

67

2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGON"**

**"FUNDAMENTOS, DISEÑO Y
APLICACIÓN DE SISTEMAS DE
ILUMINACION PARA NAVES
INDUSTRIALES."**

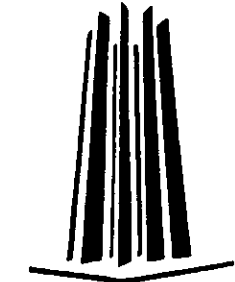
T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A :
ALEJANDRO RANGEL SUAREZ**

ASESOR: ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ

México

1998.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

259/97



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

A mis padres

Avelina y Rogelio

JUSTIFICACIÓN

Dentro de los Sistemas de Iluminación; los relevadores y los interruptores de protección son equipos con los que todo Ingeniero de Sistemas Eléctricos de Potencia, tiene que tratar en el transcurso de su práctica profesional. Debido a esto, lo anteriormente expuesto, se analiza a lo largo de este trabajo de Tesis

Conociendo los problemas que deberá afrontar el Ingeniero en Proyectos Eléctricos, es como se ha concebido este trabajo, en el cual se pretende proporcionar datos teóricos y prácticos, con los cuales pueda valerse para el proyecto, cálculo y ejecución de obras e instalaciones eléctricas sin establecer límites de las mismas en cuanto a magnitud e importancia; por lo cual, además de considerar los conceptos aquí vertidos, es recomendable observar obras en construcción para conocer en forma objetiva los materiales y cómo se trabajan.

Tomando como base que en la actualidad se dispone de poca literatura que satisfaga sus necesidades de consulta principalmente, se hace hincapié que para la formación del presente trabajo de Tesis, se tomaron datos de: El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas, El Manual de Normas Técnicas Eléctricas de la Secretaria de Fomento Industrial, La Norma Oficial Mexicana (NOM), Catálogos y Folletos de materiales y marcas diversas; amén de incluir algunas experiencias personales en la Instalación Industrial.

OBJETIVO GENERAL.

Establecer los conceptos fundamentales para una Instalación Eléctrica en una Nave Industrial.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1.- Conocer los principios básicos, terminología y conceptos que deben utilizarse en una Instalación Eléctrica de Iluminación, para una Nave Industrial.

2.- Establecer los principios en los que se basan los Sistemas de Iluminación.

3.- Establecer los conceptos y principios de operación de los dispositivos de protección para Sistemas de Iluminación.

4.- Proponer el diseño y aplicación de un Sistema de Iluminación para una Nave Industrial.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En México, los energéticos ocupan importantes capítulos en la vida de nuestro País. Explotación energética, desarrollo económico y una supuesta Soberanía Nacional, se encuentran plenamente identificados. La Nación asume la responsabilidad histórica de la explotación de los recursos energéticos para beneficio de los mexicanos; por lo que, la Toma de Decisiones no obedece, por ningún concepto, a criterios utilitaristas que con el objetivo de obtener ganancias en el corto plazo, propicie el agotamiento prematuro de las fuentes primarias de energía. Estos conceptos se analizan en este trabajo de tesis, ya que se trata de un trabajo orientado al Diseño de un Sistema de Iluminación y Refrigeración para un Centro Comercial. Entonces se debe tener en cuenta la importancia de cómo se obtiene la Energía Eléctrica que habrá de abastecer al Sistema de Iluminación y de Refrigeración de dicho Centro Comercial.

Conviene por lo tanto; a manera de reflexión, un repaso breve pero ilustrativo de lo que ha sido la Política energética de nuestro País. Así, en México, la Industria Petrolera se inició a fines del siglo pasado con la explotación de petróleo a cargo de Compañías extranjeras. Esta práctica logró que durante la segunda década del siglo, México llegara a ser el segundo exportador mundial de petróleo, produciendo en promedio 325 Millones de Barriles Diarios. Sin embargo; esta ventaja comparativa no se reflejó en nuestra economía, dado que las Empresas transnacionales canalizaban prácticamente la totalidad de la venta petrolera hacia las Metrópolis respectivas.

Con la expropiación y la nacionalización decretada por el Presidente Lázaro Cárdenas en 1938, que rescató para la Nación este importante recurso natural, la Industria Petrolera se reorientó hacia el abastecimiento del mercado interno, transformando y modernizando su estructura de producción. Esta estrategia fue acompañada de una Política de desarrollo tendiente a estimular la expansión de la industria, el Sistema de Transporte y el mercado interno de sus productos.

El crecimiento de la industria eléctrica también se inició en manos privadas, nacionales y extranjeras, propiciando la limitación de las zonas atendidas, la proliferación de sistemas eléctricos aislados y un servicio deficiente cuyo desenvolvimiento se rezagó con respecto a las necesidades del desarrollo general del País.

En 1937, se creó la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), con el objetivo de atender la demanda no satisfecha, proporcionando el fluido a tarifas congruentes con las necesidades del desarrollo del País. En 1960 culminó el proceso de nacionalización de la industria eléctrica, cerrándose así un ciclo iniciado 25 años atrás.

Hasta finales de los setentas, el Sector Energético estuvo orientado hacia la satisfacción de la demanda interna de acuerdo con el objetivo de autosuficiencia energética. Sin embargo, a finales de dicha década, esta tendencia se comienza a perder, y para 1973 el País se había convertido ya en un importador neto de productos refinados y de petróleo crudo. Si bien un año antes ya se habían comenzado a descubrir vastas reservas petroleras cuya explotación se comenzó a hacer efectiva en 1976.

A partir de dicho año, se desarrolla aceleradamente la producción petrolera, y México se convierte en 1978 de nueva cuenta en un exportador importante. Esta estrategia de exportación petrolera, hizo que en los últimos años el Sector Energético adquiriese un papel decisivo en la orientación y la viabilidad del proceso de desarrollo del País.

Las divisas generadas por las exportaciones de hidrocarburos, junto con el acceso al financiamiento externo del que se dispuso; contribuyeron de manera decisiva a la instrumentación de programas de inversión tendientes a inducir un crecimiento económico acelerado. Sin embargo, los cambios de tendencia en el mercado petrolero internacional, iniciados a partir de 1981, vinieron a convertirse en uno de los principales obstáculos a las metas previstas.

La transformación alcanzada hasta el día de hoy por el Sector Energético, lo ha convertido en componente fundamental de la estructura y la dinámica de la economía mexicana. Para 1982, el Sector en su conjunto aportó aproximadamente el 5% del P.I.B. (Producto Interno Bruto) y alrededor de la mitad de los ingresos en cuenta corriente de la balanza de pagos, le corresponde una parte muy importante de las importaciones de bienes de capital e insumos, y se constituyó en los últimos años, en el principal agente financiero de la estrategia de desarrollo. Representó así mismo, cerca del 23% del gasto total del sector público y un poco menos del 50% de la inversión pública.

En la Industria Petrolera, se han alcanzado significativos avances en numerosos aspectos. Para 1982, las reservas probadas de hidrocarburos alcanzaron aproximadamente 72,000 Millones de Barriles; la producción de crudo alcanzó un volumen de 2 Millones 746 Mil Barriles Diarios; y la capacidad instalada de refinación llegó a ser de 1 Millón 620 Mil Barriles Diarios; habiéndose procesado diariamente 1 Millón 199 Mil Barriles Diarios. Además, se llegó a exportar 1 Millón 492 Mil Barriles Diarios de crudo en promedio. En este sentido, durante los últimos años, el País logró consolidar su posición como exportador de hidrocarburos, así como diversificar su mercado de destino. La extracción de gas fue de 4,250 Millones de Pies Cúbicos Diarios, de los cuales se procesaron 3,400 Millones y se exportaron cerca de 300 Millones de Pies Cúbicos Diarios.

En los últimos años el Sector Energético en su conjunto ha registrado saldos favorables crecientes en su balanza comercial; ha transferido cuantiosos recursos, a las finanzas públicas y ha efectuado considerables transferencias al resto de la economía, vía subsidios implícitos.

Como un esfuerzo adicional, debe mencionarse el desarrollo de Institutos de Investigación en materia de energéticos, tales como el Instituto Mexicano del Petróleo (creado en 1965), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (1975), y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (1979), mismos que han sido piezas fundamentales en el desenvolvimiento de las tareas del sector.

Paralelamente al desarrollo de la capacidad productiva y la investigación, en las Empresas del sector energético se han realizado esfuerzos importantes de programación en los últimos años, los cuales han sido acompañados de otros similares, a nivel de programación sectorial y de planeación global.

No obstante, los importantes avances logrados; el excesivo énfasis en el alcance de metas cuantitativas que caracterizó el crecimiento del sector durante los últimos años, se tradujo en insuficiente atención a los aspectos cualitativos y en cierta desvinculación con los objetivos más generales del desarrollo del País.

Paralelamente, persisten algunos desequilibrios estructurales en el sector, Destaca, la dependencia energética de los hidrocarburos, que representan poco más del 90% de la generación primaria de energía. Quedan aún márgenes para aprovechar mejor el gas asociado de que se dispone, principalmente en las zonas de explotación marina donde están ya en marcha las inversiones necesarias para reducir al mínimo técnico la proporción de gas asociado que se quema a la atmósfera.

Cabe señalar que los aumentos en la oferta interna de los energéticos, han obedecido, entre otros, al persistente abaratamiento en el precio de una parte importante de la producción destinada al mercado nacional, propiciando el desperdicio energético generalizado y el sobreconsumo de algunos productos, contribuyendo de este modo a agravar las distorsiones estructurales que actualmente caracterizan a la Planta Industrial y al Sistema de Transporte con que cuenta el País. Se hace necesario entonces, actuar a fondo en este sentido, para erradicar vicios estableciendo Políticas de ahorro energético.

En cuanto a la infraestructura que se requiere para hacer más eficiente al sector energético, se localizan todavía algunas deficiencias importantes en materia de almacenamiento de refinados y crudos, e instalaciones portuarias. En los últimos años, cuantiosas inversiones han permitido lograr importantes avances en la red de gasoductos y oleoductos; sin embargo, existen todavía limitaciones en lo que a poliductos se refiere.

El Sector Energético ha tenido innegables efectos positivos sobre el crecimiento de las regiones en las que se ha concentrado su actividad. No obstante, debe reconocerse que también, al desatar rápidos procesos de cambio económico y social, en ocasiones ha rebasado la capacidad de las regiones y de los agentes económicos, para responder a su dinámica y aprovechar sus encadenamientos potenciales.

La formación de recursos humanos, y la adaptación y desarrollo de tecnologías para el Sector, no obstante los avances logrados, siguen siendo un problema importante a resolver y constituye un reto para el futuro.

Actualmente, de acuerdo con informaciones publicadas por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), se tiene una capacidad instalada de 26,793 Mwatts. Energía que utilizamos cerca de 80 Millones de mexicanos. Petróleos Mexicanos (PEMEX) tiene en sus instalaciones en tierra 1,683 Mwatts, además de las Plantas Eléctricas que tienen otros sectores de la Industria como: La Azucarera, La Textil, La Metalúrgica, La Papelera, La Química, La Minera, La Cervecería, La Cementera, etcétera, que tienen más de 200 Plantas Eléctricas, y que pueden interconectarse con la C.F.E. para aumentar la oferta de Energía Eléctrica en un 10% de la capacidad instalada que se tiene en la actualidad.

La Generación de Electricidad en nuestro País, es a base de Hidrocarburos, de lo cual se puede destacar, en lo que corresponde a C.F.E. los siguientes datos:

- 60.7% de Hidrocarburos.
- 29.6% de Energía Hidráulica.
- 4.5% a base de Carbón.
- 2.7% de Energía Geotérmica.
- 2.5% de Energía Nuclear.

La Energía Eléctrica se utiliza para alimentar principalmente: Motores, luminarias, dispositivos calefactores y otras cargas de menor cuantía. En México, se tiene poca información sobre la distribución de cargas que más Energía Eléctrica consumen.

En algunos países industrializados, como los del Bloque Europeo, se han realizado estudios sobre el consumo de Energía Eléctrica y se tiene que por ejemplo, en Alemania el 64% del consumo de Energía Eléctrica se utiliza en motores eléctricos, mientras que en el Reino Unido de la Gran Bretaña es de 60%.

Si la utilización de la electricidad en el Sector Industrial de México, tiene condiciones similares a los países europeos anteriormente citados, los motores representan el mayor consumo de Energía Eléctrica. Así, la C.F.E. ha proporcionado datos en donde estima que entre el 60 y 70% de la energía generada es consumida por motores eléctricos; de esto se desprende la importancia que éstos representan en el consumo de energéticos, transformación de energía y la conservación del medio ambiente.

