Bases

En la figura 10 se muestran las bases que se usan en las lámparas fluorescentes. Para las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido, se necesitan cuatro contactos eléctricos dos en cada extremo de la lámpara. Ello se realiza, en la línea común y corriente de lámparas, usando una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tamaños: miniatura de dos espigas para los tubos de las lámparas T-5; mediana de dos espigas para los tubos T-8 y T-12; y mogul de dos espigas para los tubos T-17. En las lámparas circulares, los cátodos van conectados a una base de 4 espigas ubicada entre la unión de los dos extremos de la lámpara. Las lámparas fluorescentes de alta emisión lumínica, así como las de muy alta emisión lumínica, tienen bases embutidas de doble contacto. Las lámparas Slimline (de arranque instantáneo) requieren dos contactos eléctricos solamente, o sea uno en cada extremo de la lámpara y usan bases de una sola espiga.

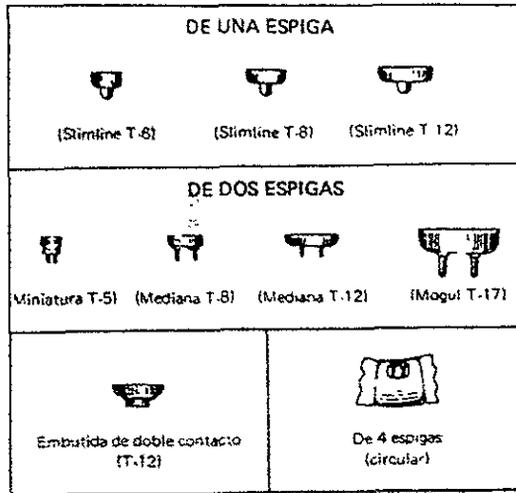


FIG.10 BASES PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES

### Eficacia

Una de las ventajas más importantes de las lámparas fluorescentes es su alta eficacia. Suelen compararse con las lámparas incandescentes en ese aspecto, pero la potencia de las primeras debe incluir las pérdidas del balastro para que la comparación resulte exacta. Las lámparas convencionales de dos espigas tienen eficacias (sin incluir las pérdidas del balastro) que fluctúan entre 21 y 81 lúmenes por watt, dependiendo del tamaño y color del bulbo. Las lámparas Slimline fluctúan entre 48 y 84 lúmenes por watt, las de alta emisión lumínica entre 45 y 75 lúmenes por watt. Para las lámparas del mismo color y tipo, la clasificación de lúmenes por watt es mayor para una lámpara larga que para una corta, ya que la energía consumida en los electrodos es igual, cualquiera que sea la longitud de la lámpara.

### ***Distribución de la energía***

Aproximadamente el 60 por ciento de la energía de entrada en una lámpara fluorescente tipo blanco-frío se convierte directamente en radiación ultravioleta; un 38 por ciento se convierte en calor y 2 por ciento en luz visible. El fósforo convierte alrededor del 21 por ciento de energía ultravioleta a luz visible, y el 39% restante en calor. La conversión del 23 por ciento de energía en luz visible para una lámpara fluorescente de 40 watts, es aproximadamente el doble del porcentaje de una lámpara incandescente de 300 watts, la cual convierte únicamente 11 por ciento de la energía de entrada en luz visible. La producción del 36 por ciento de infrarrojo se compara con 69 por ciento para una lámpara incandescente de 300 watts.

#### **2.4.2.1.2 Tipos de Lámparas Fluorescentes**

##### **Lámparas del Tipo Pre calentamiento**

Las primeras lámparas fluorescentes fueron presentadas en 1938, eran del tipo pre calentamiento y funcionaban con arrancadores separados. El arrancador suministra durante varios segundos un flujo de corriente a través de los cátodos para precalentarlos, este período es el tiempo que transcurre desde el encendido de la lámpara hasta que ésta emite luz. Los cátodos se precalientan para emitir electrones que ayuden a producir el arco de voltaje más bajo. El arrancador es generalmente del tipo automático el cual suministra corriente a los cátodos por un lapso suficiente a fin de calentarlos y luego se abre automáticamente para detener el flujo de corriente y causar que se conecte el voltaje total con un pico de voltaje inductivo a través de los dos cátodos, generando así el arco.

Todas las lámparas de pre calentamiento tienen bases con doble espiga. La abreviatura para ordenar las lámparas identifica el tipo, mediante la potencia, el diámetro del bulbo (en octavos de pulgada) y el color. Por ejemplo, la lámpara F20T12/CWX es de 20 watts, de 1-1/2" de diámetro, del tipo blanco-frío.

##### **Lámparas slimline (de arranque instantáneo)**

Las lámparas Slimline (de arranque instantáneo) hicieron su aparición en el año de 1944. Con el propósito principal de eliminar el arranque lento que se venía experimentando con las lámparas de tipo pre calentamiento. Las lámparas Slimline trabajan sin necesidad de arrancadores ya que el balastro suministra un voltaje lo suficientemente alto como para producir el arco en forma instantánea, simplificando así el sistema de alumbrado y el mantenimiento correctivo. Dado que los cátodos de las lámparas Slimline no necesitan calentamiento previo se requieren bases con una sola espiga a cada extremo de la lámpara.

Las lámparas de arranque instantáneo con bases de doble espiga se pueden identificar mediante las letras IS al final de la abreviatura para hacer el pedido. Por ejemplo, la F40T12/D/IS corresponde a una lámpara fluorescente de arranque instantáneo, luz de día, de 40 watts.

### ***Lámparas de arranque rápido***

Las lámparas de arranque rápido que fueron lanzadas al mercado en el año de 1952, arrancan con suavidad y rapidez sin necesidad de arrancadores. En realidad arrancan tan rápidamente como lo hacen las de tipo Slimline, y por lo tanto, en un periodo de tiempo mucho más corto que las lámparas de precalentamiento, usando balastos más eficientes y más pequeños que los balastos de arranque instantáneo. Dependen del calentamiento del cátodo, suministrado por los devanados de calentamiento en el balastro para reducir el voltaje de arranque necesario por debajo del exigido por las lámparas Slimline del mismo tamaño.

Debido a la popularidad de la lámpara de 40 watts con bulbo T-12, la abreviatura que se usa para ordenarlas se simplifica omitiendo el tamaño del bulbo. Por ejemplo, la descripción F40N significa que se trata de una lámpara de 40 watts, de 1-1/2" de diámetro, tipo arranque rápido con acabado natural.

### ***Lámpara de alta emisión y de arranque rápido***

Las lámparas del tipo Slimline, de precalentamiento y arranque rápido fabricado con bulbo T-12, trabajan generalmente a una densidad de 10 watts por pie con una corriente de 430 mA. Las lámparas de alta emisión para uso en interiores, generalmente funcionan a 800 mA, con una carga de 14 watts por pie aproximadamente. A 800 mA, las lámparas suministran aproximadamente 45 por ciento más de lúmenes que las del tipo Slimline de tamaño comparable. Para emplearlas a la intemperie, es decir, para el alumbrado de calles o reflectores, las lámparas de alta emisión casi siempre trabajan a 1 000 mA para suministrar una alta emisión lumínica a temperaturas más frías.

Las abreviaturas para ordenarlas, indican la longitud de la lámpara, el diámetro del bulbo y el color, pero llevan el sufijo "HO" (que significa "high output", o sea emisión alta), por ejemplo, F60T12/DSGN/HO se usa para la de 60 pulgadas, 1-1/2" de diámetro, diseño blanco, de alta emisión.

### ***Lámparas de muy alta emisión y de arranque rápido***

Las lámparas de muy alta emisión (VHO) trabajan a 1 500 mA y aproximadamente a 25 watts por pie de longitud del bulbo. Cuando la corriente de las lámparas fluorescentes excede del nivel de 1 amper, los watts por pie de las lámparas se vuelven muy elevados como para crear un problema de calentamiento que requiere mucho ingenio en el diseño para su debido control. El calor resultante de 1 500 mA en un bulbo T-12, si se deja sin control, puede hacer que la temperatura de vapor de mercurio se incremente demasiado denso como resultado un aumento de presión la cual reduciría la eficacia de la lámpara. El funcionamiento más eficiente se obtiene con una presión de vapor de mercurio de 6 a 10 micrones (una millonésima de metro) aproximadamente, la cual es la presión del vapor de mercurio entre 40 °C y 45 °C. Esta variación de temperatura se puede obtener en las lámparas de muy alta emisión (VHO) empleando blindajes reflectores metálicos circulares montados entre los electrodos y los extremos de las lámparas. Dichos blindajes interrumpen las corrientes de conexión

en el gas conectado cerca de los cátodos, con el objeto de obtener las temperaturas adecuadas en los extremos de las lámparas detrás de los cátodos. Esto, en efecto, produce un "centro de control de presión" como se indica en la figura 5-A, el cual funciona en la región deseada de 40° establecida para las condiciones de capacidad de funcionamiento de las lámparas. El mercurio excedente se condensa en el centro de control y se mantiene la presión de vapor de mercurio óptima a través del tubo. En las lámparas de muy alta emisión (VHO) también se usa una mezcla de gases raros para proporcionarle al cátodo mayor duración y lograr mayor mantenimiento de lúmenes en el tubo convencional T-12.

Todas las lámparas de muy alta emisión tienen bases embutidas, de doble contacto. Varían en potencia desde 110 hasta 215 watts y en longitud desde 48" hasta 96". Las abreviaturas son iguales a las de las lámparas de alta emisión (HO) ya descritas, con excepción del sufijo VHO en lugar de HO.

#### ***Lámparas fluorescentes compactas.***

La nueva tecnología de fósforo activado ha permitido el desarrollo de una creciente variedad de lámparas multitubo de término sencillo, conocidas como lámparas fluorescentes compactas. Estas lámparas fueron originalmente diseñadas para ser intercambiables con las lámparas incandescentes convencionales de 25 - 100 W, pero ahora este tipo de lámparas incluye tamaños y colores para remplazar a las lámparas fluorescentes normales por pequeñas luminarias.

Los tubos T-4 (13 mm) y T-5 (16 mm) son usados en las lámparas fluorescentes compactas. Usando un diseño cuadrado la salida de lúmenes es incrementada sin aumentar el tamaño. La porción de tubo de la lámpara es alguna veces encerrada en una envoltura cilíndrica o esférica de vidrio o plástico. Algunas lámparas contienen el arrancador de la misma, mientras otras contienen el arrancador y el balastro al mismo tiempo con una base para adaptarse a un socket de lámpara incandescente, mientras otros diseños usan bases especiales de tipo "in" para lámparas de particular wattaje. Debido a la alta densidad de potencia de estas lámparas, son usados extensamente fósforos de gran desempeño, a fin de mejorar la brillantez, mantenimiento y rendimiento de color.

#### ***Lámparas fluorescentes ahorradoras de energía.***

En respuesta a las crisis de energía de los años 70's, las compañías constructoras de lámparas introdujeron las lámparas T-12 rellenas con una mezcla de gas de argón y Kriptón, en lugar de argón solamente. Las lámparas de 4 ft pueden operar adecuadamente con una balastro diseñada para lámparas de 4-ft 40-w, pero debido a las diferente mezcla de gases, estas disipan alrededor de 34 W por lámpara.

### 2.4.2.1.3 *Funcionamiento de los circuitos de las lámparas fluorescentes*

#### **Introducción**

Las lámpara fluorescentes en común con todas las de descarga, deben trabajar con la ayuda de un accesorio denominado *balastro* cuya función es limitar la corriente y a la vez suministrar el voltaje de arranque necesario. A medida que la corriente en el arco aumenta, la resistencia del mismo disminuye. En esta forma, el arco de una lámpara fluorescente prácticamente "se escaparía por sí mismo" y consumiría tanta corriente que podría destruir la lámpara si no estuviera limitada. La función más importante que desempeña un balastro es la de limitar la corriente, ya se trate de una bobina de reactancia, de un capacitor o de una resistencia. Todas las lámparas fluorescentes requieren de un balastro que esta diseñado especialmente por sus características eléctricas, el tipo de circuito en el que va a trabajar, el voltaje y frecuencia de la fuente de alimentación.

#### **Balastos**

Como se expuso anteriormente, la función primordial de un balastro es regular la corriente en una lámpara fluorescente, suministrar el voltaje adecuado para arrancar la lámpara y además suministrar bajo voltaje para calentar los cátodos continuamente. Si bien las lámparas fluorescentes pueden tener como balastro una inductancia, capacitancia o resistencia, la más práctica y más ampliamente utilizada de la tres es la inductancia. En la mayoría de los casos, el balastro de las lámparas fluorescentes lleva un dispositivo inductivo, como por ejemplo una bobina de reactancia o un autotransformador para regular la corriente. Suele utilizarse también la combinación de una bobina inductiva y un capacitor..

Todos los reactores producen un sonido inherente, descrito comúnmente como un "zumbido". Este último varía según el tipo de balastro que se use: desde un sonido imperceptible hasta un ruido perceptible. la mayoría de los fabricantes de balastos catalogan el sonido de éstos mediante las letras "A" hasta "F". Los de categoría "A" casi no tienen ningún zumbido y se usan en zonas silenciosas. El zumbido más fuerte lo producen los de la clase "F", que se utilizan satisfactoriamente para el alumbrado de calles, fabricas, etc.

Debido a las pérdidas internas del balastro, cuando se requiera conocer la potencia total del equipo o bien, de la instalación, la potencia que se pierde del balastro deberá de agregarse al nominal de la lámpara.

#### **Reactores de la clase "P"**

Los reactores de la clase "P" están provistos de un protector térmico para cumplir con los requisitos establecidos por "Under-writers' Laboratories". Se trata de un dispositivo tipo reposición automática (termoestático), cuya función es la de desconectar el balastro del circuito cuando la temperatura de la cubierta del mismo llega a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por un lapso de tiempo bajo condiciones anormales. Ya enfriado

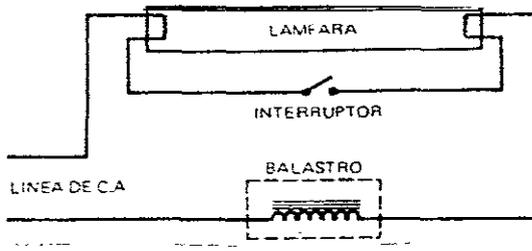
el balastro, el protector de reposición se vuelve a cerrar y la lámpara se enciende de nuevo.

Existen tres tipos generales de circuitos de funcionamiento para las lámparas fluorescentes, a saber: de precalentamiento, de arranque instantáneo y de arranque rápido.

### ***Circuitos de Precalentamiento***

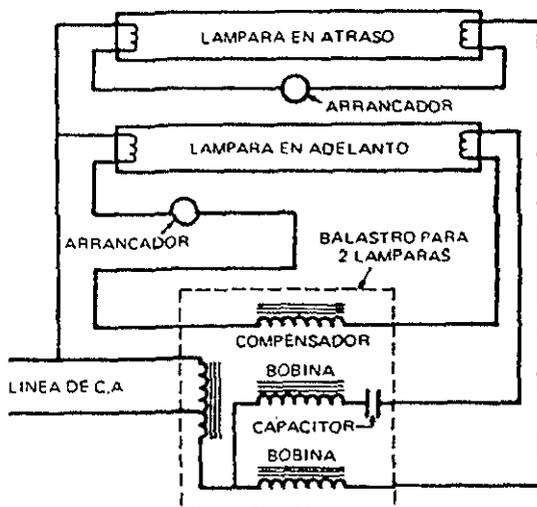
En la figura 11 se ilustra un circuito simple del tipo precalentamiento. Cuando el interruptor se cierra, se completa el circuito y la corriente de calentamiento fluye por los cátodos instalados en cada uno de los extremos de la lámpara. Después de un tiempo de precalentamiento (generalmente como un segundo), se abre el circuito; este aplica un voltaje a través de la lámpara y causa que el arco se establezca entre los cátodos.

Generalmente el interruptor es automático y se denomina arrancador.



**FIG. 11 CIRCUITO SIMPLE DE PRECALENTAMIENTO**

El balastro de tipo atraso-adelanto (figura 12) para una lámpara tiene una bobina de reactancia conectada en serie con el mismo, la cual hace que la corriente se atrase. La otra lámpara funciona en serie con una bobina de reactancia y un condensador, proporcionándole a la lámpara una corriente en adelanto. Este tipo de balastro proporciona un alto factor de potencia (sobre 90%) y reduce al mínimo el efecto estroboscópico. Puesto que las lámparas funcionan fuera de fase entre sí, las variaciones en la emisión luminosa no ocurren simultáneamente, con lo cual se reduce el efecto estroboscópico.



**FIG. 12 DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE UNA BALASTRO PARA DOS LÁMPARAS DE PRECALENTAMIENTO EN ADELANTO - ATRASO**

### **ARRANCADORES**

La función principal de un arrancador es la de cerrar el circuito de arranque de una lámpara de precalentamiento mientras el cátodo se calienta y después la de abrir el circuito para hacer arrancar la lámpara. Si el arco no se forma, el arrancador continúa en su intento hasta hacer arrancar la lámpara.

### **ARRANCADOR TÉRMICO**

En la figura 13 se muestra un arrancador térmico que consiste en las siguientes partes básicas: 1) un calentador; 2) un material bimetálico que puede hacer contacto ya sea con un elemento 3) o el 4) indistintamente. Al cambiar la temperatura del elemento bimetálico hará que éste se mueva ya sea al pasar una corriente por ella o al ser afectada por el calentador. El calor hace mover el arrancador térmico a la posición de abierto, haciendo que arranque la lámpara. Ya con la lámpara operando normalmente, una pequeña cantidad de corriente continúa pasando por el calentador, pero la energía consumida es de sólo un watt. Los arrancadores tipo térmico se recomiendan para funcionamiento con corriente continua y para arranque con baja temperatura.

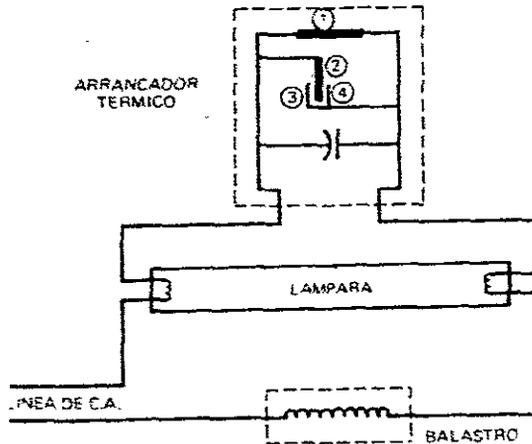


FIG. 13 ARRANCADOR TÉRMICO Y CIRCUITO DE LA LAMPARA

### CIRCUITO DE ARRANQUE INSTANTÁNEO

Si se aplica suficiente voltaje a través de una lámpara fluorescente se formará el arco sin necesidad de calentamiento previo de los cátodos. Puesto que no se requiere ningún período de precalentamiento, a un circuito que tiene tan alto voltaje se le conoce como *circuito de arranque instantáneo*. Debido a que no se necesita un circuito de precalentamiento, las lámparas Slimline (de arranque instantáneo) llevan una base con una sola espiga en cada extremo.

Con las lámparas de arranque instantáneo se usa un circuito de seguridad. Para evitar peligro de un choque eléctrico, la espiga de la base actúa como si fuera un interruptor para desconectar el circuito del balastro al quitar la lámpara, como se muestra en la figura 14.

Para colocar una lámpara en el portalámparas, hay que empujarla primero en el resorte del portalámparas en el extremo de alto voltaje, insertándola después en el portalámparas rígido en el extremo de bajo voltaje. Ambas lámparas deberán estar en su lugar para cerrar el circuito y permitir el flujo de la corriente por el devanado primario del balastro.

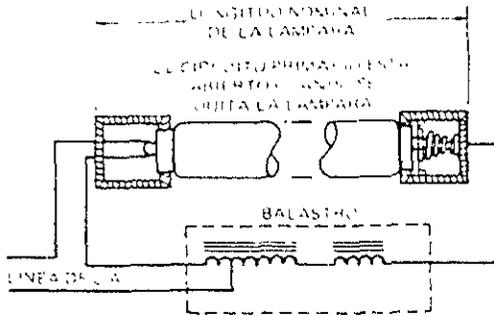


FIG. 14 LÁMPARAS SLIMLINE (DE ARRANQUE INSTANTÁNEO), PORTALÁMPARAS Y CIRCUITO

### CIRCUITOS DE ARRANQUE RÁPIDO

Los balastos para los circuitos de arranque rápido tienen devanados separados para suministrar voltaje de calentamiento continuo para los cátodos de las lámparas. según se muestra en la figura 15. A diferencia de la lámpara de precalentamiento que carece de circuito calefactor de cátodo después de la formación de cátodo, el circuito de arranque rápido suministra una pequeña corriente de calentamiento aun cuando la lámpara se encuentre operando. En condiciones normales, el balastro de arranque rápido hará que arranque la lámpara en menos de un segundo

Los balastos de arranque rápido para dos lámparas las arrancan en secuencia y luego las hacen funcionar en serie. Después de que se conecta el circuito, la primera operación consiste en el calentamiento de los cátodos para ayudar en el arranque de las lámparas, reduciendo las exigencias de voltaje de arranque. El capacitor en paralelo a través de la lámpara número dos, ayuda a que arranque la lámpara número uno, primero conectando momentáneamente casi todo el voltaje secundario del balastro a través de la lámpara número uno. Como la caída de tensión a través de esta lámpara después de arrancar es muy baja, prácticamente toda la tensión del balastro queda disponible para arrancar la lámpara número dos.

Entonces las dos lámparas funcionan en serie incrementando la corriente rápidamente hasta lograr el funcionamiento estable a la corriente de régimen. Es indispensable mantener el calentamiento del cátodo durante el funcionamiento de la lámpara para garantizar la vida normal de la lámparas.

Para garantizar el arranque seguro, es importante que las lámparas que trabajan con balastos de arranque rápido se monten a una distancia de una pulgada de un elemento metálico eléctricamente conectado a tierra a lo largo de la lámpara en caso de alta emisión (HO) y de muy alta emisión (VHO) y a media pulgada de las lámparas

por debajo de 500 mA. En la mayoría de los casos, el reflector o el canal de alambado sirve para este propósito.

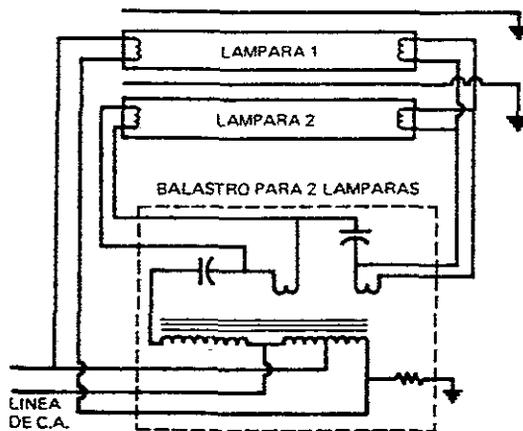


FIG. 15 CIRCUITO TÍPICO DE ARRANQUE RÁPIDO DE UN REACTOR DE SECUENCIA EN SERIE PARA DOS LÁMPARAS

#### 2.4.2.1.4 *Mantenimiento de los lúmenes*

Puesto que la intensidad lumínica de las lámparas fluorescentes disminuye con mayor rapidez durante las primeras cien horas de vida que después de pasado ese período, el valor publicado de "lúmenes iniciales" constituye la cantidad medida después de las cien horas de encendido y su depreciación lumínica puede llegar a ser hasta del 10 %. No obstante, dicha disminución es mucho más gradual durante el resto de la vida de la lámpara. Las dos causas principales de esta depreciación en cuestión la constituyen: 1) la deterioración gradual del revestimiento de fósforo, y 2) el ennegrecimiento de la superficie interior del bulbo producido por el material emisor en los cátodos, particularmente en los extremos de la lámpara. Las lámparas de menor diámetro, con bulbos tipo T-5, T-6 y T-8, acusan un mayor ennegrecimiento en los extremos debido a que los cátodos están más cerca de las paredes del bulbo. El mantenimiento de los lúmenes no es afectado en forma apreciable por el número de horas de encendido por arranque.

El mantenimiento de lúmenes es mejor en las lámparas regulares Slimline y de arranque rápido con bulbo T-12 que con las de alta emisión lumínica y las de muy alta emisión lumínica. Asimismo, algunos fósforos tienen mejor mantenimiento que otros.