Por otro lado, la situación que prevalece en nuestro País, respecto a la toma de consciencia en el ahorro de energía eléctrica, es incipiente debido fundamentalmente a varios aspectos como pueden ser:

- a).- Falta de consciencia popular en el buen uso de la electricidad.
- b).- La carencia de estudios, en los cuales se pueda observar el grado de ahorro de Energía Eléctrica.
- c).- Escaso abastecimiento de equipos considerados como de "alta eficiencia".
- d).- Bajo precio de la Energía Eléctrica.

A lo anterior, se agrega, la problemática de la Calidad en el Servicio de Distribución de Energía Eléctrica debido, en primer lugar, a que la capacidad actual instalada es prácticamente igual a la demanda, quedando poca flexibilidad para cubrir algún imprevisto en demanda extraordinaria de Energía Eléctrica.

Por lo consiguiente; un ahorro de Energía Eléctrica en Motores Eléctricos y Sistemas Eléctricos de Alumbrado, traería beneficios significativos a la economía nacional y a los grupos industriales interesados en utilizarlos; este beneficio es directo al Sector Eléctrico y al usuario. Esto puede significar una reducción considerable en los costos de operación, y también se contribuiría con la armonía del medio ambiente.

CAPITULO II

SISTEMAS DE ILUMINACION

II.1.- Introducción.

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión. Los científicos, hoy en día utilizan dos conceptos al explicar la Naturaleza de la luz. Estos son la Teoría de las Ondas Electromagnéticas y la Teoría del Quantum.

La Teoría Electromagnética, establece que los cuerpos luminosos emiten luz bajo la forma de energía radiante que se transmite en forma de ondas electromagnéticas y que estas ondas actúan sobre nuestra visión, para producir la sensación de luz.

La Teoría del Quantum, establece que los cuerpos luminosos emiten energía radiante en forma de "grupos", los que son expulsados en línea recta y actúan sobre la visión para producir la sensación de luz.

El movimiento de la luz a través del espacio, puede realmente explicarse mejor por medio de la Teoría Electromagnética. El efecto de la luz sobre la materia, se explica más fácilmente por medio de la Teoría del Quantum.

II.2.- Definición de Instalación Eléctrica.

Se entiende por Instalación Eléctrica, al conjunto de tuberías "conduit" ó tuberías y canalizaciones de otro tipo y forma, cajas de conexión ó los registros, conductores eléctricos, accesorios de control y protección, etcétera; necesarios para conectar ó interconectar una ó varias fuentes ó tomas de energía eléctrica con los receptores. Los receptores de la energía eléctrica son de tan diversa índole, que tratando de englobarlos en forma rápida y sencilla, se puede decir que son los siguientes: Todo tipo de lámparas,, radios, televisores, refrigeradores, licuadoras, extractores, tosta dores, aspiradoras, planchas, etc. Es decir, todos los aparatos y equipos electrodomésticos, de oficina, de comercios, aparatos y equipos de calefacción, de intercomunicación, señales luminosas, señales audibles, elevadores, montacargas, motores y equipos eléctricos en general.

En relación a Tuberías y Canalizaciones; estos dos términos incluyen a todos los tipos de tuberías, ductos, charolas, trincheras, etcétera, que se utilizan para introducir, colocar ó simplemente apoyar, los conductores eléctricos para protegerlos contra esfuerzos mecánicos y medios ambientes desfavorables como son los húmedos, corrosivos, oxidantes, explosivos, etc. Dentro de las Tuberías de uso común destacan los siguientes:

1.- Tubo "conduit" flexible de PVC, conocido generalmente como Tubo Conduit Plástico no Rígido, ó también como manguera rosa.

2.- Tubo Conduit Flexible de Acero.

3.- Tubo Conduit de Acero Esmaltado.

a). Pared Delgada.

b). Pared Gruesa.

4.- Tubo Conduit de Acero Galvanizado.

a). Pared Delgada.

b). Pared Gruesa.

5.- Ducto Cuadrado.

6.- Tubo Conduit de Asbesto-Cemento.

Clase A-3 y Clase A-5.

7.- Tubos de Albañal.

A continuación, se analizan las características específicas de cada una de las Tuberías de uso común.

1.- Tubo Conduit Flexible de PVC.- Resistente a la corrosión, muy flexible, ligero, fácil de transportar, de cortar, precio bajo, mínima resistencia mecánica al aplastamiento y a la penetración. Se compra por metro.

Para cambios de dirección a 90 grados se dispone de codos, y para unir dos tramos de tubo se cuenta con coples, ambos del mismo material y de todas las medidas. Este tipo de tuberías, generalmente se sujeta a las cajas de conexión introduciendo los extremos en los orificios que quedan al botar los chiqueadores. Su uso se ha generalizado en instalaciones en las que de preferencia la tubería deba ir ahogada en pisos, muros, losas, castillos, columnas, trabes, etc.

2.- Tubo Conduit Flexible de Acero.- Fabricado a base de cintas de acero galvanizado y unidas entre sí a presión en forma helicoidal, este producto se compra por metro. Por su consistencia mecánica y notable flexibilidad, proporcionada por los anillos de acero en forma helicoidal, se utiliza en la conexión de motores eléctricos, y en forma visible para amortiguar las vibraciones evitando se transmitan a las cajas de conexión y de éstas a las canalizaciones. Se sujetan sus extremos a las cajas de conexión y a las tapas de conexiones de los motores, por medio de juegos de conectores rectos y curvos según se requiera.

3.- Tubo Conduit de Acero Esmaltado.

a). Pared Delgada.- Tiene demasiado delgada su pared, lo que impide se le pueda hacer cuerda. La unión de tubo a tubo, se realiza por medio de coples sin cuerda interior que son sujetos solamente a presión, la unión de los tubos a las cajas de conexión se hace con juegos de conectores.

b). Pared Gruesa.- Su pared es lo suficientemente gruesa, trae de fábrica cuerda en ambos extremos y puede hacerse en obra cuando así se requiera. Como la unión de tubo a tubo es de coples de cuerda interior y la unión de los tubos a las cajas de conexión es con juegos de contras y monitores, la continuidad mecánica de las canalizaciones es 100% efectiva.

En ambas presentaciones de Pared Delgada y Pared Gruesa, se fabrica en tramos de 3.05 metros de longitud, para cambios de dirección a 90 grados se dispone de codos de todas las medidas. Su utilización básicamente es en lugares en los que no se expongan a altas temperaturas, humedad permanente, elementos oxidantes, corrosivos, etcétera.

4.- Tubo Conduit de Acero Galvanizado.

a). Pared Delgada.

b). Pared Gruesa.

En sus presentaciones de Pared Delgada y Pared Gruesa, reúne las mismas características del Tubo Conduit de Acero Esmaltado en cuanto a espesor de paredes, longitud de los tramos, forma de unión y sujeción. El galvanizado es por inmersión, que le proporciona la protección necesaria para poder ser instalados en lugares ó locales expuestos a humedad permanente, en locales con ambientes oxidantes ó corrosivos, en contacto con aceites lubricantes, gasolinas, solventes, etc.

5.- Ducto Cuadrado.- Este se fabrica para armarse por piezas como tramos rectos, codos, tees, adaptadores, cruces reductores, colgadores, etc. Se utilizan como cabezales en grandes concentraciones de medidores e interruptores como en Instalaciones Eléctricas de departamentos, comercios, de oficinas, etcétera. También se utilizan con bastante frecuencia en Instalaciones Eléctricas Industriales, en las que el número y calibre de los conductores son de consideración.

6.- Tubo Conduit de Asbesto-Cemento Clase A-3 y Clase A-5.- Se fabrican en tramos de 3.95 metros, la unión entre tubos se realiza por medio de coples del mismo material con muescas interiores en donde se colocan los anillos de hule que sirven de empaques de sellamiento. Para el acoplamiento entre tubos y coples a través de los anillos de sellamiento, hay necesidad de valerse de un lubricante especial.

El uso de este tipo de tubería se ha generalizado en redes subterráneas, en acometidas de las Compañías suministradoras del Servicio Eléctrico a las sub-estaciones eléctricas de las edificaciones. En cuanto a su clasificación; el A-3 y A-5, indica que soportan en condiciones normales de trabajo 3 y 5 Atmósferas estándar de presión, lo que explica la razón por la cual los clase A-7, se utilizan para redes de abastecimiento de agua potable.

7.- Tubería de Albañal.- El uso de este tipo de tuberías en las instalaciones eléctricas es mínimo, prácticamente sujeto a condiciones provisionales. Se le utiliza principalmente en obras en proceso de construcción, procurando dar protección a conductores eléctricos (alimentadores generales, extensiones, etc.), para dentro de lo posible, evitar que los aislamientos permanezcan en contacto directo la humedad, con los demás materiales de la obra negra que pueden ocasionarle daño como el cemento, cal, grava, arena, varillas, etc.

8.- Cajas de Conexión.- Esta designación incluye además de las cajas de conexión fabricadas exclusivamente para las Instalaciones Eléctricas, algunas para instalación de teléfonos y los conocidos registros construidos en el piso. Entre las cajas de conexión exclusivas para Instalaciones Eléctricas, se pueden mencionar las siguientes:

a).- Cajas de Conexión Negras ó de Acero Esmaltado.

b).- Cajas de Conexión Galvanizadas.

c).- Cajas de Conexión de PVC, Conocidas Como Cajas de Conexión Plástica.

A continuación, se hará una sub-clasificación de las Cajas de Conexión, según su forma, dimensión y usos:

1.- Cajas de Conexión Tipo Chalupa.- Son cajas rectangulares de aproximadamente 6X10 cm. de base por 38 mm. de profundidad. Se utilizan para instalarse en ellas apagadores, contactos, botones de timbre, etcétera, cuando el número de estos dispositivos intercambiables ó una mezcla de ellos no exceda de tres; aunque se recomienda instalar sólo dos, para facilitar su conexión y reposición cuando se requiera. Estas cajas de conexión chalupa, sólo tienen perforaciones para hacer llegar a ellas tuberías de 13 mm de diámetro, además de ser las únicas que no tienen tapa del mismo material.

2.- Cajas de Conexión Redondas.- Son en realidad cajas octogonales bastante reducidas de dimensiones, consecuentemente de área útil interior de aproximadamente 7.5 cm de diámetro y 38 mm de profundidad. Se fabrican con una perforación por cada dos lados, una en el fondo y una que trae la tapa, todas para recibir tuberías de 13 mm de diámetro. Por sus reducidas dimensiones, son utilizadas generalmente cuando el número de tuberías, de conductores y de empalmes son mínimos, como es el caso de arbotantes en baños, en patios de servicio, etc.

3.- Cajas de Conexión Cuadradas.- Se tienen de diferentes medidas y su clasificación es de acuerdo al mayor diámetro del ó los tubos que pueden ser sujetos a ellos, es así como se conocen como cajas de conexión cuadradas de 13, 19, 25, 32 y 38 mm. Dentro de esta categoría, se tienen las siguientes sub-clasificaciones:

a).- Cajas de Conexión Cuadradas de 13 mm.- Cajas de 7.5 X 7.5 cm de la base por 38 mm de profundidad, con perforaciones tanto en los costados como en el fondo, para sujetar a ellas únicamente tubos conduit de 13 mm de diámetro.

b).- Cajas de Conexión Cuadradas de 19 mm.- Tienen 10 X 10 cm de base por 38 mm de profundidad, con perforaciones alternadas para tuberías de 13 y 19 mm de diámetro.

c).- Cajas de Conexión Cuadradas de 25 mm.- De 12 X 12 cm de base por 55 mm de profundidad, con perforaciones alternadas para tuberías de 13, 19 y 25 mm de diámetro. Para tuberías de diámetros mayores, se cuenta con cajas de conexión de 32, 38 y 51 mm ó bien cajas especiales dentro de las cuales se deben considerar los registros de distribución de teléfonos cuyas medidas comúnmente utilizadas son las de 20 X 20 cm de base por 13 cm de profundidad.

II.3.- Elementos de una Instalación Eléctrica.

Esta parte del análisis trata de los conductores eléctricos como aquellos elementos que sirven como unión entre las fuentes ó tomas de energía eléctrica, como transformadores, líneas de distribución, interruptores, tableros de distribución, contactos, accesorios de control y los de control y protección con los receptores.

Los accesorios de control pueden resumirse en forma sencilla en:

1.- Apagadores Sencillos.- Son apagadores de 3 vías ó de escalera, apagadores de 4 vías ó de paso, etc.