#### 2.4.2.1.5 *Efectos de la temperatura*

El rendimiento lumínico de las lámparas fluorescentes varía en forma considerable con la temperatura de la pared del bulbo. La temperatura afecta la presión del vapor de mercurio, la cual depende del punto más frío existente en la pared del bulbo. Las variaciones en la presión del vapor de mercurio cambian la emisión lumínica de la lámpara. Puesto que los cambios producidos en la temperatura ambiente van acompañados de cambios similares en la temperatura de la pared del bulbo, la emisión lumínica se ve afectada por las variaciones en la temperatura ambiente.

Los valores nominales se miden a una temperatura normal ambiente de 25°C.

Cuando las lámparas fluorescentes se usan a la intemperie, el arranque puede representar un problema a bajas temperaturas y en consecuencia, se necesitará un voltaje de arranque más alto. Con balastos regulares se pueden arrancar algunas lámparas en forma relativamente segura a temperaturas de 50 °F. Existen balastos diseñados para operar a bajas temperaturas para utilizarse con ciertos tipos de lámparas a temperaturas tan bajas como 0 °F o de -20 °F.

#### **2.4.2.1.6 Vida de la Lámpara**

En comparación con la lámpara incandescente, la lámpara fluorescente tiene una larga vida promedio, pero la forma de la curva de caducidad es muy parecida. Debido a las ligeras variaciones en la construcción de las lámparas y de los materiales empleados, sería imposible lograr que la lámpara funcionara por el tiempo exacto para el cual fue diseñada. Por tal razón las horas de vida normales de las lámparas se toman en base al promedio de duración de un grupo considerable de lámparas funcionando en condiciones controladas de laboratorio. Las horas de vida promedio se calculan en base al punto en el cual aproximadamente el 50% de las lámparas en un grupo considerable quedan fuera de operación y el 50% restante sigue operando, según se detalla en la curva de caducidad.

Durante el ciclo de arranque y el período de funcionamiento de una lámpara fluorescente, el material emisivo es expulsado de los cátodos. El final de la vida se alcanza cuando no queda material emisivo suficiente en ninguno de los cátodos para formar el arco.

#### **2.4.2.1.7 Efecto que tienen los Periodos de Encendido sobre la Vida de las Lámparas**

En virtud de que las cifras publicadas sobre la vida promedio nominal de las lámparas se basan generalmente en un ciclo de encendido de tres horas, los cálculos tienen que reflejar los efectos tanto de los períodos de encendido como de arranque. Por lo tanto, cualquier cambio en las horas de encendido por ciclo se reflejarán en las horas de vida en servicio. Los ciclos de encendido más cortos (arranques más frecuentes) reducen las horas de vida, mientras los ciclos de encendido mayores (arranques menos frecuentes) las aumentan. En la figura 16 se muestran las curvas

típicas de caducidad para las lámparas de arranque rápido de 40 watts a diferentes ciclos de encendido.

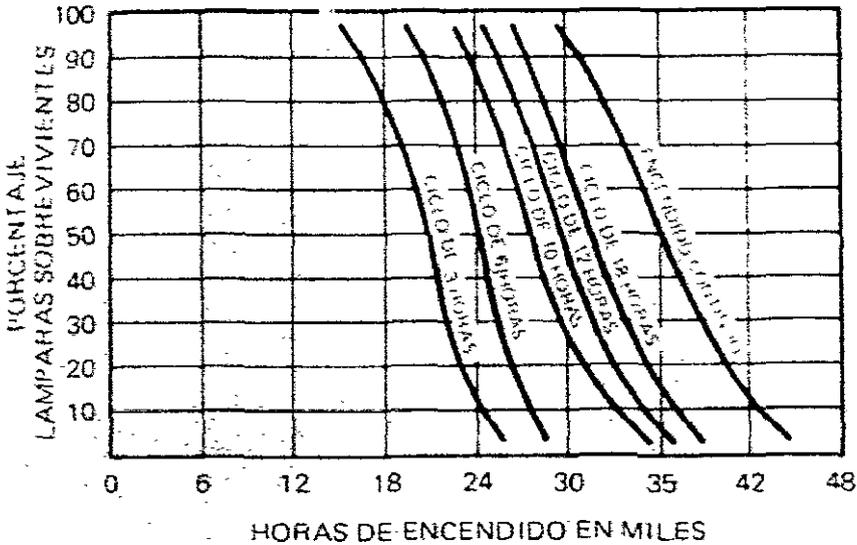


FIG. 16 CURVAS TÍPICAS DE CADUCIDAD EN FUNCIÓN DE CICLOS DE ENCENDIDO PARA LAS LÁMPARAS DE ARRANQUE RÁPIDO DE 40 WATTS CON DURACIÓN NOMINAL DE 20 000 HORAS

## 2.4.2.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

### 2.4.2.2.1 Teoría de Funcionamiento

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

El circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio típica se muestra en la figura 17. Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular, para ajustar el voltaje

de distribución del circuito de alumbrado al voltaje que se requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento. Este control de la corriente es necesario debido a que la lámpara de vapor de mercurio, como todas las fuentes de luz de descarga, tienen la característica de "resistencia negativa". Una vez encendida, el arco se "desboca" tomando excesiva corriente la cual destruiría la lámpara si no se controla por medio de un balastro.

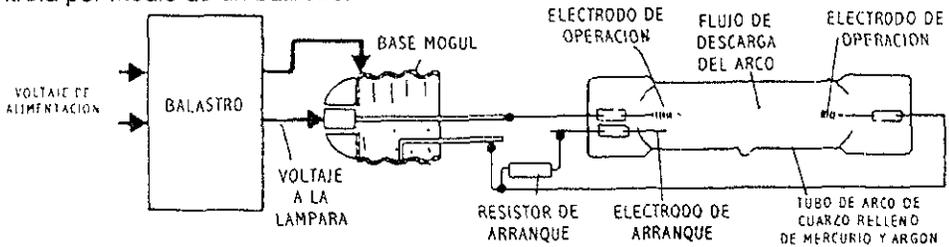


FIG. 17 CIRCUITO DE UNA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo del arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque.

Lo anterior ioniza el gas argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque. Cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio, distribuidos ambos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga entre los electrodos de operación. Esto vaporiza más mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable.

Después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que el potencial, a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose, en esta forma el flujo de descarga entre los electrodos de operación. Los iones y electrones que componen el flujo de corriente (o "descarga del arco"), se ponen en movimiento a velocidades fantásticas a lo largo del trayecto existente entre los dos electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco.

El impacto producido por los electrones y por los iones que viajan a enorme velocidad por el gas o vapor circundante, cambian ligeramente su estructura atómica. La luz se produce de la energía emitida por los átomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.

#### 2.4.2.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA LAMPARA

En la figura 18 se muestra las partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio. A pesar de que existen muchos tamaños y formas, los tipos más comúnmente usados están contruidos a base de dos bulbos (bombillas), uno exterior, a manera de cubierta y otro interior, que es el "tubo de arco".

El tubo de arco fabricado con cuarzo contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

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

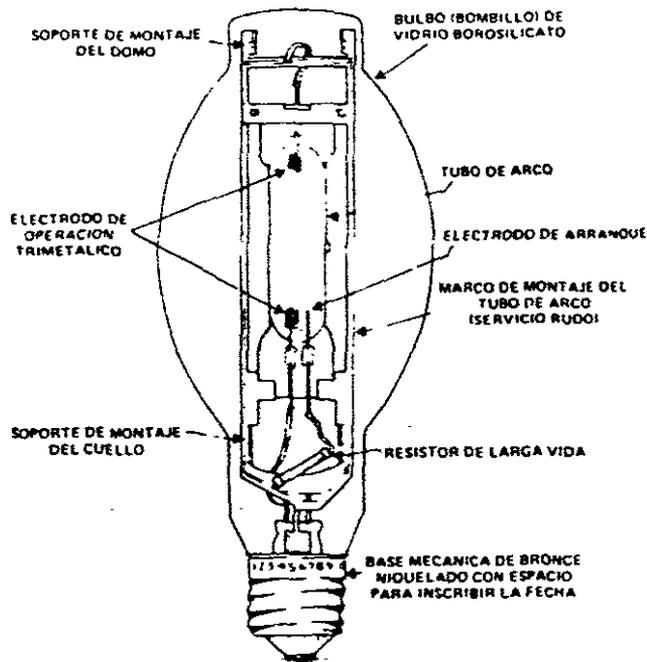


FIG. 18 PARTES BÁSICAS DE LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

Las lámparas de vapor de mercurio están dotadas de un marco de montaje para el tubo de arco, construido de una sola pieza (uso rudo). El tubo de arco se encuentra firmemente sostenido y colocado correctamente por medio de soportes de resorte espaciadores.

La construcción de los electrodos de operación es trimetálica, lo cual garantiza una alta emisión de electrones y un óptimo mantenimiento lumínico. El electrodo consta de un vástago de tungsteno que sirve de base a una bobina de tungsteno enrollada, que contiene (entre su devanado) un compuesto emisor de óxidos trimetálicos. Esta protegida por una bobina de tungsteno roscada.

El bulbo exterior, fabricado de vidrio borosilicato (duro) con base mecánica de bronce niquelado, ofrece la facilidad para poder grabar la fecha en que fue instalada la lámpara. En algunas lámparas de vapor de mercurio, la superficie interna del bulbo externo lleva un revestimiento de fósforo, a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco en luz visible, predominantemente en la región roja del espectro.

#### **2.4.2.2.3 Características de Iluminación de las Lámparas de Vapor de Mercurio**

##### **Eficacia**

Una importante ventaja de las lámparas de vapor de mercurio es su gran emisión luminosa. La eficacia inicial (a las 100 horas de operación) varía de 30 a 63 lúmenes por watt (dependiendo de la potencia y acabado de la lámpara). Esto no incluye las pérdidas del balastro, que se deben sumar a los watts de la lámpara al hacer comparaciones con otras fuentes de luz.

##### **Distribución de la Energía Espectral**

El espectro de la lámpara de vapor de mercurio contiene líneas fuertemente marcadas en las regiones ultravioleta y visible. La presión que existe en el tubo de arco, influye fuertemente en la distribución de energía espectral, característica de la lámpara de vapor de mercurio. La distribución de energía espectral varía considerablemente con la presión a que trabaja el tubo de arco. Las lámparas de vapor de mercurio de descarga de alta intensidad lumínica (H.I.D.) comunes y corrientes, operan con presiones que varían de una a diez atmósferas. A dichas presiones el espectro del mercurio consiste principalmente de cuatro líneas cuyas longitudes de onda en el espectro visible son: 404.7, 435.8, 546.1 y 578.0 nanómetros; y dos en la región ultravioleta: 334.2 y 365.0 nanómetros. El tubo de arco, construido de cuarzo, transmite todas las longitudes de onda, pero el bulbo exterior corta casi todas las longitudes de onda menores a 300 nanómetros, dejando pasar exclusivamente la luz espectro ultravioleta-cercano y la luz visible.

La lámpara de vapor de mercurio de bulbo claro, produce una luz de color blanco azulado, en la cual no existe prácticamente radiación roja. Debido a las fuertes líneas azules, verdes y amarillas, estos colores en los objetos se realzan notablemente; sin embargo, la falta de color rojo hace que el anaranjado y el rojo se aprecien parduscos.

El revestimiento de fósforo aplicado en la superficie interior del bulbo exterior, mejora enormemente el color de la luz al convertir parte de la energía ultravioleta en

luz visible, de forma similar a las lámparas fluorescentes. Estos fósforos no solamente mejoran el rendimiento de color, sino también aumentan en algunos casos la producción de lúmenes.

#### **2.4.2.2.4 Tipo de Lámparas de Vapor de Mercurio**

Las lámparas de vapor de mercurio de uso general, varían en potencias desde 40 a 1 000 watts. Las más usadas son de 400 y 1 000 watts de potencia. No obstante que las distintas potencias eléctricas de las lámparas de vapor de mercurio no pueden separarse estrictamente de acuerdo a sus aplicaciones específicas, se pueden agrupar por wattajes y usos comunes.

#### **40 - 100 Watts ( Base Media, Bulbos Tipo A-23, B-21)**

Estos tipo son compactos, aproximadamente del mismo tamaño que una lámpara incandescente de 150 watts de potencia de tipo ordinario; produciendo hasta dos veces y media más luz que las incandescentes de la misma potencia. Resultan ideales para iluminación de patios, instalaciones para remolques, áreas de estacionamiento, entradas de edificios y usos residenciales.

#### **100, 175 y 250 Watts (Base Mogul, Bulbos BT-25 y BT-28)**

Este tipo de lámparas de baja potencia se usan principalmente para iluminación general de locales cuya altura de montaje es baja, en zonas residenciales e industriales y en calles secundarias. Cuando se usan como luz negra en los teatros, cabarets u otros sitios similares, se les colocan filtros a las lámparas claras, las cuales se ofrecen en varios tipos con revestimiento de fósforo.

#### **400 Watts (Base Mogul, Bulbo BT-37)**

Es la más conocida entre las lámparas de vapor de mercurio. Se usa comúnmente para el alumbrado de calles en zonas comerciales y áreas intermedias, iluminación industrial para locales de amplia o mediana altura de montaje y para iluminar áreas de estacionamiento. Se encuentran disponibles tanto en acabado claro como en otros tipos de acabado (revestimiento de fósforo).

#### **700 y 1000 Watts (Base Mogul, Bulbos Tipo BT-46 y BT-56)**

La lámpara de vapor de mercurio de 1000 watts se usa con mayor frecuencia que la de 700 watts. Entre sus múltiples aplicaciones se pueden mencionar: iluminación de avenidas e mucho tráfico, locales industriales, cuya altura de montaje es elevada y para iluminación de áreas de estacionamiento. Se encuentra disponible en acabado claro y otros tipos.

#### **Lámparas de Luz Mixta (Lámparas Mezcladoras)**

Las lámparas de luz mixta con balastro (resistencial) incorporada, se producen en distintas potencias y formas de bulbo. Estas lámparas se diseñan para operar en circuitos de 120 ó 220-440 volts, sin balastro exterior requerido por las lámparas de vapor de mercurio regulares. En este tipo de lámparas la función del balastro es substituida por un filamento de tungsteno operando en serie, con el tubo de arco que controla la corriente y el voltaje requerido por la lámpara. Las lámparas de luz mixta

son mucho menos eficientes y de menor duración que las de vapor de mercurio que funcionan con el balastro separado, ello debido a la baja eficiencia del filamento de tungsteno.

### **Lámpara de Sol Rs**

La lámpara de Sol RS es de vapor de mercurio con resistencia propia de 275 watts, construida en bulbo R-40 con un reflector interconstruido que provee la radiación ultravioleta, bronceando como si fuera el mismo sol. El bulbo de vidrio VYCOR transmite la energía ultravioleta eritérmica, generada por el arco de mercurio, el cual es controlado por un interruptor de arranque automático y un filamento de tungsteno que actúa como balastro. El consumo de energía del arco y filamentos combinados es de 275 watts, pudiéndose usar la lámpara directamente en cualquier circuito de 110-130 watts, 50-60 ciclos de corriente alterna. Se requiere de un período de dos minutos, aproximadamente para lograr el máximo rendimiento de energía ultravioleta y, aproximadamente tres minutos para el reencendido cuando se interrumpe el arco. La vida promedio de la lámpara de Sol es de 1 200 aplicaciones.

#### **2.4.2.2.5 Características de operación de la lámpara de Vapor de Mercurio**

##### **Vida de la lámpara**

Una de las características sobresalientes de las lámparas de vapor de mercurio es su larga vida. Casi todas estas lámparas usadas en alumbrado general de 100 a 1000 watts tienen una vida promedio de por lo menos 24 000 horas. Las lámparas de base mediana de 40, 75 y 100 watts, tienen una vida promedio de 16 000 horas. Las lámparas A-23 tienen una vida promedio también de 16 000 horas.

La duración real en servicio depende en gran parte de las condiciones de operación (siempre será mayor cuando el ciclo de encendidos es continuo que en ciclos intermitentes). La vida de la lámpara también es afectada por diversas condiciones de funcionamiento, tales como la temperatura ambiental excesivamente alta, el voltaje de línea y el diseño del balastro.

##### **Mantenimiento de lúmenes**

La emisión lumínica de las lámparas de vapor de mercurio disminuye gradualmente en el transcurso de sus horas de vida, principalmente como resultado del depósito de materiales de emisión (incluyendo el tungsteno) de los electrodos en las paredes del tubo de arco.

El nivel lumínico de las lámparas de vapor de mercurio se considera a las 100 horas de operación debido, en gran parte a la "limpieza" de impurezas, efectuada durante ese lapso. Después de este período las lámparas tienden a estabilizarse en sus características de operación y la disminución lumínica será más gradual.

##### **Arranque y calentamiento**

Durante un período de arranque y calentamiento de las lámparas de vapor de mercurio existen variaciones de los volts de la lámpara, la corriente de la lámpara, de los watts, así como de la producción . Tanto la amplitud como el tiempo de estas variaciones dependen de varios factores, tales como tipo de lámpara, tipo de balastro, voltaje de alimentación, tipo de luminaria (abierta o cerrada); temperatura ambiente y velocidad de viento. Los valores nominales de operación se logran después de un período de calentamiento de 4 o 5 minutos.

### 2.4.3 LÁMPARAS METALARC (*Aditivos metálicos*)

#### 2.4.3.1 Teoría de funcionamiento

La lámpara Metalarc corresponde a la familia de las lámparas de Alta Intensidad de descarga (H I D.) y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficiencia, vida razonable económica, excepcional rendimiento de color y un buen mantenimiento de lúmenes. Físicamente, la lámpara Metalarc es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones exteriores correspondientes a una lámpara de Vapor de Mercurio de la misma potencia. Internamente, difieren considerablemente de estas últimas. La construcción de una lámpara Metalarc se muestra en la figura 19.

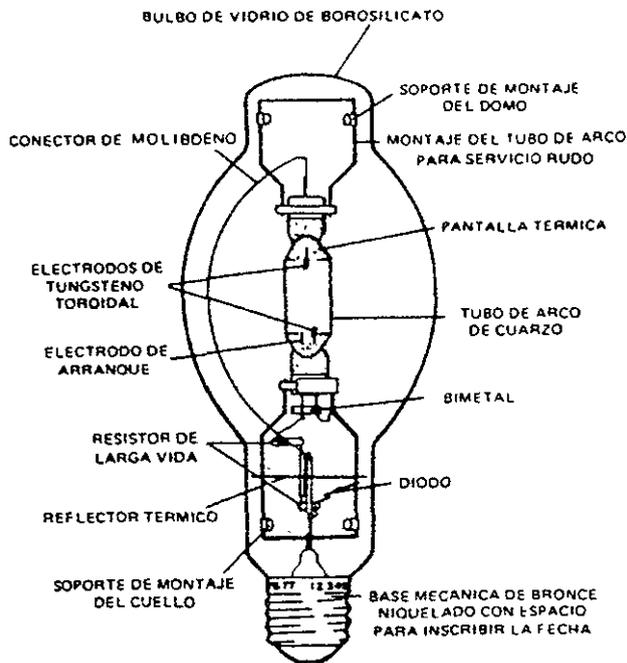


FIG. 19 CONSTRUCCIÓN DE LA LAMPARA METALARC DE 400 WATTS BASE ARRIBA

#### 2.4.3.2 Construcción de la lámpara de Aditivos Metálicos

La lámpara Metalarc tiene un tubo de descarga, de cuarzo, ligeramente menor que el correspondiente a una lámpara de Vapor de Mercurio de la misma potencia. El tubo de arco contiene gas argón y mercurio más yoduros de torio, sodio y escandio. Estos tres materiales son los responsables del excelente comportamiento de esta extraordinaria fuente luminosa. Los extremos del tubo de descarga tienen una pantalla

térmica (revestimiento), cuya función es controlar la temperatura en estas áreas durante la operación de la lámpara Metalarc según se planteará posteriormente.

La lámpara Metalarc se fabrica con un montaje para el tubo de arco de dos secciones. Esta división es necesaria debido a la alta actividad electroquímica del sistema de aditivos, debido a la cual se requiere el máximo aislamiento de las partes metálicas del tubo de arco. El montaje de tubo de descarga incluye soportes en el cuello y domo, lo que proporciona un montaje muy durable y resistente, adecuado para el servicio rudo y la vibración. El bimetalo debe permanecer cerrado durante la operación de la lámpara, para evitar un cortocircuito entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Con esto se evita una caída de voltaje entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación, eliminando la falta por electrólisis en el sello del tubo de arco. Algunas lámparas Metalarc usan un diodo de estado sólido y un corta-circuito bimetalo durante la operación de calentamiento de la lámpara. El bulbo exterior de borosilicato (vidrio duro) protege las partes internas y también absorbe la radiación ultravioleta originada por el arco.

#### **2.4.3.3 Principios y Características de operación**

La descarga de Metalarc difiere en forma significativa del sistema de vapor de mercurio. En una lámpara de vapor de mercurio, todo el metal de descarga se encuentra en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio. Los yoduros aditivos en el sistema Metalarc, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo de arco; por lo tanto, algunos de los materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo de arco. El fenómeno antes descrito, ejerce gran influencia sobre algunas características de las lámparas de Metalarc, según se explicará en secciones posteriores.

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

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

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

La segunda ventaja de la lámpara Metalarc en comparación con la lámpara de vapor de mercurio es su eficacia substancialmente mayor. En general, sobre la base de las lámparas de las misma potencia, la lámpara Metalarc tiene una eficacia superior entre 65 y 70 % la familia de lámparas Super Metalarc incrementa este rendimiento hasta casi el 100%.

A pesar de que la lámpara Metalarc tiene excelente calidad de color para la mayoría de los usos; las necesidades de interiores, tales como tiendas, supermercados y otras instalaciones comerciales requieren mayor rendimiento de color. Para estos casos se recomienda la lámpara Metalarc tipo C. Esta lámpara tiene un recubrimiento de fósforo, con la cual se incrementa el porcentaje de rojos, naranjas, así como las longitudes de onda de los amarillos del espectro.

La lámpara Metalarc/C también tiene la ventaja de una menor temperatura de color (luz más cálida), siendo una fuente luminosa más difusa, lo cual redundará en la reducción de la brillantez y el deslumbramiento.

#### **2.4.3.4 Producción Lumínica y Mantenimiento**

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

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

En el caso de la lámpara fósforada existe una depreciación adicional de la producción a través de las horas de vida, debido a la depreciación del fósforo que recubre el interior de la lámpara.

## **2.4.4 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO**

### **2.4.4.1 Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión**

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión se caracteriza por su radiación casi monocromática, alta eficiencia luminosa, que puede alcanzar los 200 lm/W y larga vida. Se utiliza cuando la reproducción correcta de los colores no es importante, pero si la percepción de contrastes, por tales motivos, este tipo de fuente de luz se usa ampliamente en autopistas, puertos, etcétera.

El tubo de descarga de una lámpara de sodio de baja presión de vidrio. En el interior contiene sodio que se evapora a 98° C, con una baja presión del orden de unos cuantos N/m<sup>2</sup>. La tensión de encendido es baja. El tubo de descarga está situado en el interior de una ampolla de vidrio al vacío, revestida interiormente de óxido de indio. Este revestimiento actúa como reflector al infrarrojo, con lo que se mantiene a temperatura adecuada de trabajo en la superficie del vidrio (aproximadamente 270°C).

### **2.4.4.2 Lámparas de Sodio de Alta Presión**

Estas lámparas han sido desarrolladas para mejorar el tono de luz y reproducción cromática de las lámparas de vapor de sodio de baja presión. Conservan un alto rendimiento luminoso y gracias a que su presión es muy alta, dejan destacar en el espectro luminoso otros colores, se obtiene ahora un espectro más continuo de cuya composición resulta un color blanco-dorado.

La lámpara de vapor de sodio a alta presión es el tipo más eficiente de la familia de lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión de terminada a alta temperatura. Sus características físicas, eléctricas y fotométrica son diferentes a otros tipos de lámpara de descarga de alta intensidad.

El desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminium oxide) fue la clave para poder fabricar lámparas de vapor de sodio a alta presión para usos prácticos, este material es extremadamente resistente al arranque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y, adicionalmente cuenta con características excelentes para la transmisión de luz visible.