2.- Caso Secundario cuando por alguna circunstancia se tienen contactos controlados con apagador.

3.- En Oficinas, comercios e industrias, además de los controladores antes descritos, se dispone de los interruptores termomagnéticos (conocidos como pastillas), que se utilizan para controlar el alumbrado de medianas ó grandes áreas a partir de los tableros.

4.- Las Estaciones de Botones para el control manual de motores, equipos y unidades completas.

5.- Interruptores de Presión de todo tipo.

Dentro de la amplia variedad de los accesorios de control y protección, se pueden considerar los de uso más frecuente, como son:

1.- Interruptores (switches).- Que pueden ser abiertos ó cerrados a voluntad de los interesados, además de proporcionar protección por sí solos a través de los elementos fusibles cuando se presentan sobrecorrientes (sobrecargas) peligrosas.

2.- Los Interruptores Termomagnéticos.- Que además de que suelen ser operados manualmente, proporcionan protección por sobrecargas en forma automática.

3.- Arrancadores a Tensión Plena y Arrancadores a Tensión Reducida.- Para el control manual ó automático de motores, equipos y unidades complejas.

II.4.- Objetivos de una Instalación Eléctrica.

Los objetivos a considerar en una Instalación Eléctrica, están de acuerdo al criterio de todas y cada una de las personas que intervienen en el proyecto, cálculo y ejecución de la obra, y de acuerdo además con las necesidades a cubrir; sin embargo, con el fin de dar margen a la iniciativa de todos y cada uno en particular, se enumeran sólo algunos tales como:

1.- Seguridad (contra accidentes e incendios).- La seguridad debe ser prevista desde todos los puntos de vista posibles, para operarios en industrias y para usuarios en casas-habitación, oficinas, escuelas, etcétera. Es decir, una Instalación Eléctrica bien planeada y mejor construida, con sus partes peligrosas protegidas aparte de colocadas en lugares adecuados, evita el máximo accidentes e incendios.

2.- Eficiencia.- La eficiencia de una Instalación Eléctrica, está en relación directa a su construcción y acabado. La eficiencia de las lámparas, aparatos, motores, en fin, de todos los receptores de Energía Eléctrica es máxima, si a los mismos se les respetan sus datos de placa tales como tensión, frecuencia, etcétera. Aparte de ser correctamente conectados.

3.- Economía.- El Ingeniero debe resolver este problema no sólo tomando en cuenta la inversión inicial en materiales y equipos, sino haciendo un estudio Técnico-Económico de la inversión inicial, pagos por consumo de Energía Eléctrica, gastos de operación y mantenimiento, así como la amortización de material y equipos. Lo anterior implica en forma general, que lo conveniente es contar con materiales, equipos y mano de obra de buena Calidad, salvo naturalmente los casos especiales de Instalaciones Eléctricas provisionales ó de Instalaciones Eléctricas temporales.

4.- Mantenimiento.- El mantenimiento de una Instalación Eléctrica, debe efectuarse periódica y sistemáticamente. En forma principal, realizar la limpieza y reposición de partes, renovación y cambio de equipos.

5.- Distribución de elementos, aparatos y equipos.- Tratándose de equipos de iluminación, una buena distribución de ellos, redundará tanto en un buen aspecto, como en un nivel lumínico uniforme, a no ser que se trate de iluminación localizada. Tratándose de motores y demás equipos, la distribución de los mismos deberá dejar espacio libre para operarios y circulación libre para el demás personal.

6.- Accesibilidad.- Aunque el control de equipos de iluminación y motores está sujeto a las condiciones de los locales, siempre deben escogerse lugares de fácil acceso, procurando colocarlos en forma tal, que al paso de personas no idóneas, sean operados involuntariamente.

II.5.- Tipos de Instalaciones Eléctricas.

Por razones que obedecen principalmente al tipo de construcciones en que se realizan, material utilizado en ellas, condiciones ambientales, trabajo a desarrollar en los locales de que se trate y acabado de las mismas; se tienen diferentes tipos de instalaciones eléctricas, a saber:

1.- Totalmente Visibles.- Como su nombre lo indica, todas sus partes componentes se encuentran a la vista y sin protección en contra de esfuerzos mecánicos, ni en contra del medio ambiente (seco, húmedo, corrosivo, etc.).

2.- Visibles Entubadas.- Son Instalaciones Eléctricas realizadas así, debido a que por las estructuras de las construcciones y el material de los muros, es imposible ahogarlas, no así protegerlas contra esfuerzos mecánicos y contra el medio ambiente, con tuberías, cajas de conexión y dispositivos de unión, control y protección recomendables de acuerdo a cada caso particular.

3.- Temporales.- Son Instalaciones Eléctricas que se construyen para el aprovechamiento de la Energía Eléctrica por temporadas ó períodos cortos de tiempo; tales son los casos de ferias, juegos mecánicos, exposiciones, servicios contratados para obras en proceso, etcétera.

4.- Provisionales.- Las Instalaciones Eléctricas provisionales, en realidad quedan incluidas en las temporales, salvo en los casos en que se realizan en instalaciones definitivas en operación, para hacer reparaciones ó eliminar fallas principalmente en aquellas, en las cuales no se puede prescindir del servicio aún en un sólo equipo, motor ó local. Ejemplos: Fábricas con Proceso Continuo, Hospitales, Salas de Espectáculos, Hoteles, etcétera.

5.- Parcialmente Ocultas.- Se encuentran en accesorias grandes ó fábricas, en las que parte del entubado está por pisos y muros y la restante por armaduras; también es muy común observarlas en edificios comerciales y de oficinas que tienen plafón falso. La parte oculta está en muros y columnas generalmente, y la parte supuesta pero entubada en su totalidad, es la que va entre las losas y el plafón falso, para de ahí mediante cajas de conexión localizadas de antemano, se hagan las tomas necesarias.

6.- Ocultas.- Son las que se consideran de mejor acabado, pues en ellas se busca tanto la mejor solución técnica, así como el mejor aspecto estético posible, el que una vez terminada la Instalación Eléctrica, se complementa con la Calidad de los dispositivos de control y protección que quedan sólo con el frente al exterior de los muros.

7.- A prueba de Explosión.- Se construyen principalmente en fábricas y laboratorios en donde se tienen ambientes corrosivos, polvos ó gases explosivos, materias fácilmente flamables, etcétera. En las instalaciones, tanto las canalizaciones, como las partes de unión y las cajas de conexión quedan herméticamente cerradas para así, en caso de producirse un cortocircuito, la flama ó chispa no salga al exterior, lo que viene a dar la seguridad de que jamás llegará a producirse una explosión por fallas en las Instalaciones Eléctricas.

Una vez conociendo qué se entiende por Instalación Eléctrica, sus objetivos y tipos de Instalaciones eléctricas; es necesario saber que existen códigos, reglamentos y disposiciones complementarias, que establecen los requisitos técnicos y de seguridad, para lo referente al proyecto y construcción de las mismas.

II.6.- Códigos y Reglamentos.

En las Instalaciones Eléctricas de años atrás, cuando las canalizaciones no tenían la Calidad y acabado para cumplir eficazmente su cometido, los conductores eléctricos no tenían el aislamiento adecuado para las condiciones de trabajo y ambiente; los elementos, dispositivos y accesorios de control y protección no eran inclusive de cierta uniformidad, aparte de tener un burdo acabado, daban como resultado lógico, Instalaciones Eléctricas de poca Calidad, vida corta y fallas frecuentes; provocando así pérdidas materiales preferentemente por cortocircuitos ó en el peor de los casos por explosiones, al instalar materiales y equipos no adecuados para los diferentes medios y ambientes de trabajo, ya que, como es del dominio general, se pueden tener: Locales con ambiente húmedo, locales con ambiente seco, locales con polvos ó gases explosivos, locales en donde se trabajan materias corrosivas ó flamables, etcétera.

Todo lo anterior hizo ver la necesidad de reglamentar desde la fabricación de materiales, equpos, protecciones, controles, hasta dónde y cómo emplearlos en cada caso.

Para la elaboración de dicho reglamento, fue necesario contar con las observaciones y experiencias realizadas por todos los sectores ligados al ramo tales como: Ingenieros, Técnicos, Fabricantes y Distribuidores de Equipos y Materiales Eléctricos, Contratistas e Instaladores. La aceptación y correcta aplicación del reglamento en todos los casos, asegura salvaguardar los intereses de todos; pues se está evitando al máximo los riesgos que representa el uso de la electricidad bajo todas sus manifestaciones.

La aplicación, interpretación y vigilancia de El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de México, es de la competencia de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) a través de la Dirección General de Electricidad quien, además de hacer cumplir todo lo relacionado al mismo, está en absoluta libertad de agregar recomendaciones tales como: Dimensiones de planos, escalas, símbolos a emplear y notas aclaratorias.

El carácter y aplicación de dicho Reglamento es sólo para la República Mexicana y para los materiales, accesorios y equipos a instalar en el interior ó exterior de edificios públicos, privados, predios urbanos ó rústicos. Contiene requisitos mínimos de observancia obligatoria y recomendaciones de conveniencia práctica, los que tienen por objetivo prevenir riesgos y construcciones ú operaciones defectuosas.

No es aplicable este Reglamento a instalaciones ni aparatos especiales de Barcos, Locomotoras, Carros de Ferrocarril, Automóviles, Aviones y en general, a equipos de tracción y transporte. La aprobación técnica de materiales, aparatos, accesorios de control y protección, así como los proyectos, la hacer la SECOFI a través de la Dirección General de Electricidad, dando a los primeros las siglas S.C.- D.G.N. y su número de registro correspondiente; y a los proyectos su aprobación si cumplen con los requisitos técnicos y de seguridad.

II.7.- *Sistemas y Equipos de Iluminación.*

En el alumbrado de interiores existen básicamente dos clasificaciones relacionadas con la distribución de la luz necesaria sobre el área de trabajo a iluminar. Estas clasificaciones son: El Alumbrado General y el Alumbrado Localizado.

Se denomina *Alumbrado General*, al alumbrado que proporciona una distribución uniforme de luz, en todos los lugares de un interior, produciendo idénticas condiciones de visión. El Alumbrado General presenta la ventaja de que la iluminación es independiente de los puestos de trabajo, por lo que éstos pueden ser dispuestos ó combinados en la forma que se desee. Tiene el inconveniente de que la iluminación media proporcionada debe corresponder a las zonas que por su trabajo requieren niveles más altos. El Alumbrado General es empleado en oficinas, aulas de escuelas, fábricas, etcétera. (Fig. II.1).

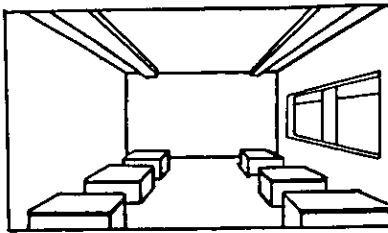


Fig. II.1.- Alumbrado General.

El Alumbrado General también se puede realizar por medio del *Alumbrado General Localizado*, que consiste en colocar luminarias de forma que además de proporcionar una iluminación general uniforme, permita aumentar el nivel de las zonas que lo requieran, según el trabajo en ellas a realizar. Presenta el inconveniente de que si se efectúa un cambio de dichas zonas hay que reformar la instalación de alumbrado. (Fig. II.2).

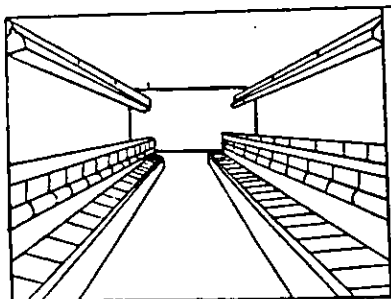


Fig. II.2.- Alumbrado General Localizado.

El Alumbrado Localizado, consiste en producir un nivel medio de iluminación general más ó menos moderado y colocar un alumbrado directo para disponer de elevados niveles medios de iluminación en puestos específicos de trabajo que así lo requieran. (Fig. II.3).

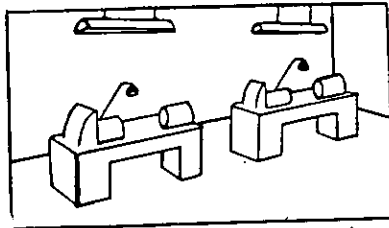


Fig. II.3.- Alumbrado Localizado.

Para eliminar en todo lo posible las molestias de continuas y fuertes adaptaciones visuales que lleva consigo este Sistema de Alumbrado, debe procurarse que la relación de luminancias entre la zona de trabajo y el ambiente general, no exceda de diez a uno.

Los Alumbrados General Localizado y Localizado, van siendo un tanto desplazados, debido a la evolución de lámparas de descarga eléctrica, pues al ofrecer éstas un elevado rendimiento luminoso, los altos niveles requeridos en determinadas zonas de trabajo se alcanzan en forma económica con una iluminación general. Por ello los Alumbrados, General Localizado y Localizado, se utilizan en lugares donde el alumbrado general no es económicamente aconsejable, debido a que las zonas a iluminar se encuentran desfavorablemente situadas

Los Sistemas de Iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso, por encima ó por debajo de la coordenada horizontal de la curva de distribución; ó sea, teniendo en cuenta la cantidad de flujo luminoso proyectada directamente a la superficie iluminada y la que llega a la superficie después de reflejarse por techo y paredes. A continuación se analizarán los diferentes Sistemas de Iluminación.

a). Sistema de Iluminación Directa.- Casi todo el flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que ha de iluminar (entre 90 y 100%). Un Sistema de Alumbrado Directo es un eficaz productor de luz en la zona usual de trabajo. Sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de Calidad, tales como sombras y deslumbramientos directos y reflejados. Las sombras por ejemplo, pueden causar molestias a no ser que las luminarias sean de gran área ó estén muy cerca unas de otras. Para evitar el deslumbramiento, es necesario colocar en los aparatos de alumbrado: rejillas, difusores traslúcidos ó materiales refractores, para que corten ó difundan la porción del haz luminoso que pudiera llegar directamente a la vista del observador.

b). Iluminación Semidirecta.- En este tipo de iluminación, la mayor parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia la superficie que se trata de iluminar, una pequeña parte (de 10 a 40%) se distribuye arriba de la coordenada horizontal de la curva de distribución y llega a la superficie por iluminar previa reflexión en techo y paredes.

c). Iluminación Directa-Indirecta.- Se llama también iluminación difusa. Aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige hacia arriba de la horizontal de la curva de distribución y llega por tanto, a la superficie que ha de iluminar, después de reflejarse varias veces por techo y paredes. Con este Sistema de Iluminación se consigue por completo la eliminación de sombras y, al hacer más extensa la superficie luminosa, se reduce aún más el peligro de deslumbramiento. El efecto que se consigue es agradable, aunque un tanto monótono a la vista del observador, por estar todo el espacio iluminado y no existir zonas oscuras como en los dos anteriores casos. Sin embargo, este Sistema de Iluminación no resulta apropiado en algunos casos, ya que existe un inconveniente que puede ser decisivo: Al no existir sombras en los objetos, éstos aparecen planos y no dan sensación plástica de relieve.

d). Iluminación Indirecta.- El 90% del flujo luminoso, se dirige hacia arriba de la coordenada horizontal de la curva de distribución; el manantial luminosos queda completamente oculto a los ojos del observador y éste no percibe ninguna zona luminosa, solamente aprecia zonas iluminadas. En este sistema, debido a que no hay flujo luminosos directo, las paredes y el techo del local que se va a iluminar, deben de estar pintadas de color blanco ó por lo menos de color muy claro, pues de lo contrario debido al poco rendimiento luminosos de estos sistemas, habría de instalarse demasiada potencia luminosa para conseguir niveles de iluminación medianamente aceptables.

La iluminación indirecta, es económicamente hablando, la más cara de todas. Pero también el efecto luminoso conseguido es el mejor de todos pues la iluminación de los objetos es muy suave y sin contrastes de brillo, y carece absolutamente de deslumbramiento y excenta de sombras laterales. Constituye la forma más noble y más artística de iluminación artificial y es, al mismo tiempo, la más semejante a la luz natural.

e). Iluminación Semi-indirecta.- Del 60 al 90% del flujo luminoso se dirige hacia arriba de la coordenada horizontal de la curva de distribución y el resto se dirige hacia abajo. El sistema semi-indirecto, tiene la mayoría de las ventajas del indirecto, pero es un poco más eficiente y se prefiere a veces para lograr una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminoso. Se consigue una iluminación de buena Calidad, casi totalmente excenta de deslumbramiento y con sombras suaves, muy agradables a la vista del observador.

II.7.1.- Clasificación de Luminarias.

Un equipo de iluminación ó luminario, es un aparato de iluminación que está compuesto de un gabinete ó armadura, la cual está diseñada para que en su interior, aloje un reflector, lámparas y accesorios necesarios para fijar, proteger y conectar las lámparas al circuito de alimentación, así como un difusor, para que este conjunto pueda proporcionar la mejor distribución y filtración de una fuente de luz artificial. Un luminario debe poseer una serie de cualidades que los haga idóneos para la misión que tienen que cumplir, se pueden dividir estas cualidades en tres clases, bien diferenciadas y que se resumen a continuación:

Ópticas.

- Distribución luminosa adaptada a la función que debe realizar.
- Luminancias reducidas en determinadas direcciones.
- Buen rendimiento luminoso.

Mecánicas y Eléctricas.

- Solidez.
- Ejecución en un material adecuado a las condiciones de trabajo previstas.
- Construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura.
- Protección de las lámparas y equipo eléctrico contra la humedad y demás agentes atmosféricos.
- Facilidad de montar, desmontar y limpiar.
- Cómodo acceso a la lámpara y equipo eléctrico.

Estéticas.

- Los luminarios apagados durante el día ó encendidos durante la noche, no deben desentonar con el medio ambiente en el cual se incluyen.

Los luminarios en general se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1.- Por su uso.
- 2.- Por el tipo de lámpara que usan.
- 3.- Por la distribución del flujo luminoso que emiten.

1.- *Clasificación de luminarios por su uso.*- Los luminarios de acuerdo a su uso se pueden clasificar en la siguiente forma:

- *Comerciales.*- Debido a que normalmente los luminarios del tipo comercial, son instalados en interiores como: Aulas escolares, oficinas, tiendas, salas de exposición, etcétera. Estos luminarios deben de proporcionar las siguientes características:

- a).- Buena difusión de luz.
- b).- Baja brillantez.
- c).- Alta eficiencia.
- d).- Ocultamiento de las lámparas.
- e).- Apariencia distinguida y moderna.
- f).- Facilidad de montaje y limpieza.

- *Industriales.*- Este tipo de luminarios trabaja normalmente en naves industriales con alturas de montaje altas ó medias, por lo que se requiere que estos luminarios sean capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales. Algunos luminarios del tipo industrial trabajan en lugares donde se tienen atmósferas explosivas, vapores ó líquidos volátiles, por lo que su construcción debe ser hermética contra los elementos externos perjudiciales para que ofrezcan seguridad. En términos generales estos luminarios deben proporcionar las siguientes cualidades:

- a).- Buena difusión de luz.
- b).- Curva de distribución adecuada a la altura de montaje.
- c).- Alta eficiencia.
- d).- Resistencia mecánica.
- e).- Construcción de un material adecuada a su función.
- f).- Facilidad de mantenimiento.

- *Alumbrado público.*- Estos luminarios están diseñados para difundir el flujo luminoso de la lámpara ó lámparas en una dirección específica deseada y se usan para iluminar avenidas, autopistas, cruces de vías de comunicación, etcétera. En áreas para peatones como: Estacionamientos, jardines, parques de diversión ó zonas residenciales se usan luminarios del tipo punta de poste, estos luminarios encuentran su aplicación a alturas de tres ó cuatro metros, en muchos casos están rematados con un casquete metálico para conseguir una iluminación difusa. Los luminarios para alumbrado público, deben de tener las siguientes características:

- a).- Iluminación uniforme.
- b).- Baja brillantez.
- c).- Construcción sólida.
- d).- Facilidad de instalación y mantenimiento.
- e).- Diseñados para trabajar a la intemperie.

- *Exteriores.*- Existe un gran número de luminarios dentro de esta clasificación, algunos son: Los reflectores, los tipos arbotante, los tipo jardín, los de luz de obstrucción, etcétera. Se utilizan para iluminar fachadas, monumentos, campos deportivos, terrazas, estacionamientos, iluminación decorativa en jardines, para señalización, etcétera. Las lámparas utilizadas en estos luminarios pueden ser del tipo incandescente ó de descarga eléctrica en gas. Los luminarios de este tipo tienen las siguientes características:

- a).- Iluminación uniforme.
- b).- Alta eficiencia.
- c).- Facilidad de montaje e inspección periódica.
- d).- Diseñados para trabajar a la intemperie.

- *Decorativos.*- Este tipo de luminarios deben de ayudar a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico y decorativo del interior a iluminar, encendidos ó apagados, deben de crear la misma apariencia. Los luminarios para decoración, deben de tener las siguientes características:

- a).- Iluminación uniforme.
- b).- Apariencia agradable y moderna.
- c).- Construcción de acuerdo a las necesidades.
- d).- Fáciles de limpiar.

2.- *Clasificación de luminarios por el tipo de lámpara que usan.*- Es difícil establecer una clasificación de los luminarios con respecto al tipo de lámpara que usan, ya que, excepto en el caso de los luminarios para lámparas fluorescentes; por lo general, un mismo luminario sirve para distintos tipos de lámparas. No obstante, desde este punto de vista se pueden agrupar en:

- Luminarios para lámparas incandescentes.
- Luminarios para lámparas fluorescentes.
- Luminarios para lámparas de vapor de mercurio de luz mixta y aditivos metálicos.
- Luminarios para lámparas de vapor de sodio.

Los luminarios como ya se dijo antes,, deben poseer las cualidades que se requieren, de acuerdo a su uso. Los luminarios para lámparas incandescentes deben de cumplir con la misión de hacer soporte y de conexión eléctrica para las lámparas en su interior. Los luminarios que utilizan lámparas de descarga eléctrica en gas, además de lo anterior deben de alojar en su interior (en algunos casos no lo hacen) el balastro que emplean este tipo de lámparas para su funcionamiento; pero los dos tipos de luminarios deben de tener una construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura.

3.- *Clasificación de los luminarios por la distribución del flujo luminoso que emiten.*- Basándose en la distribución del flujo luminoso emitido, los luminarios se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Por simetría de distribución del flujo luminoso emitido e intensidades luminosas.

- De acuerdo con la radiación del flujo luminosos emitido, respecto al plano horizontal del luminario.

4.- *Clasificación de los luminarios según la simetría de distribución del flujo luminosos emitido e intensidades luminosas.*- Con respecto a la simetría del flujo luminoso emitido, los luminarios se pueden clasificar de dos formas: De distribución simétrica y de distribución asimétrica.

a).- Luminarios de Distribución Simétrica.- En estos aparatos el flujo luminosos se reparte simétricamente respecto al eje de simetría y la distribución espacial en las intensidades luminosas pueden representarse con una sola curva fotométrica. Un aparato de este tipo resulta útil para iluminar lugares que permitan hacer una distribución simétrica de los luminarios, a fin de obtener una intensidad luminosa uniforme en todas direcciones.

b).- **Luminarios de Distribución Asimétrica.**- En estos luminarios, el reparto del flujo luminoso no se hace en forma simétrica respecto a un eje, de manera que la distribución que la distribución espacial de las intensidades luminosas sólo puede expresarse mediante un sólido fotométrico, ó por una representación plana de dicho sólido ó bien parcialmente según diversas curvas de distribución, formadas en diferentes direcciones que pueden ser: La curva correspondiente a una sección por el eje longitudinal del luminario ó la curva correspondiente a una sección por el eje transversal del mismo, ó también por curvas de distribución correspondientes a secciones predeterminadas; por ejemplo, a cada diez grados.

5.- *Clasificación de los luminarios según la radiación del flujo luminoso respecto al plano horizontal del luminario.*- Teniendo en cuenta el porcentaje de flujo luminoso emitido por encima ó por debajo del plano horizontal del luminario, los luminarios se clasifican como los Sistemas de Iluminación, lo que quiere decir, que a cada sistema corresponde un tipo de luminario. Por lo tanto, los luminarios se clasifican en los diversos tipos que a continuación se indican:

- Directo.
- Sedirecto.
- Directo-Indirecto.
- Indirecto.
- Semi-indirecto.

Los luminarios de radiación directa y distribución simétrica pueden dividirse, a su vez, según el ángulo de abertura correspondiente a la mitad de flujo luminoso total.

II.7.2.- Reflectores.

Para conseguir en un aparato de alumbrado una distribución luminosa que cumpla con determinadas necesidades se debe recurrir a las diversas propiedades de la luz: Reflexión, difusión, refracción, etcétera. En general, en un aparato de alumbrado se aprovechan varias de estas propiedades y por esta razón se estudiarán los dispositivos de los aparatos de iluminación que hacen uso de estos fenómenos.