El principal elemento de radiación es el tubo de arco de la lámpara de vapor de sodio a alta presión es el sodio. Sin embargo, contiene mercurio como gas corrector de color y adicionalmente para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenón en el tubo de arco, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.

Para su ignición la lámpara requiere voltajes extremadamente altos debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá de ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficiencia además por el hecho de no usar electrodos de arranque, únicamente el gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque se logra por medio

de un circuito electrónico (ignitor) que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El "ignitor" provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo de voltaje de alimentación. El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y de esta forma iniciar la secuencia de arranque de la lámpara. En la figura 20 se muestra el diagrama esquemático de una lámpara de vapor de sodio a alta presión y su balastro.

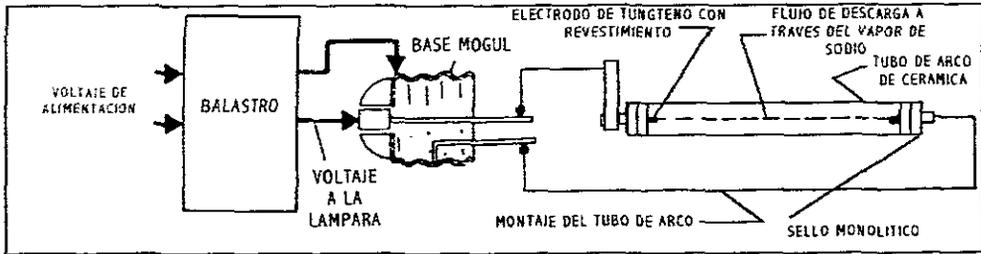


FIG. 20 CIRCUITO ELECTRICO DE LA LAMPARA LUMALUX

La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio en forma de amalgama con mercurio. Después de un período de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde en el flujo de arco, a través de varios mecanismos. Debido al cambio de relación de presiones de sodio y vapor de mercurio, el voltaje de arco se incrementa. Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que el balastro pueda sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue. Cuando la secuencia de operación se repite regularmente se dice

que está ciclando. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentan la característica de ciclo cuando su vida ha llegado al final.

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

#### **2.4.4.2.1 Construcción de la Lámpara**

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

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

La lámpara de vapor de sodio a alta presión se elabora con la técnica del tubo de arco con sello monolítico. En el diseño monolítico se usa un material cerámico idéntico al material usado en la construcción del tubo de arco, consiguiendo con esto sellar la mayor área posible en sus extremos. Se usa un tubo de niobio (Nb) que pasa a través del centro de los extremos para lograr la conexión eléctrica con los electrodos y sellar el compartimiento de descarga. La mayoría de los mecanismos de pérdida de sodio operan en el área de sellado. Con el diseño monolítico se logra la minimización del material usado en el sellado del metal al tubo de alumina policristalino. Esto reduce o elimina considerablemente el área en la cual el

sodio se pierde por la descarga en el arco, dando como resultado un bajo incremento del voltaje de la lámpara a través de sus horas de vida, asegurando de esta forma una larga vida a la lámpara.

La localización de depósito de reserva de amalgama dentro del tubo de arco se logra única y exclusivamente con el sellado monolítico. El depósito de reserva se transforma en un área fría dentro del tubo de arco, normalmente en la parte posterior de los electrodos, eliminándose así la necesidad de una reserva exterior.

Existen lámparas que se pueden operar en cualquier posición. Las características antes mencionadas se traducen en dos ventajas importantes para el usuario:

- 1.- Al ordenar la lámpara no se necesita especificar base arriba o base abajo, lo cual significa una reducción en el inventario requerido.
- 2.- La lámpara no puede ser utilizada en forma incorrecta. Si la lámpara es seleccionada adecuadamente, ésta quedará colocada en posición correcta de operación a pesar de su orientación.

La eficacia de las lámparas de vapor de sodio a alta presión depende principalmente, de la presión del vapor de sodio existente dentro del tubo de descarga. Para mantener esta presión la temperatura de los puntos fríos de la amalgama deberá ser la misma a pesar del tipo de construcción del tubo de arco y aún cuando el sellado monolítico del depósito de reserva interno esté contiguo a los puntos fríos de la amalgama.

### **Eficacia**

La característica más importante de la lámpara de vapor de sodio a alta presión es su gran eficacia. La eficacia inicial de la lámpara de vapor de sodio a alta presión es más del doble de la lámpara de vapor de mercurio (de potencia equivalente).

La principal diferencia entre las lámparas de vapor de sodio de baja presión y las de alta presión es que las primeras proporcionan una luz netamente amarilla, la cual distorsiona la percepción de los colores, mientras que las segundas poseen un mejor rendimiento de color.

El mercurio evaporado reduce la conducción del calor desde el arco de descarga hacia la pared del tubo, con esto se consiguen mayores potencias en tubos de descarga de menor tamaño. La función del gas xenón es la de proporcionar un encendido seguro de la lámpara aún con bajas temperaturas ambientales.

Estas lámparas han constituido una nueva etapa en la iluminación por sodio. Su elevado rendimiento y su tono de luz hacen que sus aplicaciones se generalicen en forma impresionante. Actualmente, todas las grandes ciudades se ven iluminadas con el color dorado típico del vapor de sodio; los grandes consumidores industriales

también están cambiando a estas fuentes de luz, que definitivamente son las más económicas.

## **2.5 LUMINARIOS**

Una luminaria es una unidad completa de iluminación consistente en una o más lámparas (fuentes de luz) junto con las partes diseñadas para distribuir la luz, para posicionar y proteger las lámparas y para conectar las lámparas a la fuente de alimentación.

### **2.5.1 Consideraciones en la Selección de luminarias**

Algunos de los factores a considerar en la selección de luminarias incluye: 1) Códigos y estándares relativos a su construcción e instalación, 2) sus características físicas y de funcionamiento, 3) consideraciones eléctricas y mecánicas, 4) propiedades térmicas, 5) seguridad y 6) factores económicos.

#### **2.5.1.1 Características de la luminaria**

La luminaria y fuente de luz a ser empleada para una aplicación dada depende de muchos factores. En adición a los aspectos de iluminación, se debe de dar consideración a la apariencia, color de luz, efectos de calentamiento, vida y economía.

#### **2.5.1.2 Eficiencia de la luminaria**

Esta es normalmente una función de la configuración física y de la selección de materiales usados. Se debe de reconocer que muchos materiales cambiaran en algunas de sus propiedades con el uso.

Varios factores más se deben de tomar en cuenta para la selección de una luminaria, como son: la apariencia, brillantez, distribución térmica, ventilación y circulación, acústica, vibración, vida y mantenimiento y consideraciones eléctricas.

## **2.5.2 Clasificación de las luminarias**

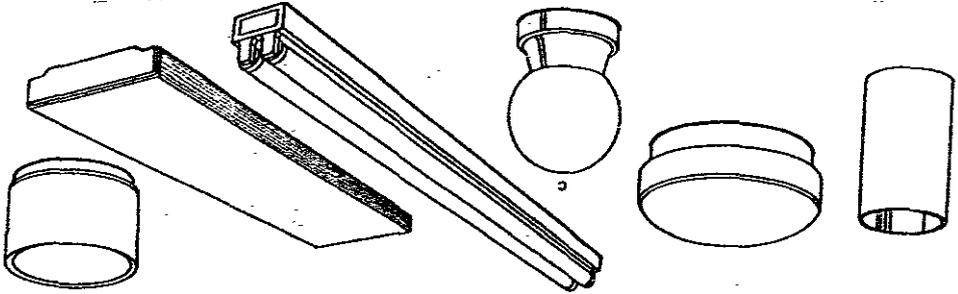
Los sistemas de la iluminación a menudo se clasifican de acuerdo con su disposición o localización con respecto a la tarea visual u objeto iluminado: iluminación general, iluminación general localizada (suplementaria) e iluminación de tarea ambiental.. Otra clasificación utilizada es: directa, semidirecta, directa-indirecta, semi indirecta e indirecta.

### **2.5.2.1 Luminarias para Ocupaciones Interiores** **Luminarias Apartadas**

Las luminarias apartadas de amplia distribución usando lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes compactas son convenientes para iluminación general en áreas de actividad o de circulación. Luminarias de distribución estrecha con reflectores o lámparas reflectoras son usadas para acentuar la iluminación de ciertas zonas.

### ***Luminarias Montadas en el Techo***

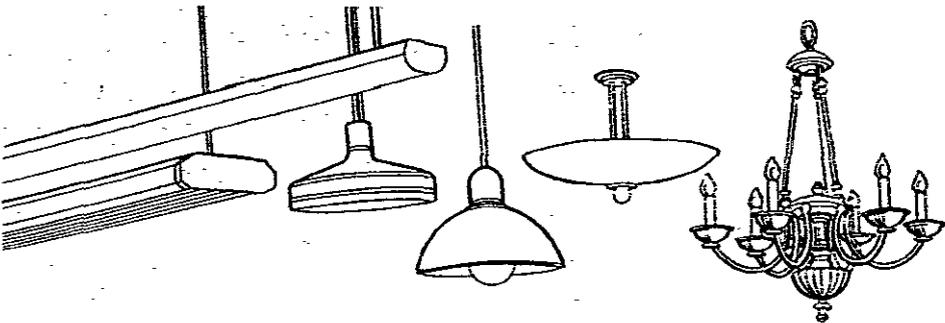
Las luminarias montadas en el techo dirigen su luz en un amplio patrón y son usadas normalmente para iluminación general. En general, la fuente de luz podría no ser visible a través de la luminaria y su iluminancia debe de ser cuidadosamente balanceada con la habitación.



**FIG. 21 LUMINARIAS MONTADAS EN EL TECHO**

### ***Otros tipos de luminarias***

Se distinguen de la misma forma las demás tipos de luminarias, como por ejemplo las luminarias montadas en rieles, luminarias montadas en techo, luminarias suspendidas y luminarias portátiles; todas tienen la particularidad de distinguirse por el medio en el que son montadas.



**FIG. 22 OTROS TIPOS DE LUMINARIAS**

### **2.5.2.2 Luminarias para Ocupaciones Exteriores**

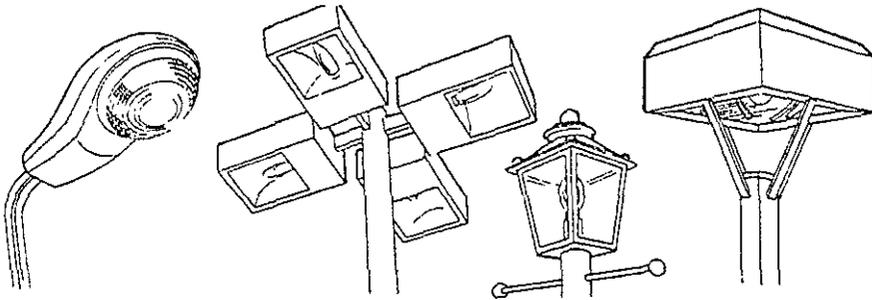
#### ***Clasificación***

Las luminarias exteriores son clasificadas por la manera en la cual estan montadas, por el tipo de intensidad de distribución, su exhibidor y por la degradación al la cual ellos estan expuestos. La mayoría de las luminarias para exteriores usa uno de

los tres tipos de lámparas de descarga, sodio a alta presión, aditivos metálicos y vapor de mercurio. Las lámparas de sodio a baja presión son en algunas ocasiones utilizadas en la iluminación de estacionamientos, no obstante las propiedades pobres de color de estas lámparas limitan sus aplicaciones.

***Luminarias Montadas en Postes.***

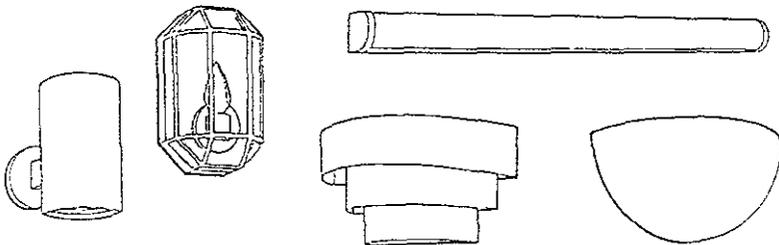
Este tipo de luminaria es comúnmente usada para caminos e iluminación de estacionamientos. Estas luminarias tienen un amplia distribución para permitir una distancia mayor entre poste y poste.



**FIG. 23 LUMINARIOS MONTADAS EN POSTES**

***Luminarios Montadas en Muro***

Las luminarias montadas en muro son a menudo usadas para pequeños estacionamientos adjuntos a una construcción o en estructuras de estacionamiento. Además de la representativa funcionalidad que las mismas prestan como luminarios de decoración en interiores, como se puede observar en la figura 24.



**FIG. 24 LUMINARIOS MONTADAS EN MURO**

***Luminarios de Reflector***

Estas luminarias son comúnmente usadas en la iluminación de fachadas de edificios, iluminación deportiva y otras aplicaciones especiales. Estas aplicaciones pueden tener distribuciones intensas, desde muy angosta a muy ancha proyección dependiendo del tamaño angular del objeto a ser iluminado y los efectos a conseguir.

La iluminación de fachadas de construcciones usan luminarias con ancha y estrecha distribución, dependiendo de la porción de edificio a ser iluminada y de la distancia de la luminaria montada. La iluminación de áreas largas con luminarias con montajes cercanos requieren distribuciones muy largas. El montaje de luminarias reflectoras usualmente contienen un arreglo mecánico que permita apuntarlo.

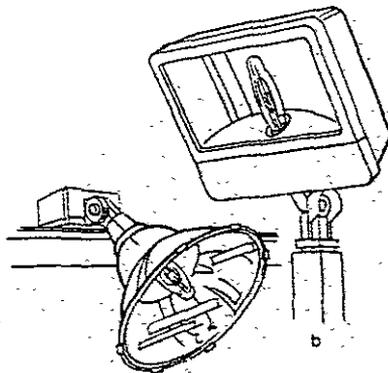


FIG. 25 LUMINARIOS DE REFLECTOR

## CAPITULO III

### *Métodos de iluminación*

#### **3.1 ALUMBRADO DE INTERIORES**

Desde principios de los 60's, el método para calcular el nivel de iluminación promedio en un espacio ha sido el método de cavidad zonal. Este método supone que cada local esta constituido por tres diferentes zonas o cavidades. Cada una de ellas será tratada en conjunto, ya que tienen un efecto en cada una de las otras cavidades para producir iluminación uniforme. Este método calcula niveles de iluminación promedio horizontales a través de un espacio

##### **3.1.1 Método de cavidad zonal**

Este sistema también llamado "método del lumen", divide el local en tres cavidades separadas. Estas son:

- (1) *Cavidad del techo.* Es el área medida desde el plano del luminario del techo. Para luminarios colgantes existirá una cavidad del techo; para luminarios colocados directamente en el techo o empotrados en el mismo no existirá cavidad de techo.
- (2) *Cavidad del local.* Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrolla la tarea y la parte inferior del luminario; el plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde el luminario al piso se considera como cavidad del local. En lenguaje de iluminación la distancia desde el plano de trabajo a la parte inferior del luminario es llamado "*altura de montaje del luminario*".
- (3) *Cavidad del piso.* Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica. Para áreas de oficina esta distancia es aproximadamente de 75 cm. En la figura 3.1 se muestra la distribución de las cavidades del local, techo y piso, así como la "altura de montaje" de los luminarios.

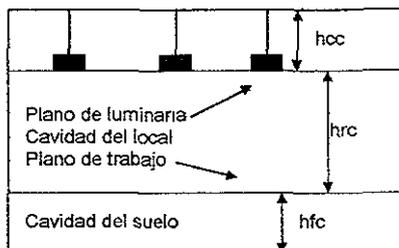


FIG. 26 NOMENCLATURA DE CAVIDAD POR ZONAS

Para nuestros cálculos nos referiremos a las tres cavidades por los símbolos normalmente usados para describirlos:

hcc = Altura de la cavidad del techo

hrc = Altura de cavidad del local

hfc = Altura de cavidad de piso

La teoría básica considerada en este método de cálculo de iluminación es que la luz producida por una lámpara o luminario es reflejada por todas las superficies del área. La reflexiones múltiples de la luz desde el luminario y desde las superficies del local actúan para producir la luz en el plano de trabajo. Debido a este hecho es muy importante determinar:

(1) Las dimensiones del local.

(2) Las reflectancias del local referente a:

2.1 Techo

2.2 Paredes, y

2.3 Piso

(3) Características de la lámpara.

(4) Características del luminario

(5) Efectos ambientales

5.1 Suciedad

5.2 Temperatura

(6) Mantenimiento planeado del sistema de iluminación.

Con el objeto de producir un lux en el plano de trabajo, el sistema de iluminación debe producir un lúmen sobre cada metro cuadrado. De hecho la definición de lux es:

Un lúmen por metro cuadrado o bien establecido en forma matemática:

$$1 \text{ lúmen} / \text{m}^2 = \text{lux}$$

La fórmula básica para determinar el número de luminarios necesarios para producir un nivel de iluminación deseado para un espacio conocido es como sigue:

$$\text{Luxes} = \frac{\text{No. de luminarios} \cdot (\text{lámparas/luminarios}) \cdot (\text{lúmenes/lámparas}) \cdot \text{C.U.} \cdot \text{m.f.}}{\text{Area}}$$

Donde:

C.U. = Coeficiente de Utilización.

m.f. = factor de mantenimiento

= L.L.D. · L.D.D. · otros aspectos.

L.D.D. = depreciación de lúmenes de la lámpara

L.D.D. = depreciación del luminario

Otros aspectos = Rendimiento de la reactancia, Factor de tensión, Lámparas inutilizadas, Temperatura ambiente de la luminaria., La luminaria no intercambia calor y Variaciones de la reflectancia y la transmitancia de la luminaria.

Obsérvese que la fórmula requiere del conocimiento de las lámparas, luminario y factores de mantenimiento

Trataremos ahora como determinar los factores y donde encontrarlos

(a) Factores de lámpara

- 1) Valor de lúmenes iniciales
- 2) Lúmenes mantenidos o lúmenes promedio producidos por la lámpara a través de sus horas de vida (L.L.D.).

Factor de depreciación de lúmenes de la lámpara. La salida lumínica de la lámpara cambia gradual y constantemente en su vida operativa, aún con condiciones de operación constantes. En la mayoría de los casos los lúmenes disminuirán. El factor L.L.D. es la fracción de los lúmenes iniciales producidos en un tiempo específico durante la vida de la lámpara. Información acerca del L.L.D. esta dada como una función de las horas de operación de la lámpara.

Los fabricantes de lámparas publican datos en los cuales se indica el valor inicial de producción lumínica y el valor promedio, o la depreciación de lúmenes de la lámpara a través de las horas de vida.

(b) Factores de luminario

- 1) Características de funcionamiento de la reactancia. Las especificaciones de la Certified Ballast Manufacturers Association para lámparas fluorescentes requieren una reactancia tal que haga trabajar la lámpara al 95% de la emisión luminosa.
- 2) Tensión de alimentación del luminario. La tensión de servicio es difícil de predecir, en las reactancias de salida regulada (potencia constante) la emisión luminosa de la lámpara es independiente de la tensión primaria. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación de la tensión primaria.
- 3) Variaciones de la reflectancia y transmitancia de la luminaria. Este efecto es normalmente pequeño, pero puede ser significativo después de un largo período de tiempo en las luminarias con acabados o plásticos de inferior calidad. No se disponen amplios datos.
- 4) Temperatura ambiente del luminario. Las variaciones de temperatura no influyen en las lámparas de filamento, ni en las de mercurio, las lámparas fluorescentes normalmente se calibran a 25°C.
- 5) Luminarias con intercambio de calor. Las luminarias que sirven a la doble finalidad de suministrar iluminación y de actuar como retorno de aire en el sistema de ventilación se calibran fotométricamente sin paso de aire a través de las mismas.
- 6) Factor de depreciación del luminario (L.D.D.).

L.D.D. = Depreciación del luminario debido al polvo; se debe determinar que tipo de luminario se va a utilizar y obtener de la siguiente tabla su Categoría de Mantenimiento.

CATEGORIA DE MANTENIMIENTO	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR
I	1. Nada.	2. Nada.
II	1. Nada. 2. 2. Transparente con 15 % más de luz hacia arriba a través las aberturas. 3. 3. Translúcidas con 15% más de luz hacia arriba a través de las aberturas. 4. 4. Opaca con 15% más de luz hacia arriba a través de la aberturas.	1. Nada. 2. Rejillas o reflectores.
III	1. Transparente con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas. 2. Translúcidas con menos del 15% de luz hacia arriba a través de las aberturas.	1. Nada. 2. Rejillas o reflectores.
IV	1. Transparente sin aberturas. 2. Translucido sin aberturas. 3. Opaco sin aberturas.	1. Nada. 2. Rejillas.
V	1. Transparente sin aberturas. 2. Translucido sin aberturas. 3. Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas. 2. Translucido sin aberturas.
VI	1. Nada. 2. Transparente sin aberturas. 3. Translucido sin aberturas. 4. Opaco sin aberturas.	1. Transparente sin aberturas. 2. Translucido sin aberturas. 3. Opaco sin aberturas.

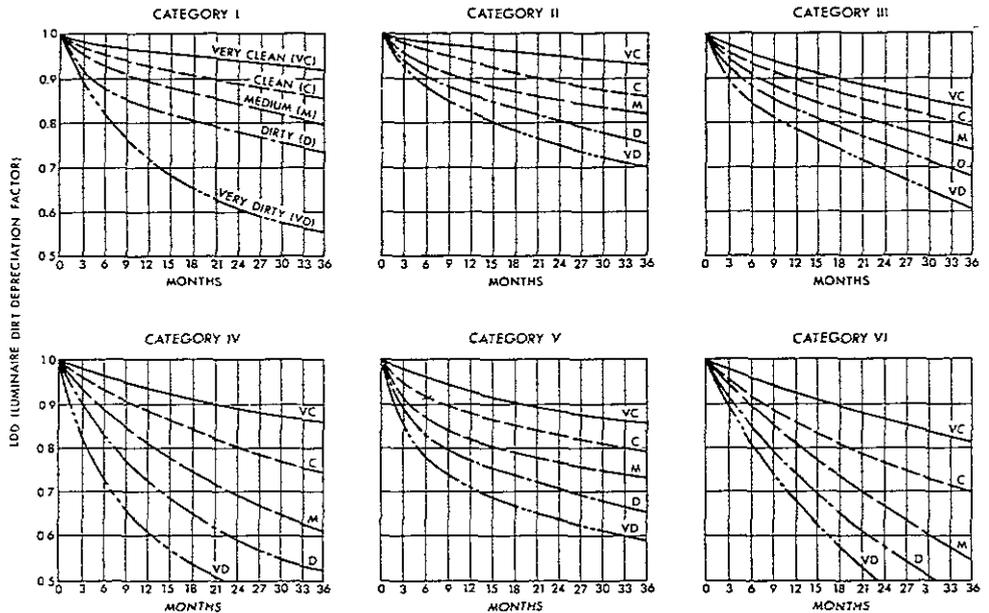


FIG. 27 FACTORES DE DEPRECIACIÓN POR SUCIEDAD DE LUMINARIOS.

Solo una característica de las parte superior y una de la parte inferior sería usado para determinar la categoría de la luminaria. La categoría de mantenimiento es determinada cuando hay características en ambos espacios de las columnas. Si una luminaria cae dentro de más de una categoría, la categoría menor será utilizada.

#### 7) Coeficiente de utilización (C.U.)

Un coeficiente de utilización de  $n/100$  significa que de la luz emitida por una lámpara solamente un  $n\%$  se puede utilizar en el plano de trabajo. Esto indica que el coeficiente de utilización depende de otros factores independientes del luminario como son las reflectancias de las superficies del local.

### 3.2 Alumbrado de exteriores

Las fuentes luminosas usadas en el alumbrado público son las incandescentes, las de vapor de sodio, las de vapor de mercurio y las fluorescentes. La consideración fundamental para seleccionar la unidad de alumbrado y la combinación de lámparas es su distribución fotométrica que procurará la cantidad y uniformidad de iluminación deseada, además de crear unas buenas condiciones visuales a los alrededores. La elección entre sistemas que cumplan estos requerimientos se hacen generalmente teniendo en cuenta su aspecto y el costo relativo.