Los reflectores son dispositivos provistos de una superficie brillante de forma adecuada para que refleje la luz que incide sobre ella. La comparación entre las curvas de distribución luminosa correspondiente a una lámpara desnuda y a la misma lámpara provista de un reflector, permite darse cuenta del funcionamiento de un reflector.

II.7.3.- Difusores.

Los difusores actúan relativamente poco sobre la distribución luminosa de la lámpara; su misión es, sobre todo, difundir la luz para disminuir los efectos de deslumbramiento. El fenómeno de deslumbramiento aumenta con la luminancia del manantial luminoso. El difusor sustituye el manantial luminoso primario, constituido por la lámpara que tiene poca superficie radiante; y por lo tanto, elevada luminancia por un manantial luminoso secundario, constituido por el mismo difusor, de gran superficie radiante, y por consiguiente, de mucha menor luminancia que la lámpara. Con el difusor se reduce considerablemente los efectos nocivos del deslumbramiento; y esta reducción de deslumbramiento está en función del tamaño de la superficie del difusor. Entre más grande sea el difusor, mayor será la reducción de deslumbramiento. Además de todo lo anterior, para que un difusor sea eficaz, es necesario que su superficie sea lo más uniforme posible en todos sus puntos.

II.7.4.- Pantallas.

Las pantallas son una parte de la luminaria, diseñadas para impedir que las lámparas sean directamente visibles en determinada gama de ángulos y así evitar deslumbramiento a los ojos. También sirven para dirigir la luz hacia donde se quiera. Para evitar la luminancia en los aparatos de alumbrado, es necesario ocultar las lámparas a la visión directa del observador. Generalmente, basta con un ángulo visual de 20 grados, aunque algunas veces este ángulo deberá acercarse a los 45 grados (por ejemplo, en la iluminación de aulas y salas de lectura).

El empleo de pantallas difusoras en los aparatos de alumbrado disminuye su rendimiento luminoso, por lo que hay que tenerlo en cuenta en los proyectos de alumbrado, ya que este rendimiento puede disminuir hasta un 50%.

Por lo tanto, si se emplean pantallas difusoras para obtener el mismo flujo luminoso en un determinado local, se tendrá que aumentar el número de puntos de luz; este inconveniente queda sobradamente compensado por la mejor Calidad de luz obtenida, de lo que resulta un aumento del campo visual.

II.7.5.- Refractores.

El refractor es un dispositivo en el cual el fenómeno de refracción es usado para cambiar la distribución espacial del flujo luminoso de una fuente de luz y está cosntituido esencialmente por un aparato de vidrio ó plástico acrílico.

En el control de los rayos de luz por medio de refractores se utilizan los fenómenos de refracción y reflexión, ya que por medio de éstos se puede cambiar la dirección de los rayos con un mínimo de pérdida de luz. Estos dos efectos han sido incorporados en las pantallas de los luminarios con la impresión de prismas en la superficie de sustancias transparentes, como vidrio y plástico acrílico. El diseño científico de estos prismas, permiten obtener distintas formas de distribución de la luz, adecuadas para diversas aplicaciones con resultados óptimos de eficiencia y reducción de deslumbramiento nocivo a los ojos, con lo cual se obtiene una mejor visión y en forma económica, ó sea, con el mínimo consumo de energía eléctrica.

A los aspectos mencionados con anterioridad; se puede concluir que:

1.- Es importante saber elegir el tipo de alumbrado más adecuado a cada local, para proporcionar la mejor distribución de luz sobre el área de trabajo y así aumentar el campo visual.

2.- Es conveniente utilizar al Sistema de Iluminación apropiado, ya que por medio del sistema escogido se puede obtener un buen efecto estético y aumentar la Calidad del alumbrado. Además, donde estos aspectos resulten secundarios, por medio del Sistema de Iluminación se puede obtener una iluminación económica y de gran rendimiento.

3.- En la práctica es importante saber aprovechar los diferentes tipos de luminarios que existen, ya que cada tipo tiene características diferentes en lo que se refiere a su distribución de luz, rendimiento luminoso, construcción, protección de lámpara y sus accesorios, así como facilidad para su mantenimiento. Utilizando el luminario adecuado en cada solución, se obtiene un aumento en cantidad y calidad de iluminación, así como de economía.

4.- El empleo de reflectores, difusores, pantallas y refractores en los luminarios, trae como consecuencia que, en la práctica, se cumpla satisfactoriamente con la calidad de iluminación, ya que estos accesorios y las técnicas de control de la luz ofrece una alta visibilidad y una reducción de deslumbramiento directo y reflejado.

II.8.- Métodos de Cálculo de Iluminación y Soluciones Básicas.

En la actualidad, existen varios métodos de cálculo de iluminación para conocer el número de luminarios que se requieren para un buen nivel de iluminación promedio en un espacio determinado, en este subtema, se estudiarán primero los métodos y después algunas soluciones básicas de diseño.

II.8.1.- Método del Flujo Luminoso.

También se le denomina "*Método de Lumen*". Por medio de éste se puede calcular el flujo total luminoso que se requiere en locales interiores para proporcionar un nivel de iluminación promedio. Considera la superficie del local, la altura de montaje de los luminarios, las reflectancias de paredes, techo y piso, un coeficiente de utilización del flujo luminoso aprovechable de la fuente luminosa sobre el área de trabajo y un factor de mantenimiento por depreciación de la lámpara y limpieza del local. Estos factores se toman en consideración en la fórmula del "*Método de Lumen*":

$$F = (E)(S) / (C.U.)(F.M.) \quad \text{II.1}$$

en donde:

F = Flujo Total requerido para el nivel de iluminación promedio.

E = Intensidad de Iluminación promedio.

S = Superficie.

C.U. = Coeficiente de Utilización.

F.M. = Factor de Mantenimiento.

a).- *Intensidad de Iluminación.*- La intensidad de iluminación viene dada en tablas que recomiendan los valores adecuados para las diversas labores. Estos valores han sido determinados por científicos dedicados a la iluminación, tomando en cuenta los diferentes esfuerzos a que está sometido el ojo humano durante su funcionamiento, el rendimiento visual, las asimilaciones por segundo y hasta las condiciones climatológicas, etcétera.

b).- *Superficie.*- La superficie del local a iluminar se considera en metros cuadrados, si el nivel de iluminación se toman en "Luxes", ó en pies cuadrados si el nivel se toma en "Feet-Candels".

c).- *Factor de Mantenimiento.*- Se considera en función de la depreciación que sufre la emisión lumínica del luminario debido a la acumulación de suciedad en el mismo y a la depreciación de las superficies reflectoras ó transmisoras de la luz. También por el envejecimiento sufrido a través del tiempo ó la depreciación que sufra la lámpara ó fuente luminosa a causa de las horas de uso.

El factor de mantenimiento se obtiene del producto de la depreciación de la lámpara (D) por la depreciación por suciedad del luminario (d). El factor de depreciación de la lámpara (D) es función de la depreciación sufrida por la lámpara a lo largo de su vida, y es obtenida en el laboratorio del fabricante ó en laboratorio de asociaciones autorizaciones y de prestigio reconocido que proporcionan la depreciación en forma de tablas en las cuales a cada lámpara corresponde un valor promedio. El factor de mantenimiento por suciedad del luminario (d) es obtenido por pruebas directas hechas al luminario en diferentes ambientes y clasificado en forma de tablas ó bien en forma de gráficas y es proporcionada por los fabricantes ó por laboratorios independientes.

CATEGORIA
DE
MANTENIMIENTO

CARACTERISTICAS

- I Las lámparas se muestran desnudas y no utilizan reflector.
- II Las lámparas se muestran desnudas y son del tipo fluorescente, utilizan reflector. A este tipo de luminario se le denomina industrial fluorescente.
- III Este tipo de luminarios utiliza un reflector que distribuye más del 70% del flujo luminoso hacia la superficie por iluminar; normalmente se utilizan a alturas de montaje altas y medias.
- IV Son luminarios que alojan en si interior lámparas fluorescentes; pueden ser del tipo de empotrar ó sobreponer; su característica principal es que utilizan rejillas para evitar que las lámparas sean vistas directamente, bajo un determinado ángulo.
- V Estos luminarios son como los de la categoría IV, pero utilizan difusores en lugar de rejillas a fin de obtener un mejor control de la luz.
- VI En esta categoría se encuentran el plafón luminoso y la iluminación por medio de cornisas. Su característica principal es que son elementos de iluminación que están interconstruidos, como parte de la estructura arquitectónica del local a iluminar.

El factor de mantenimiento por suciedad del luminario (d) también se puede calcular en forma estimativa considerando los siguientes porcentajes:

- 1.- Para locales limpios: 10%.
- 2.- Para locales de regular limpieza: 10 a 15%.
- 3.- Para locales sucios: 25 a 35%.

d).- *Coficiente de Utilización*.- El coeficiente de utilización es la relación entre los "lúmenes" que alcanzan el plano de trabajo y los "lúmenes" totales generados por la lámpara. Es un factor que tiene en cuenta la eficacia y la distribución del luminario, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y piso. El coeficiente de utilización viene dado en tablas que relacionan cada uno de los aspectos antes mencionados. El método de flujo luminoso se puede aplicar en dos formas, dependiendo de cómo se calcula el coeficiente de utilización: Por índice de cuarto ó por cavidad zonal.

II.8.2.- Método de Flujo Luminoso por Índice de Cuarto.

Para determinar el flujo total luminoso que se requiere para obtener un nivel determinado de iluminación promedio en un determinado local es necesario conocer todos los parámetros que involucra la fórmula II.1, es decir: La intensidad de iluminación que se requiere, la superficie del local, el factor de mantenimiento y el coeficiente de utilización. El coeficiente de utilización se determina en tablas que resumen las dimensiones y altura del local en valores denominados "*Índice de Cuarto*". Los locales por iluminar se clasifican, de acuerdo con su forma en diez grupos, identificados por letras y por el valor del "*Índice de Cuarto*", y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{I.C.} = (A)(L) / (H)(A+L) \quad \text{II.2.}$$


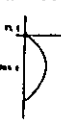

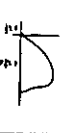

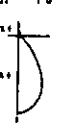



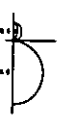
en donde:

A = Ancho del Local.

L = Largo del Local.

H = Altura de Montaje (distancia entre el plano de trabajo y el luminario).

Para determinar el "*Coficiente de Utilización*" partiendo del "*Índice de Cuarto*", se entra a una arreglo similar al representado en la Tabla II.1. Este tipo de Tablas son proporcionadas por el fabricante de luminarios. Como se puede observar en la tabla siguiente, además del "*Índice de Cuarto*" que involucra las dimensiones del local, también intervienen en el cálculo del "*Coficiente de Utilización*" las reflectancias de las paredes, el techo y el piso.