#### 3.2.1 Método de punto por punto

El método punto por punto (o alguna variante de éste) es indispensable para el cálculo de alumbrado de exteriores, además resulta muy útil para entender el proceso de cálculo de cualquier alumbrado.

Para la aplicación de este método se requiere la curva fotométrica, que caracteriza a las fuentes de luz. Esta curva proporciona, en forma de gráfica o tabla, la información relativa a la distribución de la luz producida por la unidad de alumbrado o luminaria. En luminarias que tienen una distribución simétrica con respecto al eje vertical que pasa por ellas (consideradas como un punto) resulta suficiente la información de un plano vertical que pase por ese eje, donde se indique la intensidad de luz (en candelas) para haces con diferentes ángulos de abertura (con respecto al eje).

Existen muchas luminarias para exteriores que tienen una distribución asimétrica. Para esos casos la curva fotométrica debe proporcionar la distribución de flujo luminoso en el plano (horizontal) que se va a iluminar, en donde las coordenadas sean los grados de los ángulos entre la vertical y la línea que describe una curva isocandela. Estas curvas se utilizan en la aplicación del método punto por punto en su forma más general.

#### 3.2.2 Curvas Isolux

Debido a que el diseño de las luminarias puede producir que la iluminación tenga una distribución complicada, es común que en lugar de las curvas fotométricas - intensidad luminosa en candelas para diferentes ángulos del haz de luz- se utilicen las

llamadas curvas isolux, que proporcionan la iluminación en luxes correspondiente a los contornos descritos por las curvas isocandelas para cada ángulo para un altura de montaje dada.

Estas curvas son el resultado de pruebas de laboratorio realizadas a cierta altura de montaje de la luminaria, por lo que son exclusivamente válidas para esa luminaria cuando esté colocada a la misma altura.

Con las curvas isolux se puede calcular gráficamente el alumbrado de exteriores. Para lograrlo se utiliza un plano en el que se sobrepone la curva isolux en cada poste y se suma la iluminación aportada por cada una de las luminarias. Esto garantiza que cierta luminaria colocada a la altura especificada en la curva isolux y con determinada separación (máxima) entre postes proporcione un nivel mínimo de iluminación a todos los puntos del área.

### **3.3 CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN**

#### **3.3.1 Cálculo de un sistema de iluminación por el Método de Cavidad Zonal**

Con el objeto de simplificar el procedimiento de cálculo para determinar el número de luminarios así como la localización de éstos en el área, se deben seguir los siguientes pasos:

1) Determinar el tipo de trabajo que se desarrollará en el local. Esto servirá para determinar la cantidad y calidad de la luz que se necesita.

El Lighting Handbook de la Illuminating Engineering Society of North America indica los niveles de iluminación recomendados para trabajos específicos. En nuestro caso el edificio cuenta con tres niveles, el primero está formado por pequeños cubículos de oficinas y salones de clase, los otros dos niveles están formados exclusivamente de salones de clases. Tomando en cuenta los valores recomendados y el tipo de tarea a desarrollar los niveles de iluminación recomendados para cada uno son:

Oficinas:	300 luxes
Salones de Clases:	750 luxes
Pasillos:	200 luxes

2) Determinar que fuente luminosa deberá utilizarse.

Tomado en cuenta ejemplos anteriores, posibilidades de reemplazo y funcionalidad, se propondrá el uso de lámparas fluorescentes; en acciones correctivas anteriores de sistemas de educación atendidos por el FIDE; se retiraron las lámparas de 2X39 acabado luz de día, por lámparas de 2x34 tipo blanco frío, con un balastro ahorrador, con esta única medida se logra un ahorro del 40% de la energía eléctrica; ya que las lámparas de 34 W blanco frío, emiten un flujo luminoso de 2650 lúmenes. Esto sin considerar la instalación de reflectores de aluminio que incrementan todavía más en nivel de iluminación.

Las características técnicas de este tipo de lámpara son las siguientes.

F40T12 -34W  
Color blanco frío  
20,000 horas de vida  
2800 lumenes iniciales

- 3) Determinar qué condiciones ambientales prevalecerán en el área. Esto nos ayudará a determinar los efectos de polvo, suciedad y las condiciones ambientales que deberán de tomarse en cuenta.

Las áreas de iluminación a calcular se encuentran en un lugar cerrado, relativamente libre de polvo y de condiciones extremas ambientales

- 4) Determinar las condiciones físicas y operaciones del área y cómo se usará. Esto incluye dimensiones del local, valores de reflectancia, localización del plano de trabajo y características operacionales, tales como:

Horas diarias de trabajo:

Período del tiempo en años del sistema durante el cual será usado:

- 5) Seleccionar el luminario que se usará. Algunos de los factores que ayudan a determinar el luminario que deberá de usarse son:

- |   |   |
|---|---|
| a) Altura del montaje:                            | 2.70 m  |
| b) Tipo de lámpara seleccionada:                  | Lámpara fluorescente de 34 W<br>Tipo Blanco frío, F40T12-34W. |
| c) Características de depreciación del luminario. | Ver punto 6.  |
| d) Restricciones físicas del montaje              | Luminarias empotradas al techo.                               |
| e) Mantenimiento requerido                        | Limpieza de reflectores.                                      |
| f) Costo, tamaño y peso                           | N/A   |
| g) Aspecto estético                               | N/A   |

- 6) Determinar los factores de depreciación de luz para el área. Los factores de pérdida de luz se pueden dividir en dos categorías:

a) No recuperables.

b) Recuperables.

Los factores no recuperables se consideran como: La temperatura ambiental, la cual puede afectar el comportamiento del luminario, voltaje de alimentación al luminario, características del balastro y características de las superficies del luminario.

Los factores recuperables son: La depreciación de la producción lumínica de la lámpara, las lámparas fuera de operación, depreciación de la luminaria debido al polvo, depreciación de la superficie del local debido al polvo.

Multiplicando todos los factores de pérdida se obtiene un factor de pérdida neta.

Con el fin de simplificar los cálculos, usaremos únicamente los dos factores que afectan en mayor proporción la pérdida de luz, a saber:

L.L.D. = Depreciación de lúmenes de lámpara .<sup>1</sup>  
L.D.D. = Depreciación del luminario debido al polvo. <sup>2</sup>

*L.L.D. = 84 % ( porcentaje de iluminación inicial al 70% de rango de vida, por encendido de 3 horas ).*

Para el L.D.D. la luminaria utilizada por nosotros entra en la Categoría V de Mantenimiento, y el período de mantenimiento es de seis meses.

Basándonos en los valores de la Tabla "Categoría de Mantenimiento", para una luminaria de tipo V y con un tiempo de mantenimiento semestral, obtenemos una *depreciación del luminario debido al polvo* de 0.915 aproximadamente. Multiplicando estos dos factores obtendremos el factor de mantenimiento (m.f.)

$$m.f. = 0.915 * .84 = 0.769$$

7) Cálculo de las relaciones de cavidad

- a) Cavidad del local = 2.00 m
- b) Cavidad del techo = 0.45 m
- c) Cavidad del piso = 0.75 m

La fórmula para el cálculo de la relación de cavidad es:

Relación de Cavidad =  $5 \times \text{altura} \times (\text{largo} + \text{ancho}) / \text{largo} \times \text{ancho}$

donde:

altura = altura de cavidad del local, piso o techo.

Así se calcula, la Reflectancia efectiva del techo.

- 8) Determinar las reflectancias efectivas correspondientes a las cavidades de techo y piso. Este procedimiento contempla el efecto de interreflexión de la luz considerando las diferentes superficies del local. Si todas las superficies son altamente reflectivas, o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo no será necesario efectuar este cálculo. En este caso se puede usar el valor actual de las reflectancias de las superficies (estimadas o medidas) para determinar el coeficiente de utilización.

Reflectancia del techo	=	80%
Reflectancia en muros	=	50%
Reflectancia de piso	=	20%

9) Determinar el coeficiente de utilización (c.u.)

El coeficiente de utilización se encuentra en los datos técnicos proporcionados por el fabricante, para el luminario que se usará.

<sup>1</sup> De la tabla del Anexo 7.

<sup>2</sup> De la tabla de la figura 27.

DISEÑO DE ALUMBRADO Y PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA PARA EL EDIFICIO A-12 DEL CAMPUS  
ARAGON UNAM PAG. 77

Se notará que con el objeto de seleccionar el valor aproximado del C.U. de esas tablas, se deberán de conocer primeramente las reflectancias efectivas del techo, pared y piso. La mayoría de las tablas muestran solamente un valor como reflectancia del piso. Este valor es de 20% y es considerado como un valor normal. En caso de que el valor de reflectancia sea mayor o menor del 20% se debe corregir de acuerdo con la tabla correspondiente.

10) Cálculo del número de luminarios requeridos:

Con los datos anteriores se debe aplicar la fórmula siguiente:

$$\text{No. de luminarios} = (\text{área} \times \text{luxes (promedio mantenido)}) / \text{No. de lámparas}$$

**FORMATO DE CALCULO DE ILUMINACION**

RC Techo	=	0.8
RC Local	=	3.4
RC Piso	=	1.3

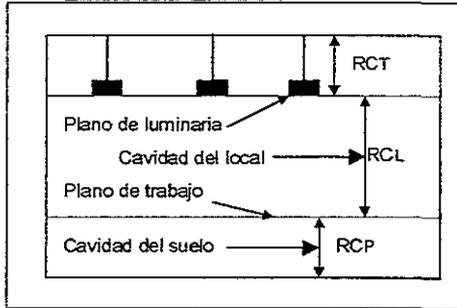
**ALTURAS**

Techo	=	0.45
Local	=	2.00
Piso	=	0.75

Luxes requeridos = 750  
 Lumenes iniciales = 2800

**DIMENSIONES**

largo	=	8.5
ancho	=	4.5



Reflectancia efectiva del techo = **0.700**  
 Reflectancia efectiva del piso = **0.185**

TABLAS

Coefficiente de Utilización = 0.515  
 Coeficiente de mantenimiento = 0.769  
 Número de Luminarios = 6.46757

Reflectancia techo = 0.8  
 Reflectancia paredes = 0.5  
 Reflectancia piso = 0.2

area total / número de luminarios	=	5.9	m <sup>2</sup>
espaciamiento prom.	=	2.4	metros
a lo largo	=	3.5	luminarios
a lo ancho	=	1.9	luminarios

Estos cálculos son representativos de cualquier salón del primer piso del edificio A-12. La fórmula nos da un valor de 6 luminarios, por lo que la sustitución por lámparas fluorescentes de energía sería más que suficiente.

### FORMATO DE CALCULO DE ILUMINACION

RC Techo	=	0.6
RC Local	=	2.8
RC Piso	=	1.1

Luxes requeridos = 750  
Lumenes iniciales = 2800

#### DIMENSIONES

largo	=	8.5
ancho	=	6.0

Reflectancia efectiva del techo =

0.710
-------

Reflectancia efectiva del piso =

0.185
-------

TABLAS

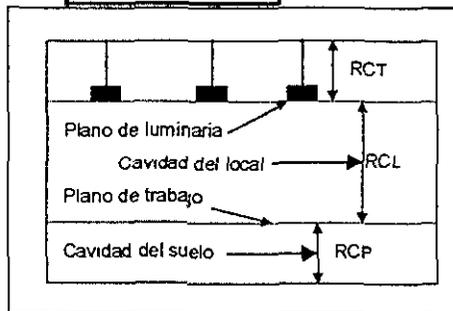
Coefficiente de Utilización = 0.540

Coefficiente de mantenimiento = 0.769

Número de Luminarios = 8.22419

#### ALTURAS

Techo	=	0.45
Local	=	2.00
Piso	=	0.75



Reflectancia techo = 0.8

Reflectancia paredes = 0.5

Reflectancia piso = 0.2

area total / número de luminarios	=	6.2	m <sup>2</sup>
espaciamiento prom.	=	2.5	metros
a lo largo	=	3.4	luminarios
a lo ancho	=	2.4	luminarios

Estos cálculos son representativos de cualquier salón del segundo piso del edificio A-12. Aunque en la fórmula surge un valor de 8 luminarios por salón en la distribución se nos permite ver, que con las seis existentes es suficiente.

## CAPITULO IV

### *Sistema de fuerza y contactos*

#### **4.1 CIRCUITOS DERIVADOS**

Circuito derivado: Conductores del circuito formado entre el último dispositivo contra sobrecorriente que protege el circuito y la(s) carga(s) conectada(s).

##### **4.1.1 Clasificación**

Los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente; el cual determina la capacidad nominal del circuito, aunque, por alguna razón se utilicen conductores de una capacidad mayor.

La clasificación de los circuitos derivados debe ser de 15, 20, 30, 40, y 50 A. Con excepción: Los circuitos derivados de multisalida, mayores de 50 A, se permiten para cargas que no sean de alumbrado y en locales industriales donde la supervisión y el mantenimiento se efectúe por personal calificado.

##### **4.1.2 Circuitos derivados multiconductores.**

a) Definición. Un circuito derivado multiconductor debe considerarse como circuito simple, siempre que todos los conductores partan del mismo tablero de distribución.

En un sistema de potencia de 3 fases- 4 hilos empleado para alimentar sistemas de cómputo u otras cargas electrónicas similares, puede requerirse que el diseño del sistema permita la posibilidad de corrientes armónicas altas en el neutro.

b) Carga de fase a neutro. Los circuitos derivados multiconductores, deben alimentar exclusivamente cargas de fase a neutro.

##### **4.1.3 Tensión máxima de los circuitos derivados.**

a) Limitaciones del local. En unidades de vivienda, cuartos de hotel y locales similares la tensión no debe exceder de 127 V entre los conductores que alimentan las terminales de:

1) Unidades de alumbrado.

2) Contacto y cordón con clavija que alimentan cargas de 1440 VA o menores, o menos de ¼ de caballo de potencia.

b) 127 V entre conductores. Los circuitos que no excedan 127 V nominales entre conductores, pueden alimentar:

1) Las terminales de portalámparas de casquillo roscado de otro tipo de portalámpara para la clase de tensión para la cual han sido diseñados.

2) Equipo auxiliar de lámparas de descarga.

3) Equipo de cordón con clavija o equipo de utilización conectado permanentemente.

c) 227 a tierra. Los circuitos que exceden 127 V nominales entre conductores y no exceden 227 V nominales a tierra, pueden alimentar:

1) Unidades de alumbrado de descarga eléctrica equipados con portalámparas de casquillo roscado.

- 2) Unidades de alumbrado incandescente provistas de portalámparas de casquillo roscado, alimentadas de un autotransformador que forma parte integral de la unidad y la terminal roscada externa esté eléctricamente conectada al conductor neutro del circuito derivado.
- 3) Unidades de alumbrado provistas de portalámparas de casquillo roscado de base mogul.
- 4) Otros tipos de portalámparas de casquillo roscado aprobadas para su rango de tensión.
- 5) Equipo auxiliar de lámparas de descarga eléctrica.
- 6) Equipo de cordón con clavija o equipo de utilización conectado permanentemente.

**4.1.4 Ahorro de energía en circuitos derivados.**

Es conveniente diseñar los circuitos derivados, para que éstos puedan ser conectados y desconectados por medio de dispositivos que permitan optimizar el consumo de energía eléctrica, tales como controladores de diversos tipos.

**4.1.5 Dispositivos de salida.**

Los dispositivos de salida de los circuitos deben de tener una capacidad de conducción no menor que la carga por servir y deben cumplir con las siguientes especificaciones:

a) Portalámparas. Las portalámparas que se conecten a circuitos de capacidad mayor de 20 A deben ser del tipo de servicio pesado. Un portalámparas de servicio pesado debe tener una capacidad nominal no menor de 660 W si es del tipo medio y no menor de 750 W si es de cualquier otro tipo.

b) Contactos.

- 1) Un contacto único instalado en un circuito derivado individual debe de tener una capacidad de corriente no menor que la del circuito derivado.
- 2) Un contacto conectado a un circuito derivado que alimente dos o más contactos o salidas no debe de ser utilizado para servir una carga total conectada por cordón y clavija en exceso de la máxima especificada en la tabla.

CAPACIDAD NOMINAL DEL CIRCUITO A	CAPACIDAD NOMINAL DEL CONTACTO A	CARGA MÁXIMA A
15 ó 20	15	12
20	20	16
30	30	24

- 3) Un contacto conectado a un circuito derivado que alimente dos o más contactos o salidas debe tener una capacidad nominal

**4.2 CONDUCTORES ELECTRICOS**

Los conductores que se emplean en instalaciones interiores se presentan en forma de hilos o de cables.

Se llama hilo a toda varilla delgada y estirada de metal, entendiéndose por "delgada" que su longitud es muy grande, en comparación con su diámetro. Será *hilo desnudo* si está desprovisto de aislamiento, e *hilo aislado* si está recubierto con uno o más materiales aislantes; en este último caso, aunque el término "hilo" se refiere al alma metálica, la denominación "hilo aislado" incluye también aislamiento. En instalaciones interiores se utilizan casi siempre los hilos aislados.

Se denomina *cable* o *conductor cableado* a un conductor constituido por un grupo de hilos o de una combinación de grupos de hilos, trenzados y retorcidos juntos. También hay cables desnudos y cables aislados, empleándose casi siempre estos últimos en las instalaciones interiores.

La ventaja fundamental del cable sobre el hilo es su flexibilidad; es por esta razón que, excepto para pequeñas secciones, resulta siempre preferible el empleo de cables.

Estructuralmente un conductor para instalaciones interiores consta de las partes que se indican a continuación:

- 1) En la parte central están los *conductores* propiamente dichos, que son los elementos destinados a conducir la corriente: en casi todos los casos son de cobre o aluminio. Se denomina *cuerda* a cada uno de los grupos de conductores que constituye un cable. Cuando un hilo o cable consta de un solo conductor o grupo de conductores, se denomina *monoconductor* y si incluyen dos o más conductores o grupos de conductores, aislados entre sí, se denomina *policonductor*, y según los casos se emplean hilos y cables monoconductores y policonductores.
- 2) Cada conductor (o grupo de conductores en el caso de los cables), lleva su propio aislamiento, destinado a aislarlo eléctricamente de los demás conductores (o grupo de conductores) y su propio aislamiento, se denomina *alma* o *vena*.
- 3) El conjunto de conductores de un hilo o cable policonductor lleva muchas veces el aislamiento común denominado *cintura*, que se aplica sobre las almas reunidas y que, generalmente, es de la misma naturaleza que el aislamiento de estas almas. Los huecos entre la cintura y las almas se rellenan con un espesor aislante o material de relleno.

El aislamiento, la cintura y el material de relleno constituyen los recubrimientos aislantes propiamente dichos del hilo o cable, es decir, los que tienen por objeto evitar perforaciones a causa del campo eléctrico existente entre los conductores y entre estos y tierra. Además de estos recubrimientos aislantes, los hilos y cables para instalaciones interiores llevan distintos recubrimientos protectores, que no tienen función esencialmente eléctrica, aunque en muchos casos estén constituidos también por materiales aislantes, sino que están destinados a proteger el hilo o cable contra esfuerzos mecánicos, efectos químicos, etcétera. Entre estos recubrimientos protectores se pueden citar:

- a) Las cubiertas que recubren exteriormente el hilo o cable y que están constituidas por materiales textiles, derivados del caucho, materiales termoplásticos, etc. y que están destinadas a evitar peligros de corrosión y otros agentes químicos, tanto a los materiales conductores que constituyen el hilo o cable, como sus recubrimientos aislantes.

b) Envolturas metálicas de los hilos o cables asilados con sustancias higroscópicas y que están destinadas a evitar el paso de la humedad hasta estas sustancias, cuya acción haría que perdieran sus propiedades aislantes. Por lo general para estos efectos se emplea el plomo.

corriente.

c) Las armaduras o envolturas metálicas de metal duro (hierro, acero, etcétera) destinadas a proteger el hilo contra las acciones mecánicas exteriores. Los hilos o cables provistos de armadura se denominan armados y en instalaciones interiores se emplean casos especiales.

#### **4.3 PROTECCIONES ELECTRICAS**

Se entiende que una instalación está razonablemente protegida si cuenta con un sistema coordinado de elementos que desempeñe las siguientes funciones: evitar situaciones peligrosas para las personas, minimizar los daños provocados por condiciones anormales y aislar la zona donde aparece la falla de tal forma que el resto de la instalación continúe operando en las mejores condiciones posibles.

Aunque no es posible construir una instalación eléctrica totalmente a prueba de fallas, vale la pena dedicar tiempo y esfuerzo al análisis de las fallas más probables y a diseñar cuidadosamente el sistema de protecciones.

*Las protecciones de toda instalación debe de estar diseñadas para operar con seguridad en condiciones extremas y para aislar las partes dañadas, de tal forma que pueda continuar funcionando el mayor número de equipos posibles no cercanos a la falla.*

*A continuación se explican los principales conceptos utilizados en el tema de protecciones:*

##### **4.3.1 Corto Circuito**

Los cortos circuitos pueden tener efectos desastrosos. La causas son: fallas de aislamiento, errores de operación, ondas de voltaje peligrosas, deficiencias en el mantenimiento, vandalismo, agentes naturales y contaminación entre otros.

*Se puede decir que un cortocircuito es el establecimiento de un flujo de corriente eléctrica muy alta debido a una conexión por un circuito de baja impedancia, que prácticamente siempre ocurre por accidente. Aún en las instalaciones con las protecciones más sofisticadas se producen fallas por cortocircuito. Las corrientes elevadas; así como las fuerzas electrodinámicas - atracción y repulsión entre conductores- que se producen con un cortocircuito , pueden provocar daños en la instalación y en los equipos.*

*Es conveniente hacer notar que el diseño de ampliaciones o modificaciones a una instalación debe, además de contemplar las condiciones normales de operación, incluir un análisis de los cambios que sufre el nivel de corriente de falla de cierto punto.*

##### **4.3.2 Sobrecargas**

El término sobrecarga es muy general y puede aplicarse a cualquier variable física. En electricidad se entiende que se trata de corrientes que exceden el valor nominal correspondiente. El origen de las sobrecargas es una demanda de potencia mayor que la nominal, o alguna deficiencia de la instalación.

### **Sobredemanda de potencia**

La demanda de mayor potencia, en el mejor de los casos, sucede bajo el conocimiento del personal de operación. Puede ocurrir por: exceso de unidades alimentadas en una salida, equipos de mayor potencia que la prevista, regímenes de trabajo más intensos, arranques muy frecuentes, y en general toda condición que requiera de mayor potencia que la de diseño.

### **Sobrevoltajes por deficiencias del alimentador o del equipo.**

a) Voltaje de alimentación menor al nominal. La potencia de un motor eléctrico puede expresarse como sigue:

$$P = K \cdot V \cdot I$$

donde:

P = Potencia eléctrica en watts.

V = Voltaje en volts.

I = Corriente en amperes.

K = Constante de proporcionalidad

(número de fases, factor de potencia y eficiencia)

Si la potencia eléctrica es constante, una disminución de voltaje se traduce en un aumento de la corriente.

b) Disminución de la frecuencia. En redes de suministro normalmente no se presenta este fenómeno. En sistemas de generación privados una reducción de frecuencia provoca una disminución de voltaje, lo que ocasiona la elevación de la corriente.

c) Fricciones internas en motores. La fricción interna de un motor puede aumentar por cualquiera de las causas siguientes: una chumacera en mal estado o con lubricación defectuosa; una pieza suelta; un objeto extraño que se aloje en el entrehierro; la acumulación de suciedad; o cualquier causa que produzca un desbalanceo. Esto se traduce en un aumento del par y aparece una sobrecarga.

### **Altas temperaturas.**

El aumento de temperatura por arriba de los valores nominales acorta la vida del aislamiento eléctrico. Si el fenómeno se produce de manera intensa y persistente puede provocar un incendio en el equipo e en la parte de la instalación afectada. Las causas principales de temperaturas altas son las sobrecargas y las sobrecorrientes, pero también pueden existir otras causas:

a) Falla del sistema de enfriamiento o disminución de la capacidad de disipación de calor.

b) Cercanía a fuentes de calor.

c) Presencia de corrientes de fuga o conducción a través de los aislamientos.

d) Falsos contactos.

### **4.3.3 USO INADECUADO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

#### ***Eliminación de Protecciones***

Una protección que se dispara frecuentemente no debe sustituirse por una de mayor capacidad, ya que puede tratarse de una sobrecarga permanente. Entonces se debe recurrir al proyecto para determinar si la protección fue calculada correctamente. Una situación aún más peligrosa se presenta cuando por falta de repuestos se coloca un puente conductor que elimina la protección (ya sea fusible o interruptor). Este recurso sólo debe utilizarse en forma temporal y bajo vigilancia constante. La eliminación de una protección representa un grave peligro, ya que una falla puede provocar daños importantes y consecuentemente interrupciones del servicio.

#### ***Uso inadecuado de extensiones***

Las extensiones son elementos muy útiles, pero no deben de utilizarse indiscriminadamente. Básicamente deben de utilizarse para cubrir necesidades temporales y debe vigilarse que no se sobrecarguen por que se les conecten varios equipos en forma permanente o se sobrecalienten por falsos contactos.

### **4.3.4 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN**

Un dispositivo de protección en su sentido más amplio es aquél que al presentarse una falla abre el circuito eléctrico. Para lograr esto se deben desempeñar dos funciones: detectar o sensar la falla y ejecutar la interrupción.

#### ***Características de un sistema de protección***

Se describe a continuación las características de una protección eléctrica adecuada que además debe tener la robustez necesaria para soportar cambios de temperatura y vibraciones.

a) **Confiabilidad.** La confiabilidad es la característica más importante, ya que una protección debe ofrecer la seguridad de que operará siempre que se presenten las condiciones anormales para las que fue diseñada. Esta característica se cumple más fácilmente mientras más sencillos son los mecanismos que detectan e interrumpen la falla.

b) **Rapidez.** Sería deseable que una protección operara inmediatamente después de ocurriese la falla; sin embargo, esto no es posible debido a que las señales eléctricas requieren de cierto tiempo para accionar mecanismos que a su vez tardan en desencadenar el efecto de protección deseado. De acuerdo con esto se establecen los siguientes términos operación instantánea es aquella que caracteriza a una protección que no tiene retraso voluntario, y operación de tiempo definido que es la que integra cierta variable en el tiempo.

c) **Selectividad.** La selectividad es una característica que se atribuye a un sistema de protección en conjunto. Si se supone un sistema eléctrico de configuración radial, cada rama que parte de la acometida tiene varios elementos de protección; el último es aquél que protege contra una falla en el equipo colocado al final de esa rama.

Una protección selectiva es aquella que, al ocurrir una falla en alguna rama de la instalación, opera para aislar la parte estrictamente necesaria de la rama donde ocurrió la falla. Es decir, opera la protección más cercana a la falla (del lado de la alimentación) conocida como protección primaria.

Entonces se puede decir que la selectividad es la característica del sistema de protección que hace que en caso de falla opere la protección primaria. Si por alguna razón no funciona una protección primaria, debe operar la de respaldo, es decir la que sigue del lado de la alimentación. La función de respaldo se entiende únicamente para los casos de fallas de cortocircuito, ya que la sobrecarga de una derivación puede no ser suficiente como para que no opere un respaldo. En caso de que opere la protección de respaldo, deben revisarse las causas y si es necesario modificar la capacidad de la protección primaria.

*Es interesante imaginar la situación que se presenta cuando ocurre una falla: todas las protecciones perciben cierta señal de la presencia de ésta, pero su calibración debe ser tal que sólo opere aquella que este más cerca.*

*Al conjunto de protecciones calibradas de forma que operen selectivamente se le conoce como sistema coordinado de protecciones.*

d) Economía. Un estudio técnico-económico de protecciones debe considerar la inversión necesaria para la instalación y operación del sistema contra el costo de reparación de los posibles daños asociados más el costo de interrupción del servicio. Entonces un sistema de protección será más sofisticado (costoso) según el valor de los equipos que protege y la probabilidad de que se produzcan perjuicios.

### **Calibración**

La calibración de protecciones se basa en parámetros obtenidos en la práctica. Si un elemento de protección está calibrado a un valor demasiado sensible, los transitorios o situaciones pasajeras - que no afectan la instalación- pueden ocasionar una señal de disparo que provoque interrupciones en el servicio. Por otra parte, un elemento de protección mal calibrado o que se descalibra es como si no existiera en la instalación.

No debe modificarse la calibración de un elemento de protección que se dispara con frecuencia. Deben cuidarse su limpieza y ventilación y encomendar su ajuste o recalibración a técnicos especializados. Tampoco es recomendable sustituir un elemento de protección por otro de mayor capacidad, ya que representaría tanto como eliminar la protección contra sobrecargas. Se recomienda revisar el proyecto cuidadosamente y definir si la protección está bien calculada.

### **Fusibles**

Se puede decir que los fusibles son los elementos de protección más utilizados en las instalaciones eléctricas. En términos sencillos se trata de un conductor con una calibración precisa para fundirse cuando la corriente que circula por él pasa de cierto límite. Entonces los fusibles cubren las funciones del sensor y del interruptor.

El elemento fusible está colocado dentro de una estructura con terminales y bases para su fijación con los aislamientos necesarios, los que limitan el nivel de

voltaje. El elemento fusible puede estar rodeado de aire, arena de cuarzo o alguna otro material para enfriar los gases del arco y restablecer el medio dieléctrico.

La calibración del fusible se hace en función de las pérdidas de energía por efecto Joule. La energía que produce la corriente nominal se disipa en el medio ambiente, y la temperatura no afecta las propiedades físicas del fusible. Si la corriente se mantiene durante cierto tiempo por arriba del valor nominal, la temperatura del elemento fusible alcanza el punto de fusión y se abre el circuito. La calibración está hecha para cierta temperatura ambiente, por lo que falta de ventilación puede modificarla.

La capacidad interruptiva, definida como el producto de la corriente del cortocircuito por el voltaje que aparece en las terminales después de que el fusible abrió el circuito - voltaje de restablecimiento-, depende de la separación de la terminales que rodean al elemento.

El fusible se utiliza más comúnmente como medio de protección de cortocircuito que contra sobrecarga. Sin embargo existen los llamados "fusibles limitadores de corriente" que también protegen contra sobrecarga.

Los fusibles para baja tensión se construyen en diversas forma; las más comunes son las llamadas tipo tapón y tipo cartucho. El fusible tapón es de potencias de cortocircuito bajas: se fabrica para corrientes nominales hasta 30 A. El tipo cartucho está diseñado para potencias de cortocircuito mayores y para corrientes nominales de 30 a 400 amperes. Para aumentar la capacidad interruptiva se fabrican con varios cambios de sección en forma de zig zag (para aumentar su longitud) o se rellenan de arena.

Los fusibles presentan las siguientes particularidades:

- a) Son de una sola operación, ya que después de haber interrumpido la falla debe reponerse el fusible completo o su elemento conductor.
- b) Son de operación individual, ya que solo interrumpen la corriente en la fase donde sucedió el cortocircuito o la sobrecarga.
- c) Son baratos comparados con las otras protecciones.
- d) Tienen un tiempo de operación bastante corto, por lo que resulta difícil coordinarlos con otros dispositivos de protección.
- e) Tienen un potencia de cortocircuito superior a otras protecciones.
- f) Son bastantes seguros y difícilmente operan sin causa.

### ***Interruptores Termomagnéticos***

El interruptor termomagnetico se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que puede realizar funciones de conexión o desconexión, protección contra cortocircuito y contra sobrecarga en instalaciones de baja tensión (hasta 600 V).

Está constituido por una caja moldeada con terminales y una palanca para su accionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tienen una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacenó la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía, y la fuerza del resorte separa los contactos .

La protección contra sobrecarga esta constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como del tiempo que se mantenga, provoca el disparo que abre los contactos. Esta misma barra está colocada a cierta distancia de una pieza ferromagnética. Cuando la corriente se eleva a valores muy altos (cortocircuito) se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran a un tiempo muy corto. De esta manera se logra la protección contra cortocircuito. Estos interruptores tienen una calibración que en algunos casos sólo el fabricante puede modificar.

La capacidad interruptiva o la potencia máxima de cortocircuito (corriente máxima de cortocircuito por el voltaje de restablecimiento) que puede soportar un termomagnético está limitada por:

- a) La separación de los contactos en posición abierta.
- b) El tiempo que tarda en abrirse los contactos y llegar a la separación máxima. Este lapso a su vez depende de las masas en movimiento, de la fricción y de la energía que se almacena en el resorte.
- c) La capacidad de la cámara de extinción para enfriar los gases del arco.

Si la capacidad de cortocircuito se especifica en amperes se entiende que el voltaje de restablecimiento es el voltaje nominal. Si la corriente de cortocircuito sobrepasa la capacidad interruptiva, las paredes de la cámara de extinción son capaces de enfriar los gases ionizados y la corriente sigue fluyendo. Entonces la energía disipada por el arco por efecto Joule, debida a la resistencia del arco ( $RI^2t$ ), aumenta súbitamente y en fracciones de segundo los gases aumentan de volumen produciendo una explosión.

Lo mismo sucede si la corriente es menor que la corriente máxima de cortocircuito, pero el voltaje de restablecimiento (voltaje que aparece en los contactos abiertos después de la falla) es mayor que su voltaje nominal, ya que este voltaje restablece la corriente después de cada paso por cero y el arco se mantiene.

## **4.4 REQUISITOS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS**

### **4.4.1 Levantamiento de cargas.**

Es necesario obtener un plano general de la planta con la localización de los equipos principales anotando sus características eléctricas principales (potencia, tensión, número de fases) de modo de poder determinar la carga total de la instalación en KW o KVA. Inicialmente la cantidad calculada de carga puede estar limitada, ya que algunas de las cargas como el alumbrado o el aire acondicionado se pueden estimar de tablas generales. La carga estimada del sistema requerirá continuos refinamientos hasta la conclusión del trabajo.

### **4.4.2 Determinación de la demanda.**

La suma de los VA nominales de todas las cargas de la planta nos proporciona el total de la carga conectada.

Puesto que algunos equipos operan a menos de su capacidad plena y otros lo hacen intermitentemente, la demanda resultante es menor que la instalada, por lo que es necesario considerar en el análisis un factor apropiado.

A continuación se describen algunas definiciones relacionadas con la determinación de la demanda:

**Demanda.** Es la carga eléctrica en las terminales de recepción de energía, promediada sobre el intervalo de tiempo específico. La demanda expresa en KW, KVA ó amperes. El intervalo de tiempo es generalmente 15 minutos, 30 minutos ó 1 hora. Que se basa en el intervalo de demanda de la compañía suministradora.

**Carga Pico.** Es la máxima carga consumida producida por una unidad o grupo de unidades en un período de tiempo establecido. Puede ser la máxima carga instantánea o la máxima carga promedio durante un período.

**Demanda Máxima.** Es la mayor de las demandas que han ocurrido durante un período de tiempo específico (para la compañía suministradora esta puede ser de un mes).

**Factor de demanda.** Es la razón de la demanda máxima del sistema al total de carga conectada del sistema. El resultado es siempre menor o igual a uno.

**Factor de carga.** Es la razón de la carga promedio durante un cierto período de tiempo a la carga pico en este período.

#### **4.4.3 Selección del arreglo eléctrico.**

Primeramente se deben de investigar los diferentes tipos de arreglos o sistemas de distribución y seleccionar el más adecuado a las necesidades del proceso de manufactura de la planta. En general los costos del sistema se incrementan a medida que se incrementa la confiabilidad del sistema, si la calidad de los componentes es igual puede obtenerse la máxima confiabilidad por unidad de inversión si se seleccionan los componentes del sistema con un buen diseño de calidad.

En procesos continuos puede ser necesario un arreglo con circuitos redundantes para permitir mantenimiento al equipo sin interrupción del proceso. Aunque en estos arreglos la confiabilidad es alta, una operación segura del sistema requiere de mantenimiento rutinario, un sistema al que no se le puede dar mantenimiento por razones de continuidad es un sistema mal diseñado.

#### **4.4 Localización del equipo.**

En general entre más cerca se localicen los transformadores del centro de carga del área servida, menores serán los costos del sistema de distribución. En caso de duda es importante hacer evaluaciones técnico – económicas.

#### **4.4.5 Selección del voltaje de utilización.**

Seleccione las mejores tensiones en cada uno de los niveles (baja y media tensión), las tensiones del sistema normalmente influyen más que ningún otro factor, en la economía tanto en la selección del equipo como en la expansión de la planta.

#### **4.4.6 Servicio de suministro de energía**

Tan pronto como sea posible, debe efectuarse una reunión con la empresa eléctrica para determinar los requerimientos del servicio. Recuerde que si la carga es muy alta, la compañía de electricidad debe planear los cambios en su red de distribución.

#### **4.4.7 Análisis de corto circuito y coordinación de protecciones.**

Se deberá calcular las corrientes de corto circuito en todos los componentes del sistema. Se deberá hacer una evaluación del corto circuito siempre que se efectúen cambios en el suministro de energía primario que puedan afectar significativamente las corrientes de falla.

Estos cambios pueden incluir, pero no limitarse, a lo siguiente:

- a) Cambios en el lado de alta tensión.
- b) Aumento en la capacidad del transformador o disminución de su impedancia.
- c) Alimentación primaria adicional de otras fuentes alternas.
- d) Cambio de las condiciones de operación tal, como cambiar la operación de bus normalmente cerrado.

La coordinación de protecciones deberá igualmente evaluarse junto con el análisis de corto circuito sobre todo cuando ocurran cambios en el suministro primario. Se deberá incluir en el análisis la coordinación de la protección de cargas críticas como los sistemas ininterrumpibles de energía (UPS) donde su dispositivo de sobrecorriente deberá actuar rápidamente para proteger los dispositivos electrónicos.

#### **4.4.8 Expansión futura.**

Si esta diseñado la expansión de un sistema existente, cuide que el equipo soporte la carga adicional y el nuevo corto circuito, revise características de capacidad nominal, tensión, capacidad interruptiva, operación de interruptores y la coordinación de protecciones. Estudie la mejor manera de conectar la parte nueva con un mínimo costo de construcción.

#### **4.4.9 Mantenimiento.**

El equipo eléctrico deberá seleccionarse e instalarse tomando en cuenta, la operación, la seguridad y la confiabilidad. Para contar con estas características deberá de establecerse un programa de mantenimiento y adaptarlo al tipo de equipo y detalles particulares de la instalación. Algunas partes requerirán de atención diaria, otras

semanalmente y otras podrán ser checadas o probadas anualmente o con menos frecuencia.

Las necesidades del programa de mantenimiento deberán incorporarse al diseño eléctrico para proporcionar espacios de trabajo, acceso fácil a la inspección, facilidades para probar o tomar muestras de materiales y medios de desconexión para el personal de mantenimiento.

El programa de mantenimiento deberá tener los siguientes objetivos:

- a) Limpieza.
- b) Control de Humedad.
- c) Ventilación Adecuada.
- d) Reducción de la Corrosión.
- e) Mantenimiento de Conductores.
- f) Inspección y pruebas rutinarias.
- g) Manejo de registros.
- h) Aplicación constante de códigos y normas.

## CAPITULO V

### *Proyecto eléctrico actualizado*

#### **5.1 Análisis de carga actual y determinación de tableros**

La instalación eléctrica actual del Edificio A-12 del Campus Aragón de la U.N.A.M (contactos y luminarios), se encuentra expresada y detallada con cargas por circuito, tableros, números de luminarios y contactos en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 y se puede apreciar la estructura física de dicha instalación en los planos 5.4 al 5.9.

La planta baja del edificio se destina al uso de oficinas del Área de Posgrado, son veinte cubículos localizados en la parte izquierda del edificio los cuales son utilizados como oficinas, existen además cuatro salones de clase en la misma planta del lado izquierdo, esto se puede observar mejor en el plano general de la planta (5.4) y en el detalle del mismo (5.7); este último nos permite darnos una mejor idea de la distribución y uniformidad de los cubículos

El primer piso se encuentra conformado de once salones de clase uniformemente formados, en los cuales se dan clases del departamento de idiomas; las características particulares de los dos pisos de clases son la uniformidad en las dimensiones de los salones de clase, por lo cual los cálculos se realizaron una sola vez por cada piso (planos 5.5 y 5.8).

El segundo piso cuenta con nueve salones de clases también con características uniformes, tanto por sus medidas como en la distribución de sus luminarios (planos 5.6 y 5.9). En cualquiera de los tres detalles de plano de los pisos se puede observar la identificación de cargas (luminarios y contactos), así como el circuito y el tablero al que pertenecen. Lo que desgraciadamente no se pudo observar en los planos generales por las dimensiones que los mismos tendrían que tener para poder ser legibles.

Todos los espacios de trabajo del edificio, cuentan con una adecuada orientación respecto al sol, por lo que en la mayor parte del día recibe luz natural, por lo tanto las necesidades de tiempo de iluminación artificial se ven reducidas a lo mínimo posible. La mayor parte de la carga a considerar en el edificio, es al aspecto de iluminación. Ya que las cargas de los contactos se ve reducido en su mayoría al uso de ordenadores y algunas maquinas de oficina en el primer piso.

Para el análisis de la carga actual se realizó un levantamiento en cada uno de los pisos, dicha carga se muestra en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3. Con sus respectivos tableros y circuitos identificados. Dicho levantamiento consistió en la identificación individual de cada lámpara y cada contacto para identificar cuál era el circuito que controlaba a cada uno de ellos. Y así de esta manera identificarlos en los planos.

DISEÑO DE ALUMBRADO Y PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA PARA EL EDIFICIO A-12 DEL CAMPUS ARAGON UNAM. PAG. 93

Para el análisis de carga los luminarios se consideraron con una carga de 200 watts, por ser cuatro lámparas por luminario, cada una de 40 watts, esto nos da un subtotal de 160 watts más un 25 % de carga por ser balastro de tipo normal; y los contactos se tomaron con un valor de 200 watts por salida.

Una construcción puede sufrir modificaciones a través del tiempo, tanto en su estructura física, como en su instalación eléctrica, por lo que es importante mantener actualizados los planos de un edificio, y más si se va a realizar un proyecto de rediseño de cualquiera de sus partes, en este caso la eléctrica.

El levantamiento y la realización de los planos se realizaron en coordinación con el Programa de Ahorro de Energía de la U.N.A.M.

## 5.2 Cuadros de cargas.

TABLA 5.1 PLANTA BAJA

TABLERO	CIRCUITO	No. LUMINARIO	CARGA LUMINARIO	No. CONTACTOS	CARGA CONTACTOS
TA12PB	C1	8.5	1700	-	-
TA12PB	C2	6	1200	58	11600
TA12PB	C3	11.5	2300	-	-
TA12PB	C4	9	1800	-	-
TA12PB	C5	9	1800	4	800
TA12PB	C6	10	2000	2	400
TA12PB	C7	-	-	-	-
TA12PB	C8	-	-	-	-
TA12PB	C9	-	-	-	-
TA12PB	C10	18	3600	-	-
TA12PB	C11	-	-	-	-
TA12PB	C12	-	-	28	5600

**TABLA 5.2 PRIMER PISO**

<b>TABLERO</b>	<b>CIRCUITO</b>	<b>No. LUMINARIO</b>	<b>CARGA LUMINARIO</b>	<b>No. CONTACTOS</b>	<b>CARGA CONTACTOS</b>
TA121P	C1	9	1800	-	-
TA121P	C2	15	3000	-	-
TA121P	C3	6	1200	-	-
TA121P	C4	-	-	-	-
TA121P	C5	18	3600	-	-
TA121P	C6	-	-	-	-
TA121P	C7	9	1800	-	-
TA121P	C8	9	1800	20	4000
TA121P	C9	-	-	-	-
TA121P	C10	-	-	-	-
TA121P	C11	8	1800	-	-
TA121P	C12	15	3000	-	-

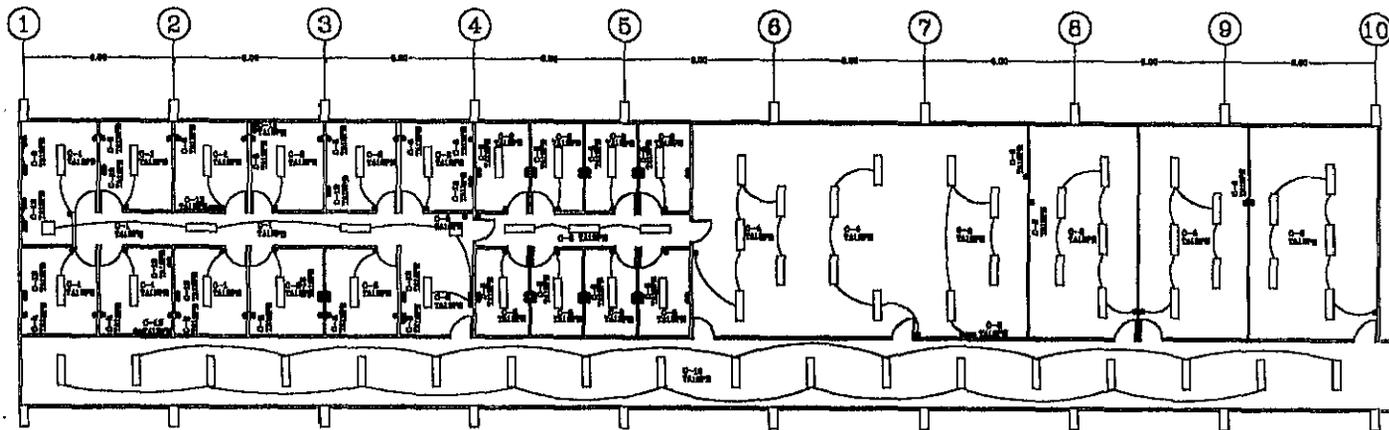
TABLA 5.3 SEGUNDO PISO

TABLERO	CIRCUITO	No. LUMINARIO	CARGA LUMINARIO	No. CONTACTOS	CARGA CONTACTOS
TA122P	C1	9	1800	-	-
TA122P	C2	9	1800	-	-
TA122P	C3	15	3000	-	-
TA122P	C4	9	1800	-	-
TA122P	C5	6	1200	-	-
TA122P	C6	6	1200	-	-
TA122P	C7	9	1800	-	-
TA122P	C8	9	1800	-	-
TA122P	C9	-	-	-	-
TA122P	C10	-	-	-	-
TA122P	C11	-	-	4	800
TA122P	C12	-	-	5	1000

**NOTA:**

Los luminarios se tomaron con una carga de 40 watts por lámpara por cuatro lámparas por luminario nos da un total de 160 watts, más un 25% de la balastro normal, nos da un valor de 200 watts por luminario; los contactos se consideraron con una carga de 200 watts cada uno.

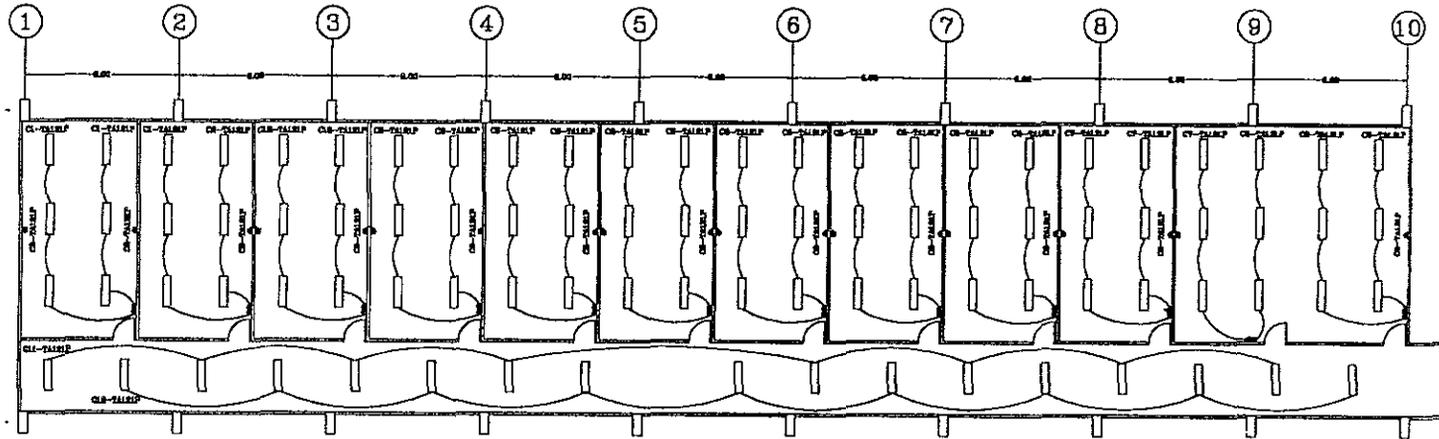
PLANO 5.4 - Plano actualizado Planta Baja.