| Tipo de luminaria | Distribución típica y % de lúmenes y % de la lámpara | Cat. de montaje S/MH | RCR ¹ | Coeficiente de utilización para 20% de reflectancia efectiva de piso (p _r = 20) | | | | | | | | | | | | | | | | | | RCR ² |
|--|---|----------------------|------------------|--|-----|---------------------|-----|----|---------------------|----|----|---------------------|----|----|---------------------|----|----|--------------------|----|----|----|------------------|
| | | | | p _w = 0 | | p _w = 70 | | | p _w = 50 | | | p _w = 30 | | | p _w = 10 | | | p _w = 0 | | | | |
| | | | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | |
|  Reflector con ventilación para distribución intermedia con lámpara clara de descarga de alta intensidad |  | III | 1.0 | 0 | 81 | 81 | 81 | 80 | 80 | 80 | 84 | 84 | 84 | 81 | 81 | 81 | 77 | 77 | 77 | 73 | | |
| | | | | 1 | 84 | 81 | 79 | 83 | 80 | 79 | 79 | 77 | 76 | 76 | 74 | 73 | 73 | 73 | 73 | 71 | 69 | 16 |
| | | | | 2 | 77 | 72 | 70 | 76 | 72 | 70 | 73 | 70 | 68 | 70 | 68 | 66 | 66 | 66 | 66 | 65 | 63 | 18 |
| | | | | 3 | 71 | 66 | 63 | 69 | 66 | 63 | 67 | 64 | 61 | 63 | 63 | 60 | 63 | 61 | 60 | 57 | 57 | 18 |
| | | | | 4 | 65 | 60 | 56 | 64 | 60 | 56 | 62 | 58 | 55 | 57 | 57 | 54 | 57 | 54 | 54 | 51 | 49 | 17 |
| | | | | 5 | 58 | 54 | 50 | 58 | 54 | 50 | 57 | 53 | 50 | 53 | 53 | 50 | 53 | 50 | 47 | 46 | 43 | 14 |
| | | | | 6 | 54 | 49 | 45 | 54 | 50 | 46 | 52 | 48 | 45 | 47 | 47 | 44 | 47 | 44 | 42 | 39 | 38 | 14 |
| | | | | 7 | 50 | 44 | 40 | 49 | 44 | 40 | 48 | 43 | 40 | 43 | 43 | 40 | 43 | 40 | 37 | 35 | 34 | 14 |
| | | | | 8 | 45 | 40 | 36 | 43 | 40 | 36 | 44 | 39 | 36 | 43 | 39 | 35 | 42 | 38 | 35 | 34 | 31 | 13 |
| | | | | 9 | 41 | 36 | 32 | 41 | 36 | 32 | 40 | 35 | 32 | 39 | 35 | 32 | 38 | 35 | 32 | 30 | 27 | 12 |
| 10 | 38 | 33 | 29 | 37 | 32 | 29 | 37 | 32 | 29 | 36 | 32 | 29 | 35 | 31 | 29 | 27 | 25 | 11 | | | | |
|  Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara clara de descarga de alta intensidad |  | III | 1.6 | 0 | 82 | 82 | 82 | 80 | 80 | 80 | 86 | 86 | 86 | 82 | 82 | 82 | 79 | 79 | 75 | | | |
| | | | | 1 | 85 | 82 | 80 | 82 | 81 | 79 | 79 | 78 | 76 | 76 | 74 | 74 | 74 | 74 | 72 | 71 | 70 | 18 |
| | | | | 2 | 77 | 72 | 70 | 76 | 72 | 69 | 73 | 70 | 67 | 67 | 66 | 64 | 66 | 64 | 63 | 61 | 60 | 18 |
| | | | | 3 | 70 | 66 | 63 | 69 | 64 | 60 | 66 | 62 | 59 | 64 | 61 | 59 | 63 | 60 | 57 | 56 | 54 | 18 |
| | | | | 4 | 63 | 58 | 55 | 62 | 57 | 53 | 60 | 56 | 53 | 60 | 56 | 53 | 60 | 56 | 53 | 51 | 49 | 17 |
| | | | | 5 | 57 | 51 | 47 | 56 | 51 | 47 | 54 | 50 | 46 | 53 | 49 | 45 | 52 | 48 | 47 | 45 | 43 | 16 |
| | | | | 6 | 51 | 45 | 41 | 51 | 45 | 41 | 48 | 44 | 40 | 47 | 43 | 40 | 47 | 43 | 40 | 37 | 36 | 16 |
| | | | | 7 | 46 | 40 | 36 | 46 | 40 | 36 | 44 | 39 | 35 | 43 | 39 | 35 | 43 | 39 | 36 | 34 | 33 | 16 |
| | | | | 8 | 41 | 34 | 31 | 41 | 34 | 31 | 40 | 34 | 31 | 38 | 34 | 30 | 38 | 33 | 30 | 28 | 26 | 16 |
| | | | | 9 | 37 | 31 | 27 | 37 | 31 | 27 | 36 | 30 | 27 | 34 | 30 | 27 | 34 | 30 | 27 | 25 | 23 | 16 |
| 10 | 33 | 27 | 24 | 33 | 27 | 24 | 32 | 27 | 23 | 31 | 27 | 23 | 31 | 27 | 23 | 21 | 20 | 14 | | | | |
|  Reflector con ventilación para distribución intermedia con lámpara teñida de alta intensidad |  | III | 1.0 | 0 | 86 | 86 | 86 | 82 | 82 | 82 | 87 | 87 | 87 | 83 | 83 | 83 | 79 | 79 | 75 | | | |
| | | | | 1 | 89 | 87 | 84 | 86 | 84 | 83 | 83 | 80 | 79 | 79 | 76 | 76 | 74 | 73 | 72 | 70 | 67 | 14 |
| | | | | 2 | 82 | 79 | 76 | 80 | 77 | 74 | 76 | 74 | 72 | 73 | 71 | 69 | 70 | 68 | 67 | 65 | 63 | 13 |
| | | | | 3 | 76 | 72 | 68 | 74 | 70 | 67 | 71 | 68 | 64 | 66 | 63 | 61 | 63 | 61 | 59 | 57 | 55 | 13 |
| | | | | 4 | 70 | 66 | 62 | 68 | 64 | 60 | 66 | 62 | 58 | 64 | 60 | 56 | 63 | 59 | 56 | 54 | 52 | 13 |
| | | | | 5 | 65 | 60 | 56 | 64 | 60 | 56 | 62 | 58 | 54 | 60 | 56 | 52 | 59 | 55 | 53 | 51 | 49 | 12 |
| | | | | 6 | 60 | 56 | 51 | 60 | 56 | 51 | 57 | 53 | 50 | 56 | 52 | 48 | 55 | 51 | 48 | 46 | 44 | 12 |
| | | | | 7 | 56 | 51 | 47 | 56 | 50 | 46 | 53 | 49 | 45 | 52 | 48 | 44 | 50 | 47 | 44 | 42 | 40 | 11 |
| | | | | 8 | 52 | 47 | 43 | 51 | 46 | 43 | 50 | 45 | 42 | 48 | 44 | 41 | 47 | 43 | 41 | 39 | 37 | 11 |
| | | | | 9 | 48 | 43 | 39 | 47 | 42 | 39 | 46 | 41 | 38 | 44 | 40 | 36 | 43 | 39 | 36 | 34 | 32 | 11 |
| 10 | 43 | 38 | 34 | 42 | 37 | 34 | 41 | 36 | 33 | 40 | 35 | 32 | 39 | 34 | 31 | 29 | 27 | 10 | | | | |
|  Reflector con ventilación para distribución difusa con lámpara teñida de alta intensidad |  | III | 1.6 | 0 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 86 | 86 | 86 | 82 | 82 | 82 | 79 | 79 | 75 | | | |
| | | | | 1 | 86 | 83 | 81 | 80 | 80 | 78 | 77 | 76 | 74 | 73 | 71 | 69 | 70 | 68 | 67 | 65 | 63 | 14 |
| | | | | 2 | 78 | 74 | 71 | 76 | 73 | 69 | 71 | 68 | 64 | 67 | 64 | 62 | 63 | 61 | 60 | 58 | 56 | 14 |
| | | | | 3 | 71 | 67 | 63 | 69 | 66 | 62 | 66 | 63 | 59 | 63 | 60 | 57 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | 14 |
| | | | | 4 | 65 | 60 | 56 | 64 | 60 | 56 | 60 | 56 | 53 | 59 | 55 | 52 | 58 | 54 | 52 | 50 | 48 | 13 |
| | | | | 5 | 60 | 54 | 50 | 58 | 54 | 50 | 56 | 52 | 48 | 54 | 50 | 46 | 53 | 49 | 46 | 44 | 42 | 13 |
| | | | | 6 | 54 | 49 | 45 | 54 | 49 | 45 | 51 | 46 | 43 | 49 | 45 | 42 | 48 | 44 | 42 | 40 | 38 | 13 |
| | | | | 7 | 49 | 44 | 40 | 49 | 44 | 40 | 46 | 41 | 38 | 44 | 40 | 37 | 43 | 39 | 36 | 34 | 32 | 12 |
| | | | | 8 | 45 | 39 | 35 | 44 | 39 | 35 | 42 | 37 | 34 | 40 | 36 | 33 | 39 | 35 | 32 | 31 | 29 | 12 |
| | | | | 9 | 41 | 36 | 32 | 40 | 34 | 31 | 38 | 33 | 30 | 36 | 32 | 29 | 35 | 31 | 28 | 27 | 25 | 12 |
| 10 | 37 | 31 | 27 | 36 | 31 | 27 | 34 | 30 | 26 | 32 | 28 | 25 | 31 | 27 | 24 | 23 | 21 | 11 | | | | |
|  Reflector acabado, pintura porcelanada con lámpara fluorescente, reflector 14" C.W. |  | III | 1.3 | 0 | 100 | 100 | 100 | 96 | 96 | 96 | 99 | 99 | 99 | 95 | 95 | 95 | 91 | 91 | 87 | | | |
| | | | | 1 | 100 | 96 | 93 | 96 | 93 | 89 | 97 | 93 | 89 | 93 | 89 | 85 | 91 | 87 | 84 | 82 | 80 | 27 |
| | | | | 2 | 78 | 73 | 67 | 73 | 70 | 65 | 70 | 66 | 62 | 66 | 62 | 58 | 61 | 58 | 56 | 54 | 52 | 26 |
| | | | | 3 | 69 | 63 | 57 | 63 | 60 | 55 | 61 | 57 | 53 | 58 | 54 | 51 | 54 | 51 | 49 | 47 | 45 | 23 |
| | | | | 4 | 61 | 54 | 48 | 54 | 51 | 47 | 53 | 49 | 45 | 51 | 47 | 43 | 49 | 45 | 43 | 41 | 39 | 23 |
| | | | | 5 | 54 | 48 | 43 | 48 | 45 | 41 | 47 | 43 | 39 | 45 | 41 | 37 | 43 | 39 | 36 | 34 | 32 | 19 |
| | | | | 6 | 48 | 41 | 35 | 41 | 37 | 33 | 40 | 36 | 32 | 38 | 34 | 31 | 37 | 33 | 31 | 29 | 27 | 17 |
| | | | | 7 | 43 | 36 | 31 | 36 | 33 | 29 | 35 | 31 | 27 | 33 | 29 | 25 | 31 | 27 | 25 | 23 | 21 | 17 |
| | | | | 8 | 38 | 32 | 27 | 32 | 28 | 24 | 30 | 26 | 22 | 28 | 24 | 20 | 26 | 22 | 20 | 18 | 16 | 16 |
| | | | | 9 | 33 | 28 | 23 | 28 | 24 | 20 | 26 | 22 | 18 | 24 | 20 | 16 | 22 | 18 | 16 | 14 | 12 | 16 |
| 10 | 28 | 23 | 20 | 23 | 20 | 17 | 22 | 19 | 15 | 21 | 17 | 13 | 19 | 15 | 13 | 11 | 10 | 14 | | | | |

¹ p_w = % de reflectancia efectiva de cavidad de techo.

² p_w = % de reflectancia de paredes.

³ RCR = Relación de cavidad de local.

⁴ Máximo espaciamiento S/MH = Relación de espaciamiento máximo del luminario a altura de montaje.

Carta de IES Handbook.

Tabla II.1.- Tabla para Determinar el Coeficiente de Utilización, Partiendo del "Índice de Cuarto".

Una vez que se ha calculado; por medio de la fórmula II.1., el flujo total luminoso que se requiere en el área por iluminar, se puede calcular el número de luminarios que se necesitan con la fórmula II.3.

Número de luminarios = Flujo total requerido / Lúmenes por luminario

sustituyendo la ec.II.1 en la II.3, se tiene

$$\text{Número de luminarios} = (E)(S) / (\text{Lúmenes por luminario})(C.U.)(F.M.)$$

II.8.3.- Método de Flujo Luminoso por Cavidad Zonal

En el Método de Flujo Luminoso por Cavidad Zonal, el cálculo del coeficiente de utilización se hace empleando un procedimiento diferente al que se usa en el Método de Flujo Luminoso por Índice de Cuarto. Este método es más laborioso y exacto, ya que permite calcular el valor del coeficiente de utilización, por medio de Tablas que toman en consideración lo siguiente:

- 1.- Longitud ilimitada de los soportes de las lámparas colgantes.
- 2.- Alturas diferentes de los planos de trabajo.
- 3.- Reflejos diferentes por encima y por debajo de los luminarios.
- 4.- Obstrucción en la cavidad de techo y en el espacio por debajo de los luminarios.

El procedimiento para calcular el coeficiente de utilización por cavidad, se explica a continuación: El cambio básico implica la división del local en las tres cavidades siguientes:

a).- Cavidad de techo.- Es el área medida desde el plano del luminario al techo. Para luminarios colgantes, existirá una cavidad de techo; para luminarios colocados directamente en el techo ó empotrados en el mismo, no existirá cavidad de techo.

b).- Cavidad de cuarto.- 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 de piso, el espacio desde el luminario al piso se considera como cavidad de cuarto.

c).- Cavidad de piso.- Se considera desde el piso a la parte superior del plano de trabajo, ó bién, el nivel donde se realiza la tarea específica. Si el trabajo ó tarea se desarrolla en el piso, no existe cavidad de piso.

Pasos a seguir para calcular el coeficiente de utilización:

1.- Primero se han de calcular las relaciones de cavidad con las siguientes fórmulas:

$$\text{Relación de Cavidad de Techo (RCT)} = (5hct)(L+A) / (L*A)$$

$$\text{Relación de Cavidad de Cuarto (RCC)} = (5hcc)(L+A) / (L*A)$$

$$\text{Relación de Cavidad de Piso (RCP)} = (5hcp)(L + A) / (L*A)$$

donde;

h = Altura de Cavidad de Techo, Cuarto ó Piso.

2.- A continuación se determinan las reflectancias estimadas ó medidas de techo, pared ó piso.

3.- El siguiente paso es determinar las reflectancias efectivas para las cavidades de techo y piso. Estas se obtienen en la Tabla II.2 con los valores obtenidos en los puntos 1 y 2. Si todas las superficies son altamente reflectivas, ó si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo, no será necesario efectuar el cálculo. En este caso se puede usar el valor de las reflectancias estimadas para determinar el coeficiente de utilización.

Pct = Reflectancia efectiva para cavidad de techo.

Pcp = Reflectancia efectiva para cavidad de piso.

Pp = Reflectancia de pared.

4.- Conociendo los valores de: Pct, Pcp y Pp y la Relación de Cavidad de Cuarto (RCC), se encuentra el Coeficiente de Utilización (C.U.) en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para el luminario que se usará (ver Tabla II.3). La mayoría de las Tablas muestran solamente un valor típico para la reflectancia de piso. Este valor es 20% y es considerado generalmente como un valor normal. En caso de que el valor de reflectancia sea mayor ó menor de 20%, se debe corregir de acuerdo con los datos disponibles en la Tabla II.4.

La fórmula para determinar el número de luminarios necesarios para producir un nivel de iluminación deseado en un espacio determinado, usando el "*Método de Flujo Luminoso por Cavidad Zonal*", es la misma que para el "*Método de Flujo Luminoso por Índice de Cuarto*".

| PORCENTAJE DE REFLECTANCIA DEL TECHO O DEL PISO | | 90 | | | | 80 | | | | 70 | | | | 60 | | | | 50 | | | | 40 | | | | 30 | | | | 20 | | | |
|---|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| PORCENTAJE DE REFLECTANCIA DE LAS PAREDES | | 90 | 70 | 50 | 30 | 80 | 70 | 60 | 30 | 70 | 50 | 30 | 70 | 50 | 30 | 70 | 50 | 30 | 60 | 50 | 30 | 50 | 30 | 10 | 40 | 30 | 10 | 30 | 20 | 10 | 20 | 10 | 10 |
| RELACION DE CAVIDAD DEL TECHO O DEL PISO | 0 | 90 | 90 | 90 | 90 | 80 | 80 | 80 | 80 | 70 | 70 | 70 | 60 | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | 0.1 | 90 | 89 | 88 | 87 | 79 | 79 | 78 | 78 | 69 | 69 | 68 | 59 | 59 | 58 | 49 | 49 | 48 | 39 | 39 | 38 | 30 | 30 | 29 | 29 | 29 | 28 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | 0.2 | 89 | 88 | 88 | 88 | 79 | 78 | 77 | 76 | 68 | 67 | 66 | 58 | 57 | 56 | 48 | 47 | 46 | 38 | 37 | 36 | 30 | 29 | 28 | 29 | 28 | 27 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | 0.3 | 89 | 87 | 86 | 85 | 78 | 77 | 76 | 74 | 68 | 66 | 64 | 58 | 56 | 54 | 48 | 46 | 45 | 38 | 37 | 36 | 30 | 29 | 28 | 29 | 28 | 27 | 11 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | 0.4 | 88 | 86 | 85 | 84 | 78 | 76 | 74 | 72 | 67 | 65 | 63 | 57 | 55 | 53 | 48 | 46 | 45 | 38 | 37 | 36 | 30 | 29 | 28 | 29 | 28 | 27 | 11 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | 0.5 | 88 | 85 | 84 | 83 | 77 | 75 | 73 | 70 | 66 | 64 | 61 | 56 | 54 | 51 | 48 | 46 | 44 | 38 | 37 | 36 | 30 | 29 | 28 | 29 | 28 | 27 | 11 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 |
| | 0.6 | 88 | 84 | 80 | 76 | 77 | 75 | 71 | 68 | 65 | 62 | 59 | 47 | 45 | 43 | 39 | 38 | 36 | 30 | 29 | 28 | 29 | 28 | 26 | 25 | 24 | 23 | 11 | 10 | 9 | 10 | 10 | 8 |
| | 0.7 | 88 | 83 | 79 | 74 | 76 | 74 | 70 | 64 | 65 | 61 | 58 | 47 | 44 | 42 | 39 | 37 | 35 | 30 | 29 | 28 | 29 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 11 | 10 | 8 | 10 | 10 | 8 |
| | 0.8 | 87 | 82 | 77 | 73 | 75 | 73 | 69 | 65 | 64 | 60 | 56 | 47 | 43 | 41 | 39 | 37 | 35 | 30 | 29 | 28 | 29 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 11 | 9 | 8 | 10 | 9 | 8 |
| | 0.9 | 87 | 81 | 76 | 71 | 75 | 72 | 68 | 63 | 63 | 59 | 55 | 46 | 43 | 40 | 39 | 37 | 35 | 30 | 29 | 28 | 29 | 27 | 25 | 24 | 23 | 22 | 11 | 9 | 8 | 10 | 9 | 8 |
| | 1.0 | 86 | 80 | 74 | 69 | 74 | 71 | 66 | 61 | 63 | 58 | 53 | 46 | 42 | 39 | 39 | 37 | 34 | 30 | 29 | 27 | 29 | 27 | 24 | 23 | 22 | 21 | 11 | 9 | 8 | 10 | 9 | 8 |
| | 1.1 | 86 | 79 | 73 | 67 | 74 | 71 | 65 | 60 | 62 | 57 | 52 | 46 | 41 | 38 | 39 | 36 | 34 | 30 | 29 | 26 | 29 | 26 | 24 | 23 | 22 | 21 | 11 | 9 | 8 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.2 | 84 | 78 | 72 | 65 | 73 | 70 | 64 | 58 | 61 | 56 | 50 | 45 | 41 | 37 | 38 | 35 | 32 | 30 | 29 | 26 | 29 | 26 | 23 | 22 | 21 | 20 | 12 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.3 | 85 | 78 | 70 | 64 | 73 | 69 | 63 | 57 | 61 | 55 | 49 | 45 | 40 | 36 | 38 | 35 | 32 | 30 | 29 | 26 | 29 | 26 | 23 | 22 | 21 | 19 | 12 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.4 | 85 | 77 | 69 | 62 | 72 | 68 | 62 | 56 | 60 | 54 | 48 | 45 | 40 | 36 | 38 | 34 | 31 | 30 | 29 | 26 | 29 | 26 | 23 | 22 | 21 | 19 | 12 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.5 | 85 | 76 | 68 | 61 | 72 | 68 | 61 | 54 | 59 | 53 | 47 | 44 | 39 | 34 | 38 | 35 | 32 | 30 | 29 | 26 | 28 | 25 | 22 | 21 | 18 | 17 | 12 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.6 | 85 | 75 | 66 | 59 | 71 | 67 | 60 | 53 | 59 | 52 | 45 | 44 | 39 | 33 | 38 | 35 | 31 | 30 | 29 | 26 | 28 | 25 | 21 | 20 | 18 | 17 | 12 | 9 | 7 | 10 | 9 | 7 |
| | 1.7 | 84 | 74 | 65 | 58 | 71 | 66 | 59 | 52 | 58 | 51 | 44 | 44 | 38 | 32 | 38 | 35 | 31 | 30 | 29 | 26 | 28 | 25 | 21 | 20 | 17 | 17 | 12 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 |
| 1.8 | 84 | 73 | 64 | 56 | 70 | 65 | 58 | 50 | 57 | 50 | 43 | 43 | 37 | 32 | 38 | 35 | 31 | 30 | 29 | 26 | 28 | 25 | 21 | 20 | 17 | 17 | 12 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 1.9 | 84 | 73 | 63 | 55 | 70 | 65 | 57 | 49 | 57 | 49 | 42 | 43 | 37 | 31 | 38 | 35 | 30 | 30 | 29 | 26 | 28 | 25 | 20 | 19 | 16 | 16 | 12 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.0 | 83 | 72 | 62 | 53 | 69 | 64 | 56 | 48 | 56 | 48 | 41 | 43 | 37 | 30 | 38 | 34 | 30 | 30 | 29 | 26 | 28 | 24 | 20 | 18 | 16 | 16 | 12 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.1 | 83 | 71 | 61 | 52 | 69 | 63 | 55 | 47 | 56 | 47 | 40 | 43 | 36 | 29 | 38 | 34 | 29 | 30 | 29 | 26 | 28 | 24 | 20 | 18 | 16 | 16 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.2 | 83 | 70 | 60 | 51 | 68 | 62 | 54 | 45 | 55 | 46 | 39 | 42 | 36 | 29 | 38 | 34 | 29 | 30 | 29 | 26 | 28 | 24 | 19 | 15 | 15 | 15 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.3 | 83 | 69 | 59 | 50 | 68 | 62 | 53 | 44 | 54 | 44 | 38 | 42 | 35 | 28 | 38 | 34 | 29 | 30 | 29 | 26 | 28 | 24 | 19 | 15 | 15 | 15 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.4 | 82 | 68 | 58 | 48 | 67 | 61 | 52 | 43 | 54 | 45 | 37 | 42 | 35 | 27 | 38 | 34 | 29 | 30 | 29 | 26 | 28 | 24 | 19 | 14 | 14 | 14 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.5 | 82 | 68 | 57 | 47 | 67 | 61 | 51 | 42 | 53 | 44 | 36 | 41 | 34 | 27 | 37 | 33 | 28 | 30 | 29 | 26 | 27 | 23 | 18 | 14 | 14 | 14 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.6 | 82 | 67 | 56 | 46 | 66 | 60 | 50 | 41 | 53 | 43 | 35 | 41 | 34 | 26 | 37 | 33 | 28 | 30 | 29 | 26 | 27 | 23 | 18 | 13 | 13 | 13 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.7 | 82 | 66 | 55 | 45 | 66 | 60 | 49 | 40 | 52 | 43 | 34 | 41 | 33 | 26 | 37 | 33 | 28 | 30 | 29 | 26 | 27 | 23 | 18 | 13 | 13 | 13 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.8 | 81 | 66 | 54 | 44 | 66 | 59 | 48 | 39 | 52 | 42 | 33 | 41 | 33 | 25 | 37 | 32 | 27 | 30 | 29 | 26 | 27 | 23 | 17 | 12 | 13 | 13 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 2.9 | 81 | 65 | 53 | 43 | 65 | 58 | 47 | 38 | 51 | 41 | 32 | 40 | 32 | 25 | 37 | 32 | 27 | 30 | 29 | 26 | 27 | 23 | 17 | 12 | 13 | 13 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.0 | 81 | 64 | 52 | 42 | 65 | 58 | 47 | 38 | 51 | 40 | 32 | 40 | 32 | 24 | 37 | 32 | 27 | 30 | 29 | 26 | 27 | 22 | 17 | 12 | 13 | 13 | 13 | 9 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.1 | 80 | 64 | 51 | 41 | 64 | 57 | 46 | 37 | 50 | 40 | 31 | 40 | 32 | 24 | 37 | 32 | 27 | 30 | 29 | 26 | 27 | 22 | 17 | 12 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.2 | 80 | 63 | 50 | 40 | 64 | 57 | 45 | 36 | 50 | 39 | 30 | 40 | 31 | 23 | 37 | 32 | 26 | 30 | 29 | 26 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.3 | 80 | 62 | 49 | 39 | 64 | 56 | 44 | 35 | 49 | 39 | 30 | 39 | 31 | 23 | 37 | 32 | 26 | 30 | 29 | 26 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.4 | 80 | 62 | 48 | 38 | 63 | 56 | 44 | 34 | 49 | 38 | 29 | 39 | 31 | 22 | 37 | 32 | 26 | 30 | 29 | 26 | 27 | 22 | 16 | 11 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.5 | 79 | 61 | 48 | 37 | 63 | 56 | 43 | 33 | 48 | 38 | 29 | 39 | 30 | 22 | 36 | 32 | 26 | 30 | 29 | 26 | 26 | 22 | 16 | 11 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.6 | 79 | 60 | 47 | 36 | 62 | 54 | 42 | 33 | 48 | 37 | 28 | 39 | 30 | 21 | 36 | 31 | 25 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.7 | 79 | 60 | 46 | 35 | 62 | 54 | 42 | 32 | 48 | 37 | 27 | 38 | 30 | 21 | 36 | 31 | 25 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.8 | 79 | 59 | 45 | 35 | 62 | 53 | 41 | 31 | 47 | 36 | 27 | 38 | 29 | 21 | 36 | 31 | 25 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 3.9 | 78 | 59 | 44 | 34 | 61 | 53 | 40 | 30 | 47 | 36 | 26 | 38 | 29 | 20 | 36 | 31 | 25 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 15 | 10 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.0 | 78 | 58 | 44 | 33 | 61 | 52 | 40 | 30 | 46 | 35 | 26 | 38 | 29 | 20 | 36 | 31 | 25 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 15 | 9 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.1 | 78 | 57 | 43 | 32 | 60 | 52 | 39 | 29 | 46 | 35 | 25 | 37 | 28 | 20 | 36 | 31 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 21 | 14 | 9 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.2 | 78 | 57 | 43 | 32 | 60 | 51 | 39 | 29 | 46 | 34 | 25 | 37 | 28 | 19 | 36 | 30 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 14 | 9 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.3 | 78 | 56 | 42 | 31 | 60 | 51 | 38 | 28 | 46 | 34 | 25 | 37 | 28 | 19 | 36 | 30 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 14 | 9 | 13 | 13 | 13 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.4 | 77 | 56 | 41 | 30 | 59 | 51 | 38 | 28 | 45 | 34 | 24 | 37 | 27 | 19 | 36 | 30 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 14 | 8 | 14 | 14 | 14 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.5 | 77 | 55 | 41 | 30 | 59 | 50 | 37 | 27 | 45 | 33 | 24 | 37 | 27 | 19 | 35 | 30 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 14 | 8 | 14 | 14 | 14 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.6 | 77 | 55 | 40 | 29 | 59 | 50 | 37 | 26 | 44 | 33 | 24 | 36 | 27 | 18 | 35 | 30 | 24 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 14 | 8 | 14 | 14 | 14 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.7 | 77 | 54 | 40 | 29 | 58 | 49 | 36 | 26 | 44 | 33 | 23 | 36 | 26 | 18 | 35 | 30 | 23 | 30 | 29 | 26 | 26 | 20 | 13 | 8 | 14 | 14 | 14 | 8 | 6 | 10 | 9 | 6 | |
| 4.8 | 76 | 54 | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| ÍNDICE DE CUARTO | Piso | 30% | | | | 10% | | | |
|------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Techo | 80% | | 50% | | 80% | | 50% | |
| | Pared | 50% | 30% | 50% | 30% | 50% | 30% | 50% | 30% |
| | J 0.6 | .33 | .28 | .32 | .27 | .32 | .27 | .31 | .27 |
| I 0.8 | .42 | .37 | .40 | .36 | .41 | .36 | .39 | .35 | |
| H 1.0 | .49 | .43 | .46 | .41 | .46 | .41 | .45 | .40 | |
| G 1.25 | .55 | .49 | .52 | .47 | .51 | .47 | .49 | .46 | |
| F 1.5 | .59 | .53 | .56 | .51 | .55 | .51 | .53 | .49 | |
| E 2.0 | .65 | .60 | .61 | .57 | .60 | .56 | .57 | .54 | |
| D 2.5 | .70 | .64 | .64 | .60 | .63 | .59 | .60 | .57 | |
| C 3.0 | .72 | .68 | .66 | .63 | .65 | .61 | .62 | .59 | |
| B 4.0 | .76 | .72 | .70 | .67 | .67 | .64 | .64 | .62 | |
| A 5.0 | .79 | .76 | .72 | .70 | .69 | .67 | .66 | .64 | |