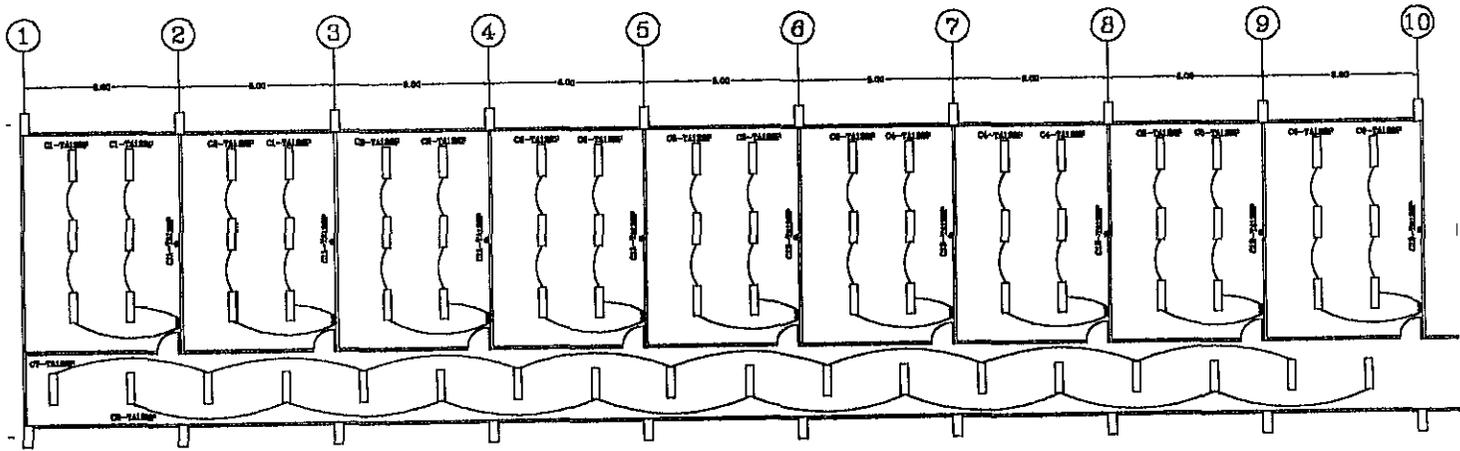
Simbología:

-  Luminario con 4 lámparas fluorescentes de 40 watts cada uno blanco frio, 127 volts, 60 hertz, de arranque rápido, con balastro normal.

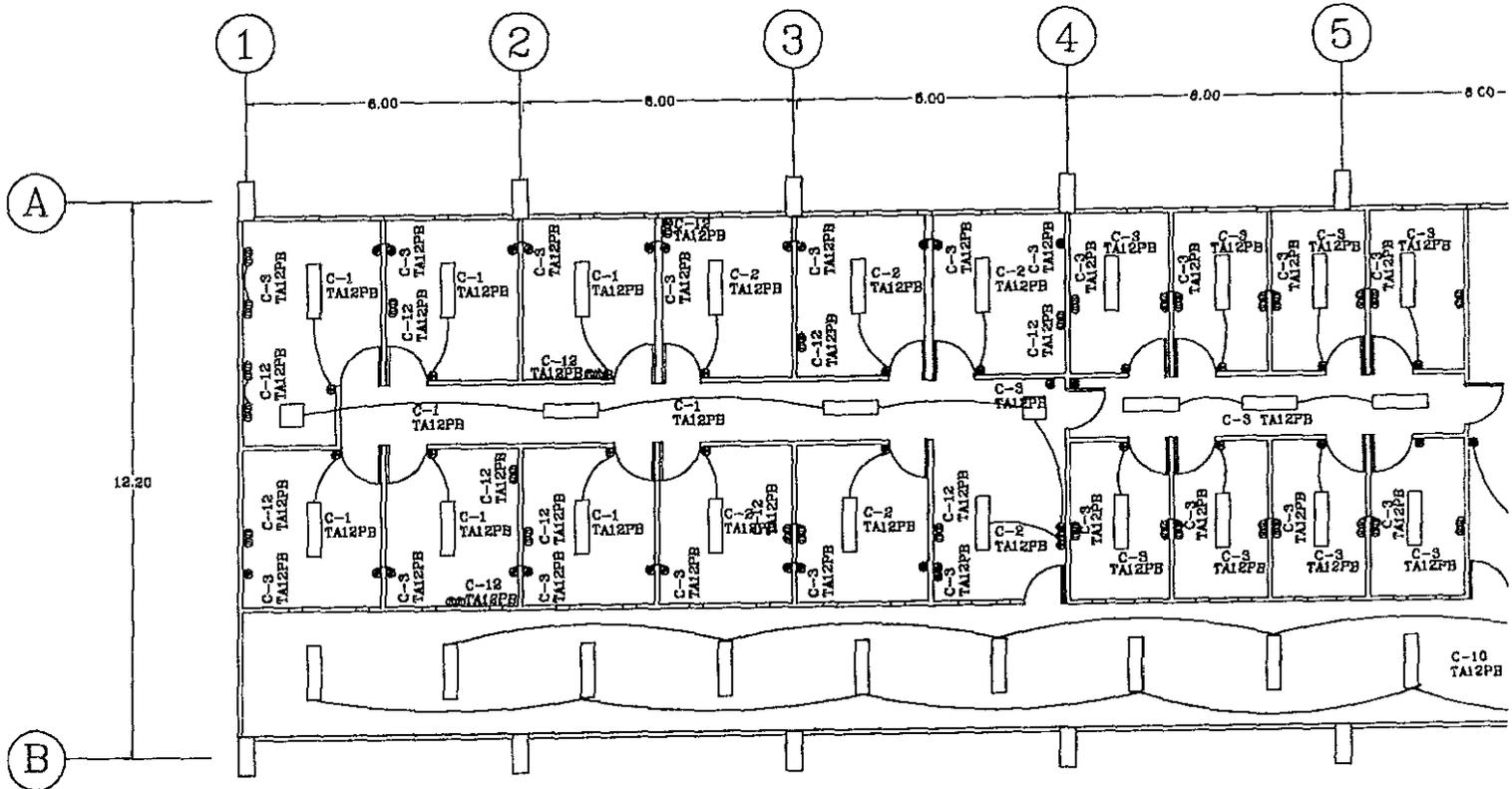
PLANO 5.5 - Plano Actualizado 1er. Piso.



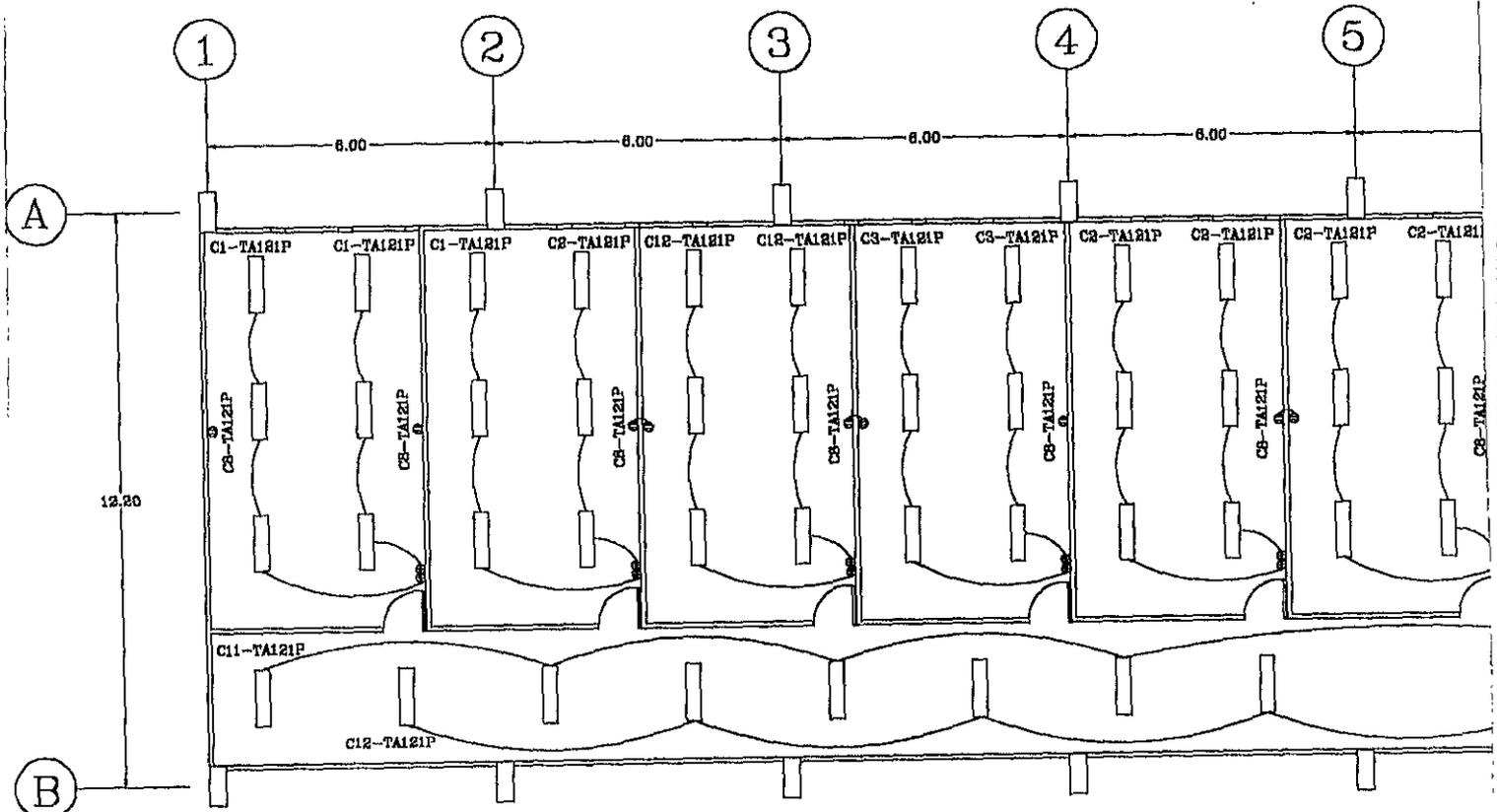
PLANO 5.6 - Plano Actualizado 2do. Piso.



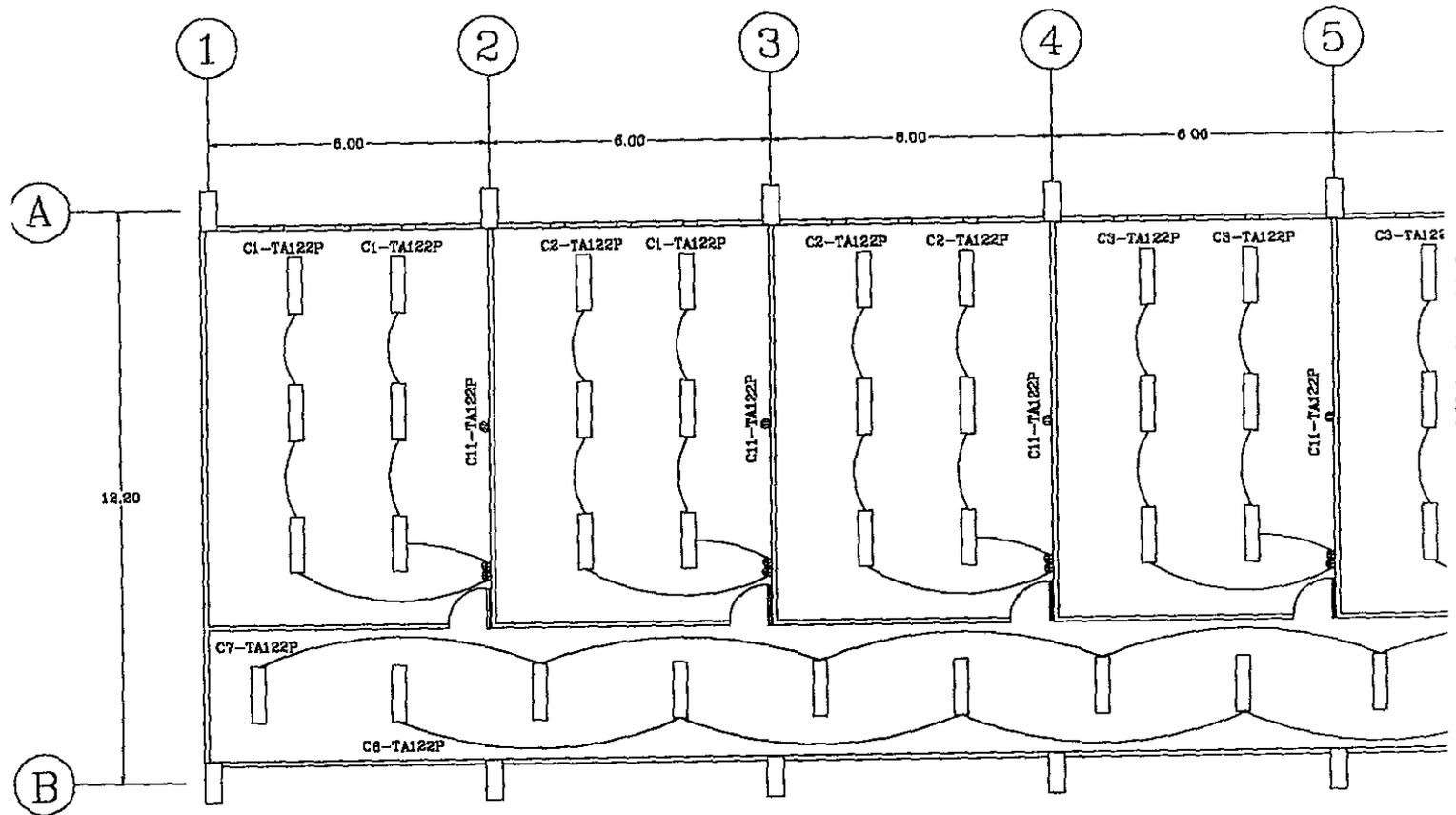
PLANO 5.7 - Detalle Plano Planta Baja.



PLANO 5.8 - Detalle Plano 1er. Piso.



PLANO 5.9 - Detalle Plano 2do. Piso.



## CAPITULO VI

### Proyecto de Ahorro de Energía

#### 6.1 CONCEPTOS GENERALES DE AHORRO DE ENERGÍA EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

##### 6.1.1 Definiciones

- *Ahorro de energía eléctrica.* Es la reducción del consumo y/o demanda de energía eléctrica mediante el uso eficiente y racional de las instalaciones, equipos, dispositivos y materiales que la generan, transmiten, distribuyen y utilizan.
- *Equipos y dispositivos ahorradores de energía.* Equipos y dispositivos utilizados para reducir y optimizar el uso de la energía eléctrica.

##### 6.1.2 Ahorro de Energía Eléctrica en Iluminación

Existen tres sencillas maneras de ahorrar miles de pesos en energía eléctrica.

- 1) Lámparas y balastos ahorradores de energía
- 2) Uso de reflectores ópticos
- 3) Controles de iluminación

En el mercado existen gran variedad de lámparas fluorescentes compactas, que pueden sustituir directamente a los tradicionales focos incandescentes, debido a que emiten aproximadamente el mismo flujo luminoso, consumen aproximadamente 75% menos energía, duran 10 veces más y emiten una luz agradable.

Para los tradicionales sistemas de iluminación fluorescente existen tubos y balastos de las mismas dimensiones que son ahorradoras de energía

FLUORESCENTE TRADICIONAL CON BALASTRO TRADICIONAL	VS	FLUORESCENTE AHORRADORA CON BALASTRO AHORRADOR
75 W	⇒	60 W
40 W	⇒	34 W
39 W	⇒	30 W

Cabe mencionar que los sistemas de 2 pines son más eficientes y duran más que los de uno, por lo que sugiere sustituir los sistemas de 39 W (de un pin) por sistema de 34 W (de dos pines).

#### 6.2 Consideraciones para el Ahorro de Energía en Iluminación

##### 6.2.1 Sistema de Iluminación

Un sistema de iluminación debe dar el nivel adecuado a los locales o áreas por iluminar para las actividades que se desarrollan en ellas. Además debe de haber ausencia de deslumbramiento y brindar una satisfactoria tonalidad de colores. El sistema de iluminación debe de ser óptimo para obtener la luz necesaria con un menor consumo de energía.

En caso de que los niveles de iluminación sean los adecuados, entonces lo recomendable es utilizar lámparas que proporcionan el mismo nivel, pero con una menor potencia. Lo más aconsejable es esperar a la terminación de la vida útil de las lámparas antes de hacer la sustitución propuesta. Para estos fines es fundamental llevar un control por área de las horas de utilización de las lámparas, que servirá para reemplazar el grupo. Estas lámparas se fabrican de 32, 34, 60 y 95 watts, que sustituyen a lámparas de 39, 40, 75 y 110 watts respectivamente.

### 6.2.2 Utilización por tipo de lámpara

En la tabla se presenta una guía que recomienda el tipo de lámpara que se debe de emplear de acuerdo con el lugar requerido.

TIPO DE LAMPARA	UTILIZACIÓN
Sodio alta presión	Alumbrado interior, donde el índice de rendimiento de color no es crítico Alumbrado industrial de media y gran altura Alumbrado público Estacionamientos Alumbrado de seguridad Alumbrado de pasos peatonales
Sodio baja presión	Alumbrado de carreteras con neblina Alumbrado exterior, donde la identificación de colores no es necesaria
Aditivos Metálicos	Alumbrados de deportivos y en interiores de gran altura, donde las labores a realizar requieran una buena discriminación de colores. Alumbrado industrial Centros comerciales
Fluorescente	Iluminación de interiores en general
Lámpara Fluorescente compacta (ahorradora de energía)	Alumbrado para todo tipo de locales Ideal para hoteles, restaurantes, hospitales, casas-habitación, etcétera.
Bombilla de luz Mixta	Su pueden utilizar en ambientes internos y externos. Pueden ser alojados en luminarios de bombillas incandescentes. Se pueden utilizar en fábricas, tiendas, estacionamientos, plazas, etcétera.

Nota: La lámpara fluorescente compacta puede ser instalada en lugar de iluminación incandescente.

### **6.2.3 Separación de los circuitos**

Uno de los problemas más generalizados consiste en la imposibilidad de apagar ciertas lámparas que no son necesarias en determinado momento, debido a que existe un interruptor que controla un número de lámparas que por razón de la división de las oficinas quedan en pasillos y salas de juntas, por ejemplo, originando que siempre permanezcan encendidas.

También impide apagar las lámparas en horarios en que solo un mínimo personal está laborando, pese a que estén encendidas lámparas innecesarias.

En estos casos se recomienda rediseñar la instalación eléctrica con circuitos independientes, o bien instalar en cada luminario un apagador de palanca o de perilla colgante. La medida anterior tendrá que ser apoyada por campañas de concientización, como a continuación se describe:

a) Elaboración e impresión de carteles alusivos con diferentes imágenes cuando menos cada tres meses.

b) Formación de un Comité de Ahorro de Energía que se responsabilice de supervisar las medidas de ahorro y organizar pláticas al personal e inclusive otorgar incentivos.

c) Elaboración de un instructivo de medidas operativas que involucren a los empleados y al personal de vigilancia e intendencia.

### **6.2.4 Luz diurna**

Es conveniente redistribuir los circuitos de alumbrado de tal manera que las lámparas ubicadas cerca de las ventanas se puedan encender y apagar por medio de un interruptor sencillo (o mediante un control, automático con fotocelda), a fin de aprovechar la luz solar.

### **6.2.5 Eliminación de focos incandescentes**

El foco incandescente es el de más bajo rendimiento, debido a que su operación está basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con lo cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y solo el 5% en luz. Adicionalmente hay áreas en los edificios que utilizan los denominados spots.

En todos los casos lo más aconsejable es sustituir los focos y spots con lámparas fluorescentes compactas, las cuales cuentan con entradas para socket. Estas lámparas fluorescentes compactas existen en 5, 7, 9, 13, 15 y 18 watts para sustituir en su caso a focos de 25, 40, 60 y 75 watts.

En lugares donde el alumbrado se utiliza por intervalos pequeños de tiempo, no se recomienda utilizar lámparas fluorescentes con socket en lugar de incandescentes, pues el continuo encendido y apagado de las mismas demeritan su vida.

### **6.2.6 Balastros ociosos**

Es común encontrar lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, pero unidas al balastro. Esto debe evitarse, pues el balastro sigue consumiendo energía eléctrica, del orden del 20% de la potencia de la lámpara.

Por otra parte, si un balastro está conectado a dos lámparas y una de ellas fue desconectada, la lámpara en funcionamiento reducirá su vida útil.

### **6.2.7 *Balastos de alta eficiencia***

Normalmente los balastos son construidos con circuitos magnéticos y su consumo es de aproximadamente el 20% de la potencia de la lámpara. Actualmente existen en el mercado balastos ahorradores que consumen menos energía y permiten a la lámpara llegar a su vida nominal. Por otro lado, también están los balastos electrónicos que son los más eficientes. Cabe observar que los balastos ahorradores cuestan casi lo mismo que los tradicionales, no siendo así el caso de los electrónicos cuyo costo es superior.

Se recomienda conectar las cajas metálicas de los balastos a la tierra efectiva de la instalación.

### **6.2.8 *Temperatura de los Balastos***

Con el objeto de mantener la temperatura de los balastos dentro de los rangos indicados por el fabricante, se recomiendan los siguientes puntos:

- 1.- Instalarlos en lugares que no se encuentren a altas temperaturas.
- 2.- Colocarlos sobre una superficie metálica de modo que la base completa quede en contacto directo con el metal.
- 3.- Si un mismo gabinete o luminaria contiene dos o más balastos, separarlos y orientarlos de manera que no se transmita calor.

Los balastos para lámparas fluorescentes deberán contar con protección térmica tal y como lo establece la NOM-001-SEPM-1994 y la NOM-058-SCFI-1995.

### **6.2.9 *Compatibilidad de los Balastos***

Se deben instalar balastos adecuados a la capacidad de las lámparas. Evitar el uso de balastos ahorradores de energía con las lámparas que no sean compatibles.

### **6.2.10 *Sistemas de encendido de las lámparas***

Con el fin de tener un menor consumo de energía, se sugiere utilizar el sistema de encendido rápido, y cuando se instalen los balastos en un lugar diferente, se recomienda la instalación de encendido instantáneo.

### **6.2.11 *Difusores en mal estado***

El difusor es la tapa de acrílico que se coloca debajo de las lámparas. Su función consiste en difundir hacia los extremos la luz que sale en forma vertical. Además reduce la brillantez sin que por ello afecte el nivel de iluminación. Si el difusor se encuentra sucio por el polvo acumulado, entonces sí disminuirá el nivel de iluminación. Hacer una buena limpieza a los difusores es recomendable, y si no mejora el nivel de iluminación es conveniente sustituirlos por otros de mayor eficiencia; no hay que aceptar la compra de difusores de material similar al acrílico como poliestireno u otros; ya que además de ser poco eficientes su vida está limitada a un promedio de 12 a 15 meses en que pierden por completo su color transparente. También existen en el mercado difusores tipo rejilla con los que se obtienen buenos resultados.

### **6.2.12 Luminarios**

#### **a) Conexión a tierra**

Los luminarios deben de ser conectados a la tierra efectiva de la instalación eléctrica.

#### **b) Control térmico**

Para mantener la temperatura correcta de funcionamiento de balastos, lámparas, etc. se recomienda instalar los luminarios de tal manera que tengan una buena ventilación y a 15 cm del techo, en lugar de colocarlos directamente sobre él. Además es recomendable utilizar diversos dispositivos dispersadores de calor.

#### **c) Luminario eficiente**

Es recomendable el uso de luminarios eficientes, porque su diseño permite una buena distribución del flujo luminoso. Esto se logra incorporando al luminario reflectores y difusores de alta eficiencia, pintura de alta reflectancia, rejillas parabólicas, etc.

#### **d) Luminarios obsoletos**

El luminario es la caja de lámina en donde se alojan las lámparas y el balastro. La parte superior está cubierta con una pintura reflejante, que es necesario revisar periódicamente para cerciorarse que no este deteriorada.

Actualmente ya se están fabricando reflectores de aluminio que se sobreponen al luminario con lo que se logra una mayor reflexión, que puede llegar hasta el 95%, por lo cual, dependiendo del estado en que se encuentre la pintura, se puede ganar entre el 25% y 50% de nivel de iluminación, lo que permitirá eliminar la mitad de las lámparas ahorrándose el 50% de la energía eléctrica. Si con esta medida se perdiera nivel de iluminación, éste se puede recuperar por otros medios, como por ejemplo, sustituir lámparas por otras de mayor flujo luminoso y pintar paredes, techos y columnas de color claro. Estos reflectores también se utilizan para incrementar la iluminación cuando está no es suficiente, evitándose la instalación de luminarios adicionales.

### **6.2.13 Altura de montaje excesiva**

En muchos edificios las lámparas se encuentra tan elevadas, que si permanecieran apagadas no se afectaría el nivel de iluminación. Esto se debe a que solo son elementos decorativos. Si se desea aprovecharlas, se recomienda reducir la altura de montaje y rediseñar el sistema para colocar menor número de luminarios. No se recomienda instalar lámparas fluorescentes a alturas superiores a 4 metros.

### **6.2.13 Alumbrado de seguridad**

Las áreas que no necesitan nitidez de color, como estacionamientos, jardines, plazas, etc.; pueden ser iluminadas con lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión que reducen el consumo de energía hasta en 65%.

### **6.2.14 Sistemas automáticos**

Tenga en cuenta que el personal de seguridad y/o de mantenimiento no estará siempre en la disponibilidad de acatar instrucciones en el sentido de desconectar determinados circuitos a determinadas horas; se recomienda instalar desde el sencillo

apagador de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc.; hasta equipos programables que conectan y desconectan circuitos según las necesidades de trabajo.

#### **6.2.15 Disposición y Color del Mobiliario**

Se recomienda que el color del mobiliario sea claro y sin brillantez y su disposición sea la adecuada para obtener un mejor aprovechamiento del sistema de iluminación y de la luz natural.

#### **6.2.16 Reflectancias del local**

Para mejorar reflectancias en interiores, se recomienda utilizar colores claros y superficies lisas.

#### **6.2.17 Áreas Iluminadas**

Cualquier espacio (residencial, laboral, social, etc.) que tenga varias áreas de utilización deberá de tener control de alumbrado de cada una de ellas; además cada área debe contar con un número adecuado de controles.

#### **6.2.18 Tensión de operación**

Todo tipo de lámpara debe de ser alimentada a la tensión nominal para obtener una buena operación y un máximo rendimiento.

#### **6.2.19 Luz natural**

Se debe de utilizar y aprovechar al máximo la luz natural para iluminación de interiores.

#### **6.2.20 Iluminación localizada**

Se recomienda este tipo de iluminación para áreas o zonas de actividad específica.

#### **6.2.21 Iluminación general**

Iluminación diseñada para alumbrar un área sin tomar en cuenta requisitos especiales.

#### **6.2.22 Factores de pérdida de luz**

En la selección de lámparas, luminarios, balastos, etc., en la selección de un sistema de iluminación, se tendrán los distintos factores de pérdida de luz. Los más sobresalientes son:

- 1.- Depreciación lumínica.
- 2.- Acumulación de polvo y envejecimiento de la lámpara.
- 3.- Suciedad en la luminaria.
- 4.- Acumulación de polvo en paredes.
- 5.- Temperatura y humedad.
- 6.- Posición de las lámparas (se debe utilizar la indicada por el fabricante).

---

\* En todo local se recomienda instalar ventanas de dimensiones adecuadas, domos y cualquier otro medio para introducir luz natural, además de hacer una distribución funcional del mobiliario.

### **6.2.23      *Consideraciones de diseño***

Un adecuado proyecto de iluminación conduce a un ahorro y uso racional de la energía; para lograr esto se deben considerar los tres aspectos siguientes:

- 1.- Iluminación del medio
  - a) Tarea visual.
  - b) Nivel de iluminación.
  - c) Distribución de la iluminación.
  - d) Confort visual.
  - e) Control de deslumbramiento.
  - f) Rendimiento de color.
  - g) Apariencia física
- 2.- Medio Físico
  - a) Tamaño y geometría del espacio.
  - b) Localización y orientación del plano de trabajo.
  - c) Divisiones y obstáculos.
  - d) Reflectancias de superficies.
  - e) Condiciones atmosféricas.
  - f) Humedad y disponibilidad de luz natural.
  - g) Vibración y temperatura.
  - h) *Condiciones de tensión.*
- 3.- Selección de equipo
  - a) Eficiencia y rendimiento de lámparas y luminarios
  - b) Eficiencia y rendimiento de balastos
  - c) Procedimiento o métodos de cálculo.

### **6.2.24      *Información fotométrica***

Para el diseño e instalación de sistemas de alumbrado se debe contar con los datos fotométricos siguientes:

- 1.- Coeficiente de utilización
- 2.- Espaciamiento máximo
- 3.- Descripción de lámpara y luminario
- 4.- Lúmenes por zona

**6.3 CUADRO COMPARATIVO DE CARGAS.**

<b>TABLERO</b>	<b>No. LUMINARIO</b>	<b>CARGA LUMINARIO</b>	<b>No. PROPUESTO DE LUMINARIOS</b>	<b>CARGA ESTIMADA</b>	<b>AHORRO PROYECTADO</b>
TA12PB	62	12400	68	9248	3152
TA121P	89	17800	89	12104	5696
TA122P	72	14400	72	9792	9792

Nota:

Como se puede observar el numero de luminarios totales solo aumento en 6 en la planta baja y el ahorro estimado asciende a 18,640 watts.

#### **6.4 PROPUESTA PARA EL PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA.**

Basándonos en los cálculos, tomando en cuenta las condiciones en que se encuentra la instalación eléctrica y de alumbrado, tratando de aprovechar al máximo los recursos existentes, y las lámparas que se hayan en condiciones de vida aceptables de trabajo. La propuesta sería la siguiente:

El cambio sistemático de lámparas y balastos, esto sería, cambiar las lámparas existentes T-12 de 40 watts por lámparas del mismo tamaño, pero de 34 watts (del tipo ahorrador de energía); blanco frío de 20 000 horas de vida con una producción inicial de 2800 lúmenes

Este es el mismo tipo de lámpara que el FIDE utilizó de reemplazó en casos parecidos a este.

Se reemplazarían por los viejos conforme se fueran requiriendo, esto según la necesidad lo requiera o conforme el programa de mantenimiento lo especifique, utilizando al máximo los recursos anteriores, y cuando el cambio sea necesario debe de hacerse de todas las lámparas de un mismo luminario completo al mismo tiempo; esto es, más que nada por la necesidad de cambiar el balastro. Esto sería entonces un cambio gradual.

Con el cambio de balastos se lograría un factor de balastro si no de cien por lo menos del 95%. Utilizando balastos más eficientes, con menores pérdidas y con un tiempo de vida más largo.

Con una sencilla medida se logra una mejora importante en nuestro sistema de iluminación, escogiendo para reemplazo balastos más eficientes y lámparas con una producción lumínica grande, de larga duración y que consuman menor potencia. Con esto se lograría un ahorro por luminario de alrededor de 60 watts. Además con la combinación de medidas adecuadas se alargaría la vida útil de la lámpara.

Los cálculos arrojaron unos resultados que demuestran que el número de luminarias existentes es suficiente, exceptuando en el primer piso en el área de salones, donde una correcta distribución de luminarias sería conveniente para obtener una área de estudio con el suficiente confort en cuanto a visión se refiere. La distribución propuesta se puede observar en el plano 6.1.

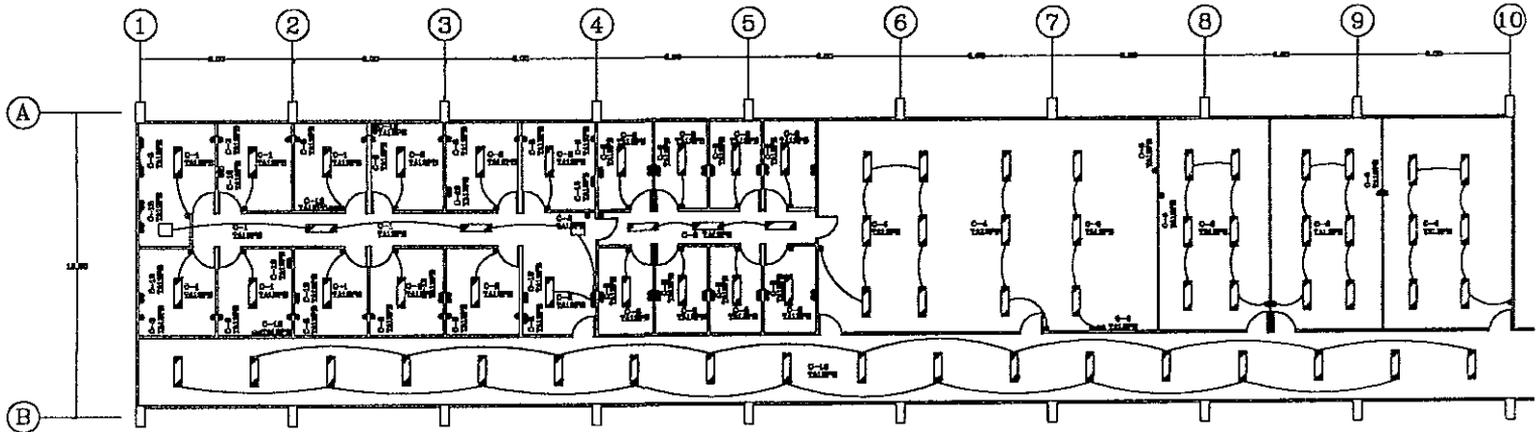
El encendido "rápido" de las lámparas fluorescentes ahorradoras de energía, es suficiente para nuestras necesidades, por lo que se puede aprovechar las horas más de vida de la lámpara que ofrece este tipo de encendido, en comparación a las lámparas de encendido instantáneo.

Un uso continuo de las instalaciones iluminadas sería un factor conveniente a considerar, esto es: programar los horarios de utilización de los salones, para existan

clases continuas en una misma aula, esto es para que las lámparas no sean apagadas y prendidas con frecuencia, ya que esto recorta las horas de vida de la lampara.

Se debe de tener cuidado con el mantenimiento de la instalación de alumbrado, ya sea preventivo o correctivo, las luminarias, lámparas y difusores deben de tener cierto grado de limpieza, para que cumpla con las condiciones necesarias de confort. Se debe a su vez reemplazar el equipo que ya no se encuentre en condiciones viables de operación.

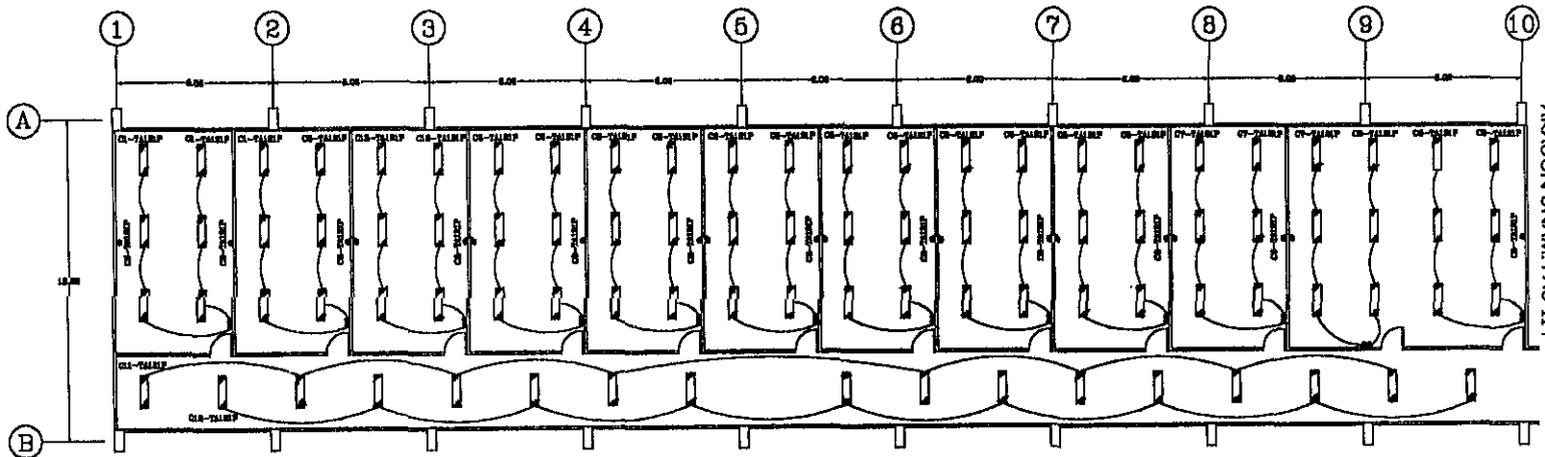
**PLANO 6.1 - Plano Proyecto Propuesto Planta Baja.**



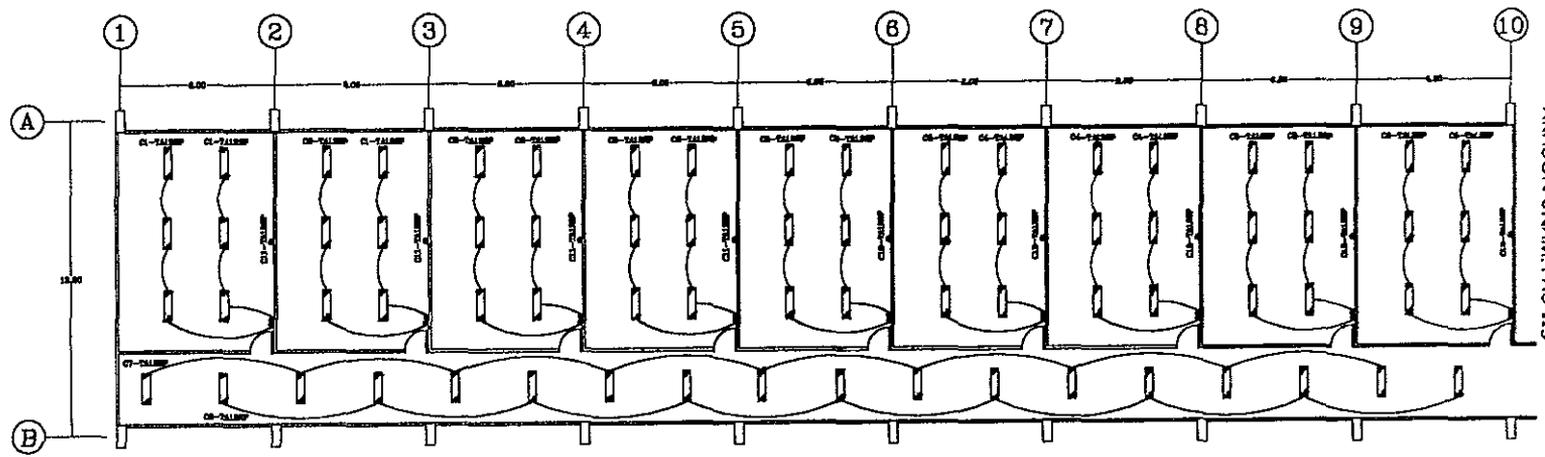
Simbología:

-  Luminario con 4 lámparas fluorescentes de 34 watts cada uno blanco frío, 127 volts, 60 hertz, de arranque rápido, con balastro ahorrador de energía.

**PLANO 6.2 - Plano Proyecto Propuesto 1er. Piso.**



PLANO 6.3 - Plano Proyecto Propuesto 2do. Piso.



## CONCLUSIONES

El Ahorro de Energía, en muy poco tiempo no será una opción, sino una necesidad, los recursos que ahorremos hoy, los podremos utilizar mañana; las posibilidades que ofrece el *ahorro de energía* se acoplan a las necesidades y recursos de cada uno de nosotros.

Los proyectos de ahorro de energía varían de acuerdo a las condiciones del entorno al que se apliquen, ya sea una instalación nueva o una reinstalación eléctrica. Todo se ve reducido al final de cuentas a nuestras necesidades, pero en una mayor manera a nuestros recursos. Desde el uso de lámparas más eficientes hasta la utilización de sensores y motores de alta eficiencia. Las posibilidades son muy extensas, variadas y se amoldan a todos los presupuestos.

El edificio el cual se utilizó en este análisis, esta dedicado la mayoría a dar clases, contando a la vez con una *buena iluminación de luz diurna*. Por lo cual se le puede sacar un máximo provecho a la luz natural y tratar de programar al mínimo la utilización de iluminación eléctrica.

El ahorro en sí, estaría enfocado a la iluminación, ya que aparte de que es un factor muy manejable es el de nuestro interés directo; el otro aspecto a considerar son las cargas por contactos; este factor se podría controlar creando conciencia del tiempo de utilización de los mismos (*llámense computadoras principalmente*).

Considerando nuestro caso en particular, se trata de aprovechar los recursos actuales.

Los cuadros comparativos de cargas se pueden encontrar en el Capítulo VI, en el inciso 6.3 y los cálculos que nos llevaron a esos resultados en el capítulo 3. Lo que nos demuestra que el ahorro de energía no tiene por que ser difícil o costoso; y con una medida tan sencilla se logra un gran ahorro de recursos. Además la experiencia lo ha demostrado es una inversión que se paga sola.

Siento de manera muy personal que la U.N.A.M. como máxima casa de estudios de México debería demostrar que es ejemplo de civismo y que se preocupa por el futuro del país, sirviendo también como modelo y demostrar que se pueden dar soluciones y no solamente consejos. No creo que exista mejor muestra permanente de ahorro de energía que las mismas instalaciones de la Universidad. El ahorro de energía no se limita solamente a las nuevas tecnologías, sino también al entendimiento y uso moderado de las mismas. La participación de las personas juega un papel importante en este ámbito.

Definitivamente se puede llamar "ahorro" de energía, ya que los recursos que ahorremos hoy los podremos usar el día de mañana.

# ANEXOS

## A1.- Luminancia Aproximada de varias fuentes luminosas.

Light Source		Approximate average luminance (cd / m <sup>2</sup> )
<b>Natural light sources.</b>		
Sun (at its surface)		$2.3 \times 10^9$
Sun (as observed from earth's surface)	At meridian	$1.6 \times 10^6$
Sun (as observed from earth's surface)	Near horizon	$6 \times 10^6$
Moon (as observed from earth's surface)	Bright spot	$2.5 \times 10^3$
Clear sky	Average brightness	$8 \times 10^2$
Overcast sky		$2 \times 10^3$
Lightning flash		$8 \times 10^{10}$
<b>Combustion sources:</b>		
Candle flame (sporm)	Bright spot	$1 \times 10^4$
Kerosene flame (flat wick)	Bright spot	$1.2 \times 10^4$
Illuminating gas flame	Fish-tail burner	$4 \times 10^3$
Welsbach mantle	Bright spot	$6.2 \times 10^4$
Acetylene flame	Mees burner	$1.1 \times 10^5$
Photoflash lamps		$1.6 \times 10^8$ to $4 \times 10^8$ peak
Electronic flash		---
<b>Nuclear sources:</b>		
Atomic fusion bomb	0.1 msec after firing — 30-m dia ball	$2 \times 10^{12}$
Self-luminous paints		0.2 to 0.3
<b>Incandescent lamps.</b>		
Carbon filament	3.15 lm/W	$5.2 \times 10^5$
Tantalum filament	6.30 lm/W	$7 \times 10^5$
Tungsten filament	Vacuum lamp 10 lm/W	$2 \times 10^6$
Tungsten filament	Gas-filled lamp 20 lm/W	$1.2 \times 10^7$
Tungsten filament	750-W Projection lamp 26 lm / W	$2.4 \times 10^7$
Tungsten filament	1200-W Projection lamp 31.5 lm / W	$3.3 \times 10^7$
RF (radio frequency) lamp	24 mm diameter disk	$6.2 \times 10^7$
Blackbody at 6500 K		$3 \times 10^9$
Blackbody at 4000 K		$2.5 \times 10^8$
Blackbody at 2042 K		$6 \times 10^5$
60-W inside frosted bulb		$1.2 \times 10^5$
10-W inside frosted bulb		$2 \times 10^4$
<b>Tungsten Halogen sources</b>		
3000 K CCT	---	$1.3 \times 10^7$
3200 K CCT	---	$2.3 \times 10^7$
3400 K CCT	---	$3.9 \times 10^7$
<b>Fluorescent sources.</b>		
T-8 bulb	cool white 265 mA	$1.1 \times 10^4$
T-12 bulb	cool white 430 mA	$8.2 \times 10^3$
T-12 bulb 800 mA	cool white 800 mA	$1.1 \times 10^4$
T-12 bulb 1500 mA	cool white 1500 mA	$1.7 \times 10^4$
T-17 grooved bulb 1500 mA	cool white 1500 mA	$1.5 \times 10^4$
<b>Electroluminescent sources</b>		
Green color at 120 V 60 Hz		27
Green color at 600 V 400 Hz		68
<b>Carbon Arc sources</b>		
Plain Carbon Arc	positive crater	$1.5 \times 10^8$
High Intensity Carbon Arc	13.6 rotating positive carbon	$1.0 \times 10^9$
<b>Enclosed electric arc source.</b>		
High pressure mercury	Type H33 2.5 atm	$1.5 \times 10^6$
High pressure mercury	Type H38 10 atm	$1.8 \times 10^6$
High intensity short arc mercury	30 atm	$2.4 \times 10^8$ ( $4.3 \times 10^9$ peak)
Xenon short arc	900 W dc	$1.8 \times 10^8$
Electronic flash tubes	900 W dc	$1 \times 10^9$ to $3 \times 10^9$
Photographic flash units	In beam candlepower seconds	400 - 16,000 +
Photographic flash units	(BCPS)	400 - 16,000 +
Clear glass neon tube	15 mm 60 mA	$1.6 \times 10^3$
Clear glass neon tube	15 mm 60 mA	$8 \times 10^2$
Clear glass blue tube	15 mm 60 mA	$8 \times 10^2$
Fluorescent tube		
daylight and white	15 mm 60 mA	$5 \times 10^3$
green	15 mm 60 mA	$9.5 \times 10^3$
blue and gold	15 mm 60 mA	$3 \times 10^3$
pink and coral	15 mm 60 mA	$2 \times 10^3$

## A2.- Lámparas incandescentes de Servicio General.

Watts	Bulb and other description	Base	Filament	Rated average life (h)	Maximum Overall length		Average light center length		Approximate color temperature (K)	Maximum bare bulb temperature (°C)*	Base temperature (°C)†	Approximate initial lumens	Initial lumens per watt‡	Lamp lumen depreciation (%)§
					(mm)	(in.)	(mm)	(in.)						
10	S-14 inside frosted	Medium	C-9	1500	89	3 1/2	64	2 1/2	2420	46.75	41	80	8.0	89
15	A-15 inside frosted	Medium	C-9	2500	89	3 1/2	60	2 3/8	—	—	—	126	8.4	83
25	A-19 inside frosted	Medium	C-9	2500	98	4 7/8	64	2 1/2	2550	43	42	230	9.2	79
25 <sup>d</sup>	T-19 white	Medium	CC-8	2500	113	4 7/8	79	3 5/8	—	—	—	235	9.2	80
34 <sup>a b</sup>	A-19 inside frosted	Medium	CC-8 or CC-8	1500	113	4 7/8	79	3 1/8	2550	—	—	410	12.1	—
40	A-19 inside frosted or white	Medium	C-9	1500	113	4 7/8	79	3 1/8	2650	127	105	474	11.9	88
40 <sup>d</sup>	T-19 white	Medium	CC-8	1000	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	430	12.3	88
50	A-19 inside frosted	Medium	CC-8	1000	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	680	13.6	—
52 <sup>a,c</sup>	A-19 inside frosted or clear	Medium	CC-8	1000	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	800	15.4	—
55 <sup>n</sup>	A-19 clear or white	Medium	CC-8	750	113	4 1/4	79	3 1/8	—	—	—	638	11.6	—
60	A-19 inside frosted or white	Medium	CC-8	1000	113	4 7/8	79	3 5/8	2790	124	93	1060	14.4	93
60 <sup>d</sup>	T-19 white	Medium	CC-8	1000	113	4 7/8	79	3 5/8	—	—	—	860	14.3	92
67 <sup>a,d</sup>	A-19 inside frosted or clear	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1130	16.9	—
70 <sup>n</sup>	A-19 clear or white	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1173	16.8	—
75	A-19 inside frosted or white	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	2840	135	96	1190	15.8	92
90 <sup>n</sup>	A-19 inside frosted or clear	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1620	18.0	—
100	A-19 inside frosted or white	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	2905	149	98	1740	17.4	91
95 <sup>d</sup>		Medium	CC-8		113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1710	18.0	90
100	A-19 inside frosted or white	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1683	16.8	—
100 <sup>d</sup>	T-19 white	Medium	CC-8	750	113	4 7/8	79	3 1/8	—	—	—	1710	17.1	91
	A-21 inside frosted	Medium	CC-8	750	133	5 1/4	98	3 7/8	2880	127	90	1688	16.9	90
135 <sup>d</sup>	A-21 inside frosted or clear	Medium	CC-87	750	139	5 1/2	103	4 1/8	—	—	—	2580	19.1	—
150 <sup>d</sup>	T-19 white	Medium	CC-8	1000	135	5 9/16	98	3 7/8	—	—	—	2650	17.7	87
150	A-21 inside frosted	Medium	CC-8	750	139	5 1/2	103	4 1/8	2960	—	—	2873	19.2	89

### A3.- Características Eléctricas de Lámparas fluorescentes.

Lamp description	Bulb diameter (in) <sup>a</sup>	Bulb walls	Basa (end caps)	Nominal length		Min. required rms voltage across lamp for reliable starting*	Operating current (mA)	Operating voltage	Cathode heaters (low resistance)		Approximate wattage			
				(mm)	(in.)				Maximum volts	Maximum watts	One lamp circuit		Two lamp circuit (lead lag and series)	
											Balast	Total	Balast	Total
Rapid start														
Lightly loaded (under 500 mA)														
FC6T9 Circular§	1 1/8	19	4-Pin	165	6.5	150	380	49	3.6	2	11	30	—	—
FC8T9 Circular§	1 1/8	22.5	4-Pin	210	8.2	180	370	61	3.6	2	7.5	30	—	—
F25T8	1	25	Med. Bipost	900	36	170	265	170	3.6	1.5	5	30	8	58
F28T12	1 1/2	28	Med. Bipost	1200	48	231	390	135	3.6	—	9	37	4	60
F32T8	1	32	Med. Bipost	1200	48	200	265	137	3.6	1.7	5	37	7	71
FC12T9 Circular§	1 1/8	32	4-Pin	305	12	200	425	84	3.6	2	—	10	42	—
FC16T9 Circular§	1 1/8	40	4-Pin	406	16	205	430	109	3.6	2	16	56	—	—
F30T12	1 1/2	30	Med. Bipost	900	36	150	430	77	3.6	2	11.5	44	13	78
F40T12	1 1/2	32	Med. Bipost	1200	48	—	—	—	—	—	—	—	—	76
F40T12	1 1/2	34	Med. Bipost	1200	48	200	430	236	3.6	2	—	—	—	—
F40T8	1	40	Med. Bipost	1500	60	250	265	172	3.6	1.5	8	46	11	91
F40T10	1 1/4	41	Med. Bipost	1200	48	200	420	104	3.6	2	15	54	13	95
F40T1	1 1/2	41	Med. Bipost	1200	48	200	430	101	3.6	2	13	54	13	95
F40T12/U/3#	1 1/2	41	Med. Bipost	584	23	200	420	103	3.6	2	13	54	13	95
F40T12/U/6#	1 1/2	40.5	Med. Bipost	600	24	200	430	100	3.6	2	13	53.5	13	94
F6T7MM	7mm	6	Special	203	8	130	100	—	7	0.7	—	—	—	—
F8T7MM	7mm	8	Special	305	12	190	100	—	7	0.7	—	—	—	—
F10T7MM	7mm	19	Special	406	16	250	100	—	7	0.7	—	—	—	—
F3T7MM	7mm	13	Special	508	20	310	100	—	7	0.7	—	—	—	—
FT8W/2G11RS	8mm	18	2G11	267	11	210	250	76	—	—	9	27	10	46
FT4W/2G11RS	8mm	24-27	2G11	311	12	220	340	89	—	—	7	34	6	60
FT36W/2G11RS	8mm	36-39	2G11	419	17	230	430	110	—	—	11	48	11	85
FT40W/2G11RS	8mm	40	2G11	572	23	275	270	170	—	—	5	44	4	82
FT50W/2G11RS	8mm	50	2G11	572	23	275	430	147	—	—	4	54	—	—

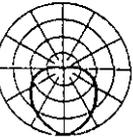
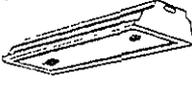
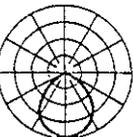
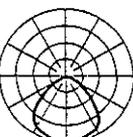
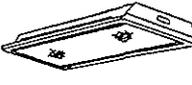
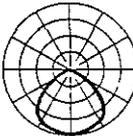
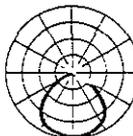
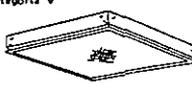
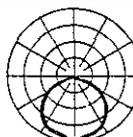
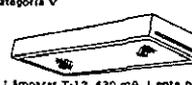
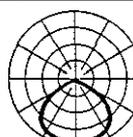
A4.- Continua.

Medium loaded (500 - 1000 mA)														
Lamp description	Bulb diameter (in.)	Bulb watts	Base (and caps)	Nominal length		Min. required rms voltage across lamp for reliable starting*	Operating current (mA)	Operating voltage	Cathode heaters (high resistance)	Approximate watts		Total		
				Base (and caps)	(in.)					One lamp circuit	Two lamp circuit (leading and series)			
F24T12/HO	1 1/2	35	Rec. DC	610	24	85	800	41	3.6	7	33	70	41	115
F30T12/HO	1 1/2	41	Rec. DC	762	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F36T12/HO	1 1/2	47	Rec. DC	914	36	115	800	59	3.6	7	—	—	—	—
F42T12/HO	1 1/2	55	Rec. DC	1067	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F48T12/HO	1 1/2	60	Rec. DC	1219	48	155	800	78	3.6	7	22	85	20	146
F60T12/HO	1 1/2	73	Rec. DC	1524	60	210	800	98	3.6	7	—	—	—	—
F64T12/HO	1 1/2	78	Rec. DC	1626	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F72T12/HO	1 1/2	85	Rec. DC	1829	72	260	800	117	3.6	7	48	135	36	210
F84T12/HO	1 1/2	100	Rec. DC	2134	84	280	800	135	3.6	7	19	119	13	213
F96T12/HO	1 1/2	110	Rec. DC	2438	96	295	790	153	3.6	7	27	140	20	246
<i>Highly loaded (over 1000 mA)</i>														
F48T10/1.5A	1 1/2	110	Rec. DC	1219	48	160	1500	84	3.6	7	—	—	—	—
F60T10/1.5A	1 1/2	135	Rec. DC	1524	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F72T10/1.5A	1 1/2	160	Rec. DC	1829	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F96T10/1.5A	1 1/2	205	Rec. DC	2438	96	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F48T12/1.5A	1 1/2	110	Rec. DC	1219	48	160	1500	84	3.6	7	28	139	27	247
F60T12/1.5A	1 1/2	135	Rec. DC	1524	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F72T10/1.5A	1 1/2	165	Rec. DC	1829	72	225	1500	125	3.6	7	40	200	40	300
F96T12/1.5A	1 1/2	215	Rec. DC	2438	96	300	1500	163	3.6	7	20	235	20	450
F48PG17	2 1/2	116	Rec. DC	1219	48	160	1500	84	3.6	7	30	146	20	252
F72PG17	2 1/2	168	Rec. DC	1829	72	225	1500	125	3.6	7	48	213	—	328
F96PG17	2 1/2	215	Rec. DC	2400	96	300	1500	163	3.6	7	—	260	—	450
<i>Preheat start</i>														
F4T5	5	4	Min. Bipin	152	6	108 <sup>b</sup>	170	29	8	0.25	2	8.5	—	—
F6T5	6	6	Min. Bipin	229	9	108 <sup>b</sup>	160	42	8	0.25	2	8	—	—
F8T5	8	8	Min. Bipin	305	12	108 <sup>b</sup>	145	57	8	0.25	2	9.2	—	—
F13T5	5	13	Min. Bipin	533	21	160	165	94	8	0.27	5	18	—	—
F14T12	1 1/2	14	Med. Bipin	381	15	108 <sup>b</sup>	380	40	8	0.65	5	19	5	33

DISEÑO DE ALUMBRADO Y PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA PARA EL EDIFICIO A-12 DEL CAMPUS ARAGON UNAM. PAG 127

A11.- Coeficientes de Utilización.

COEFICIENTES DE UTILIZACION

LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancia										
			Categoría del techo		80 %			50 %			10 %		0 %
			Plafón	30°	30°	10°	30°	30°	10°	30°	30°	10°	0
			H.C.L.	COEFICIENTES DE UTILIZACION $\times \frac{1}{0}$									
 2 Lámparas T-12 430 mA. Para 800 mA. C.U. = 0,96	12 ↓ 60	 1,5 x Altura de montaje	1	7,00	6,60	6,30	6,20	5,90	5,70	5,70	5,10	4,90	4,70
			2	6,00	5,40	5,00	5,30	4,90	4,60	4,50	4,20	4,00	3,70
			3	5,70	4,60	4,30	4,60	4,10	3,80	3,90	3,60	3,30	3,10
			4	4,60	3,90	3,40	4,10	3,60	3,20	3,50	3,10	2,80	2,60
			5	4,00	3,30	2,80	3,60	3,00	2,60	3,10	2,70	2,40	2,20
			6	3,60	2,90	2,40	3,20	2,60	2,20	2,70	2,30	2,00	1,80
			7	3,20	2,50	2,10	2,90	2,30	1,90	2,50	2,10	1,70	1,60
			8	2,90	2,20	1,80	2,60	2,00	1,70	2,20	1,80	1,50	1,30
			9	2,60	1,90	1,50	2,30	1,80	1,40	2,00	1,60	1,30	1,10
			10	2,30	1,70	1,30	2,10	1,60	1,20	1,80	1,40	1,10	1,00
 2 Lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 30 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02	0 ↓ 59	 1,2 x Altura de montaje	1	6,30	6,10	5,90	5,90	5,80	5,60	5,50	5,40	5,30	5,20
			2	5,70	5,40	5,10	5,40	5,10	4,90	5,00	4,90	4,70	4,60
			3	5,10	4,80	4,40	4,90	4,60	4,30	4,60	4,40	4,20	4,10
			4	4,60	4,20	3,90	4,40	4,10	3,90	4,20	3,90	3,70	3,60
			5	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40	3,80	3,50	3,20	3,20
			6	3,80	3,40	3,00	3,70	3,30	3,00	3,50	3,20	2,90	2,80
			7	3,50	3,00	2,70	3,30	2,90	2,70	3,20	2,90	2,60	2,50
			8	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,30	2,90	2,60	2,30	2,20
			9	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,00	2,60	2,30	2,00	1,90
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,40	2,00	1,80	1,70
 2 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 30 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,01	0 ↓ 68	 1,2 x Altura de montaje	1	7,30	7,10	6,80	6,90	6,70	6,60	6,40	6,20	6,10	6,00
			2	6,60	6,20	5,90	6,20	5,90	5,70	5,90	5,60	5,40	5,30
			3	5,90	5,50	5,10	5,60	5,30	5,00	5,30	5,00	4,60	4,70
			4	5,30	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,80	4,50	4,30	4,10
			5	4,80	4,30	3,90	4,60	4,20	3,90	4,40	4,00	3,80	3,60
			6	4,40	3,90	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30	3,20
			7	3,90	3,40	3,00	3,80	3,30	3,00	3,60	3,20	3,00	2,80
			8	3,60	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	2,50
			9	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	2,90	2,50	2,30	2,10
			10	2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	1,90
 4 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02.	0 ↓ 62	 1,2 x Altura de montaje	1	6,60	6,40	6,20	6,20	6,20	5,90	5,80	5,70	5,60	5,50
			2	6,00	5,60	5,30	5,60	5,40	5,20	5,30	5,10	4,90	4,80
			3	5,40	5,00	4,60	5,10	4,80	4,50	4,80	4,60	4,40	4,30
			4	4,90	4,40	4,10	4,60	4,30	4,00	4,40	4,10	3,90	3,80
			5	4,40	3,90	3,50	4,20	3,80	3,50	4,00	3,70	3,40	3,30
			6	4,00	3,50	3,10	3,80	3,40	3,10	3,60	3,30	3,10	2,90
			7	3,60	3,10	2,80	3,50	3,00	2,70	3,30	3,00	2,70	2,60
			8	3,20	2,80	2,40	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,40	2,30
			9	2,90	2,40	2,10	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,10	2,00
			10	2,70	2,20	1,90	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	1,80
 6 Lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,05.	0 ↓ 56	 1,2 x Altura de montaje	1	6,00	5,80	5,60	5,60	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90
			2	5,40	5,10	4,80	5,10	4,90	4,70	4,80	4,60	4,50	4,40
			3	4,90	4,50	4,20	4,60	4,30	4,10	4,40	4,10	4,00	3,90
			4	4,40	4,00	3,70	4,20	3,90	3,60	4,00	3,70	3,50	3,40
			5	4,00	3,50	3,20	3,80	3,50	3,20	3,80	3,30	3,10	3,00
			6	3,60	3,20	2,90	3,50	3,10	2,80	3,30	3,00	2,80	2,70
			7	3,30	2,80	2,50	3,20	2,80	2,50	3,00	2,70	2,50	2,40
			8	3,00	2,50	2,20	2,80	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,10
			9	2,70	2,20	1,90	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
 8 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 1,20 x 1,20 m. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02.	0 ↓ 55	 1,3 x Altura de montaje	1	5,90	5,70	5,50	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90	4,80
			2	5,30	5,00	4,70	5,00	4,80	4,60	4,70	4,50	4,40	4,30
			3	4,80	4,40	4,10	4,50	4,20	4,00	4,30	4,00	3,90	3,80
			4	4,30	3,90	3,60	4,10	3,80	3,50	3,90	3,60	3,40	3,30
			5	3,90	3,50	3,10	3,70	3,40	3,10	3,50	3,20	3,00	2,90
			6	3,50	3,10	2,80	3,40	3,00	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			7	3,20	2,80	2,50	3,10	2,70	2,50	2,90	2,60	2,40	2,30
			8	2,90	2,50	2,20	2,80	2,40	2,20	2,70	2,40	2,10	2,00
			9	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	2,40	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	1,90	1,70	2,20	1,70	1,60	1,60
 4 Lámparas T-12, 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10, C.U. x 1,02.	2 ↓ 51	 1,2 x Altura de montaje	1	5,60	5,40	5,20	5,20	5,00	4,90	4,70	4,60	4,50	4,40
			2	5,00	4,70	4,50	4,70	4,40	4,20	4,30	4,10	4,00	3,90
			3	4,50	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40
			4	4,10	3,6	3,40	3,80	3,50	3,20	3,50	3,30	3,10	3,00
			5	3,70	3,20	2,90	3,40	3,10	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			6	3,30	2,90	2,60	3,10	2,80	2,50	2,90	2,70	2,50	2,40
			7	3,00	2,60	2,30	2,90	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,10
			8	2,70	2,30	2,00	2,60	2,20	2,00	2,40	2,10	1,90	1,80
			9	2,50	2,00	1,80	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
			10	2,20	1,80	1,60	2,10	1,80	1,50	2,00	1,70	1,50	1,40

**A5.- Continua.**

Lamp description	Bulb diameter (in)	Bulb watts	Base (end caps)	Nominal length		Min required rms voltage across lamp for reliable starting*	Operating current (mA)	Operating voltage	Cathode heaters (high resistance)		Approximate watts			
				(mm)	(in)				Maximum watts	One lamp circuit		Two lamp circuit (lead lag and series)		
										Ballast	Total	Ballast	Total	
Preheat start														
F15T8	1	15	Med Bipin	457	18	108 <sup>B</sup>	305	55	8	0.65	4.5	19.5	9	39
F15T12	1½	15	Med Bipin	457	18	108 <sup>B</sup>	325	47	8	0.65	4.5	19	9	38
F20T12	1½	20	Med Bipin	610	24	108 <sup>B</sup>	380	57	8	0.75	5	25.5	10	41
F25T12	1½	25	Med. Bipin	838	33	108 <sup>B</sup>	460	61	—	0.95	6	31.5	—	—
F30T8	1	30	Med. Bipin	914	36	108	355	99	—	0.65	10.5	41	17	78
F40T12	1½	40	Med Bipin	1219	48	176	430	101	3.6	0.75	10	50	16	96
F90T17	2½	90	Mog. Bipin	1524	60	132	1500	65	—	2.2	20	110	33	213
Instant start with bipin base														
F40T12	1½	40	Med Bipin*	1200	48	385	425	104	—	—	20	60	25	105
F40T17	2½	40	Mog Bipin*	1500	60	385	425	107	—	—	20	60	25	105
Instant start with single pin base (Simline lamps)														
F42T6**	5/8	25	Single pin	1050	42	405	200	145	—	—	16	41	16	66
F64T6**	5/8	38	Single pin	1600	64	540	200	225	—	—	17	55	30	106
F72T8**	1	38	Single pin	1800	72	540	200	218	—	—	17	55	30	106
F96T8**	1	51	Single pin	2400	96	675	200	290	—	—	19	70	30	132
F96T8	1	40	Single pin	2400	96	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F48T12 (lead-lag)	1½	39	Single pin	1200	48	385	425	100	—	—	20	59	30	108
(series)				1200	48	385	425		—	—	—	—	20	98
F48T12 (energy saving)	1½	30—32	Single pin	1200	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F72T12 (lead-lag)	1½	55	Single pin	1800	72	475	425	149	—	—	26	81	33	143
(series)				1800	72	475	425		—	—	—	—	27	137
F96T12 (lead-lag)	1½	75	Single pin	2400	96	565	425	197	—	—	26	101	33	183
(series)				2400	96	565	425		—	—	—	—	27	177
F96T12 (energy saving)	1½	60	Single pin	2400	96	565	440	160	—	—	—	—	8	128
F96T8 (electronic)††	1	56	Single pin	2400	96	—	265	—	—	—	—	—	—	105

**A6.-Factores Representativos de balastos de lámparas fluorescentes.**

Lamp	Ballast		
	Standard	Low loss	High performance
	4 ft rapid-start system (F40T12)		
Standard	0.95	0.95	0.97
Reduced wattage	0.89	0.87	0.95
	8 ft slimline systems (F96T12)		
Standard	0.94	0.93	0.97
Reduced wattage	0.87	0.85	0.96
	8 ft high-output systems		
Standard	0.98	—	1.03
Reduced wattage	0.93	—	0.98

**A7.- Lámparas Fluorescentes Ahorradoras de Energía.**

Lamp description	Lamp watts	Lamp watts replaced	Lamp current (A)	Lamp volts (V)	Lamp life (h)	Nominal length		Base (end caps)	Nominal lumens <sup>1</sup>					
						(mm)	(in)		3000K RE70	3500K RE70	4100K RE70	3000K RE80	3500K RE80	4100K RE80
<b>Rapid start</b>														
F17T8	17	—	0.265	70	20,000	610	24	Med Bipin	1325	1325	1325	1375	1375	1375
F25T8	25	—	0.265	100	20,000	914	36	Med. Bipin	2125	2125	2125	2200	2200	2200
F32T8	32	—	0.265	137	20,000	1219	48	Med. Bipin	2850	2850	2850	2975	2975	2975
F40T8	40	—	0.265	172	20,000	1524	60	Med. Bipin	3600	3600	3600	3725	3725	3725
F40T12/U/3	36	40	—	—	12,000	610	24	Med Bipin	—	—	—	—	—	—
F40T12/U/6	34	40	0.45	84	16,000	610	24	Med Bipin	2800 <sup>b</sup>	2800 <sup>b</sup>	2800 <sup>b</sup>	—	—	—
F30T12	25	30	0.453	64	18,000	914	36	Med Bipin	2090	2090	2025 <sup>a</sup>	—	—	—
F40T12	34 - 36 II	40	0.46	73	20,000	1219	48	Med Bipin	2800	2800	2800	2880	2880	2880
F48T12/HO	55	60	—	—	12,000	1219	48	Reces DC	3850 <sup>a</sup>	4075	3850 <sup>a</sup>	4400 <sup>b</sup>	—	—
F96T12/HO	95	110	0.83	126	12,000	2438	96	Reces DC	8430	8430	8430	8620	8500 <sup>a</sup>	8600 <sup>c</sup>
F96T12/1500	195	215	1.58	137	12,000	2438	96	Reces DC	—	—	—	—	—	—
F48PG17	95	110	1.53	64	12,000	1219	48	Reces DC	—	—	—	—	—	—
F96PG17	185	215	1.57	144	12,000	2438	96	Reces DC	—	—	—	—	—	—
<b>Preheat start</b>														
F40T12	34	40	0.45	84	15,000	1219	48	Med Bipin	—	—	—	—	—	—
F90T17	86	90	—	—	9000	1524	60	Mog Bipin	—	—	—	—	—	—
<b>Instant start (Slimline)</b>														
F48T12	30-32	38-40	—	—	9000	1219	48	Single pin	2610	2610	2610	2700 <sup>b</sup>	—	—
F96T8	40-41	50-51	—	—	7500	2438	96	Single pin	—	—	—	—	—	—
F96T8 <sup>b</sup>	56	—	0.26	267	15,000	2438	96	Single pin	—	—	—	5800	5800	5800
F96T12	60	75	0.44	153	12,000	2438	96	Single pin	5675	5675	5675	5850	5850	5850

**A8.-Niveles recomendados para alumbrado de interiores.**

	<b>Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en LUX</b>
Auditoriums	
Asambleas	150
Exposiciones	300
Escuelas	
Lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Lectura en textos en papel de copia	
Buenas	300
Malas	1000
Salas de dibujo y bancos de trabajo	1000
Pizarras	1500
Costura	1500
Oficinas	
Lectura de textos con mucho contraste y bien impresos que no exigen la atención exagerada o prolongada tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencia, salas de visita, etc.	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia.	700
Trabajo normal de oficina; lecturas de buenas reproducciones; lecturas o transcripciones de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel; archivos de uso continuo; clasificación de correspondencia; índice de asuntos.	1000
Contabilidad, intersección, distribución en tablas, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada.	1500
Cartografía, estudios, dibujo detallado.	2000
Corredores, ascensores, escaleras y escaleras mecánicas.	200
Residencias	
Tareas visuales concretas:	
Juegos de mesa.	300
Cocinas:	
Fregaderos.	700
Homillos y superficies de trabajo.	500
Lavadoras, cestos de ropa, planchas y tablas de planchar.	500
Salones de lectura, escritura y estudio;	
Libros, revistas y periódicos.	300
Escritura a mano, reproducciones, copias malas.	700
Pupitres de estudio.	700
Alumbrado general:	
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos.	100
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juego.	100
Cocina, lavadora, cuartos de baño.	300
Tocadores, maquillaje, afeitados: sobre los espejos y rostros.	500
Lectura de partituras musicales:	
Partituras simples.	300
Partituras completas.	700

### A9.- Porcentaje Efectivo de Cavidad.

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

**A10.- Continuación.**

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

## **BIBLIOGRAFIA.**

- *LIGHTING HANDBOOK.*  
Reference & Application  
Illuminating Engineering Society of North America  
8<sup>th</sup> Edition
- *MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS.*  
Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- *RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
EDIFICIOS.*  
Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
- *MANUAL DE ALUMBRADO .*  
Westinghouse  
Noriega Editores – Limusa  
4<sup>a</sup> Edición Reimpresión
- *MANUAL ELÉCTRICO.*  
Conductores Eléctricos y Alambre Magneto  
Conelec  
3<sup>a</sup> Edición
- *NORMA OFICIAL MEXICANA  
NOM-001-SEMP-1994  
RELATIVA A INSTALACIONES ELECTRICAS*  
*Publicaciones Electrónicas de México, S.A. de C.V.*