Tabla II.3.- Coeficientes de Utilización.

| % de reflectancia efectiva de la cavidad del techo pct | 80 | | | 70 | | | 50 | | | 10 | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 |
| Relación de Cavidad local | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1.08 | 1.08 | 1.07 | 1.07 | 1.06 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| 2 | 1.07 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| 3 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.05 | 1.04 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 |
| 4 | 1.05 | 1.03 | 1.02 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 5 | 1.04 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 6 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 7 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 8 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 9 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 10 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |

Tabla II.4.- Factores para Reflectancia efectivas de la Cavidad del Piso Diferentes de 20%.

II.8.4.- Método de Punto por Punto en Superficies Horizontales y Verticales.

Es un método que permite calcular con exactitud la intensidad de iluminación sobre puntos determinados, en lugares donde la altura de montaje es grande y son dudosos los resultados obtenidos con el Método de Lúmenes; como fábricas de altos techos, gimnasios y en lugares donde sea muy importante contar con la seguridad de tener precisamente el nivel de iluminación recomendado y no en promedio, como pizarrones, tableros, etc.

Con este método es posible calcular, la intensidad de iluminación producida en determinados puntos por fuentes luminosas distribuidas y localizadas de antemano, por lo que para aplicarlo se debe tener ya una distribución de luminarios que sirvan de base para el cálculo; esta base es posible determinarle estimativamente por medio del Método de Lúmenes. Obtenida esta base se aplica el "*Método de Punto por Punto*" y si este cálculo indica niveles de iluminación como los recomendados; la base tomada en cuenta será la definitiva; pero si el cálculo indica niveles de iluminación abajo ó arriba de los recomendados habrá necesidad de modificar proporcionalmente la cantidad de luminarios y volver a hacer otro cálculo de punto por punto, hasta que los resultados obtenidos sean los deseados.

El nivel de iluminación calculado por el "*Método de Punto por Punto*" se obtiene de la siguiente manera: Primero se escoge un número determinado de puntos sobre el plano de trabajo por iluminar, para calcular la intensidad de iluminación que proporcionan todos los luminarios en cada uno de ellos, después se suma la intensidad de iluminación de todos los puntos y el total se divide entre el número de puntos, obteniéndose así el promedio de intensidad de iluminación. Si no se obtiene el nivel promedio de iluminación deseado, se modifica el número de luminarios en el área por iluminar para obtener dicho promedio de iluminación.

II.8.5.- Metodo de Watts por Metro Cuadrado.

Es un método sencillo y estimativo que se usa cuando se requiere tener una idea rápida de la carga, número de lámparas y luminarios que pueden necesitarse en un proyecto ó anteproyecto determinado. Para esto se aplican factores que indican el consumo de Watts por metro cuadrado de superficie de suelo, que se necesitan para obtener un nivel de iluminación predeterminado. Estos factores de Watts/metro cuadrado se obtienen para cada tipo de lámpara y luminario con el promedio de valores determinados en varios cálculos, hecho con el Método de Lúmenes, donde se varía en cada uno de ellos las dimensiones del local y la potencia de las lámparas. A continuación se explican los pasos a seguir en este método:

1.- Se determinan las dimensiones del local, las características del luminario y el nivel de iluminación deseado.

2.- Se calcula el Índice de Cuarto utilizando la fórmula respectiva.

3.- En tablas de Catálogos Comerciales se obtiene; el coeficiente de utilización C.U., el factor de depreciación de la lámpara y el factor de depreciación por suciedad del luminario para obtener el Factor de Mantenimiento (F.M.).

4.- Utilizando la Fórmula del "*Método del Flujo Luminoso*", se calcula el flujo total luminoso necesario en el local por iluminar.

5.- Se divide el flujo total luminoso entre los lúmenes emitidos por lámparas ó luminario, para obtener el número de lámparas necesarias.

6.- Para determinar el factor de Watts/metro cuadrado necesarios para obtener el nivel de iluminación deseado; se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Watts/metro cuadrado} = (\text{Número de lámparas necesarias})(\text{Potencia de lámparas}) / (\text{Area por iluminar}) \quad \text{II.4.}$$

7.- Para obtener un factor de Watts/metro cuadrado aceptable se obtienen varios factores, variando en cada cálculo las dimensiones del local y la potencia de las lámparas, manteniéndose el nivel de iluminación y se obtiene un promedio de estos factores. El promedio así obtenido será el factor de Watt/metro cuadrado correspondiente a un tipo de lámpara y luminarios en especial.

8.- Para estimar el número de luminarios necesarios para iluminar un local teniendo el factor de Watt/metro cuadrado se emplean las siguientes fórmulas:

$$\begin{array}{l} \text{Watts} \\ \text{Totales} \\ \text{Requeridos} \end{array} = (\text{Area por iluminar})(\text{Factor Watt/metro cuadrado}) \quad \text{II.5.}$$

$$\text{Número de Lámparas} = (\text{Watts totales requeridos}) / (\text{Potencia de la lámpara a utilizar}) \quad \text{II.6}$$

II.8.6.- Método de Luminancia.

Es un método para cálculo de alumbrado público, utiliza la medición de las variaciones de brillo del pavimento visibles al conductor y al peatón. En este método es muy importante conocer los contrastes reflectivos de la carpeta asfáltica de la calle ó avenida junto con las guarniciones y banquetas, ya que como se sabe, la impresión luminosa que recibe el ojo proveniente de un objeto iluminado no es debido al nivel de iluminación de este objeto sino a su luminancia ó sea por la luz que dicho objeto refleja hacia el observador. En el alumbrado público el objeto es la carpeta de la calle; por lo tanto, cuanto más uniforme sea el brillo de la avenida, menor será la probabilidad de que no se distinga un objeto que podría estar en una zona de brillo reducido.

En Europa es muy utilizado este método, en México no lo es, debido a que alcanzar una buena uniformidad (1.5 Candelas/metro cuadrado) representan una mayor inversión, dado que ésta sólo puede lograrse mediante un menor espaciamiento de los arbotantes, un sistema más perfeccionado de los luminarios ó colocando más luminarios. Además, se tiene el problema de que no todas las calles tienen el mismo tipo de carpeta asfáltica, lo que representa muchos problemas para obtener la uniformidad de luminancia.

II.8.7.- Normas para el Cálculo.

Para realizar el cálculo de un proyecto de iluminación, los datos básicos son los planos del local, ya sea industrial, comercial, etcétera. En todos los casos, el orden que debe seguirse para realizar un proyecto de iluminación es el siguiente:

- 1.- Analizar las necesidades de iluminación.
- 2.- Determinar el nivel de iluminación más aconsejable.
- 3.- Decidir la fuente de iluminación.
- 4.- Seleccionar el color de la luz emitida por la lámpara.
- 5.- Seleccionar el luminario adecuado.
- 6.- Decidir la altura de montaje.
- 7.- Estimar las condiciones de mantenimiento.
- 8.- Medir ó estimar la reflexión.
- 9.- Determinar la relación de índice de cuarto.
- 10.- Determinar el factor de mantenimiento.
- 11.- Determinar el coeficiente de utilización.
- 12.- Calcular el número de luminarios requeridos.
- 13.- Determinar el espaciamiento máximo entre los luminarios.
- 14.- Hacer un plano de distribución de los luminarios.

Análisis de las necesidades de iluminación. Este análisis se debe hacer basándose en ¿ qué es lo que debe ser visto ? En una tienda es la mercancía; en una fábrica es la tarea a realizar; en un hogar son muchas cosas, desde las hojas de un libro hasta las caras de los que ahí habitan. Subrayando estas consideraciones, se tiene iluminación de seguridad, iluminación para rendimiento visual e iluminación para placer estético. Exceptuando los aspectos de seguridad, lo demás puede variar. El factor importante dependerá de su aplicación. En una fábrica; por ejemplo, la tarea visual es de gran importancia, pero la ventaja de crear un ambiente placentero de trabajo, se hace cada día más indudable. En una zona de oficina, la iluminación de los corredores no debe ser tan baja que produzca un efecto deprimente a la persona que salga de ella.

Determinación del nivel de iluminación. Recomendaciones sobre niveles de iluminación adecuados, pueden ser obtenidas en las publicaciones de La Sociedad de Ingeniería de Iluminación (I.E.S.) y de La Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. ó Illuminating Engineering Society-México Chapter. Es conveniente aclarar que algunos de los altos niveles recomendados en las publicaciones mencionadas, no tienen que aplicarse sobre áreas completas. Estos niveles están diseñados para producir un rendimiento máximo visual cuando se aplican a la tarea propiamente dicha. Naturalmente, el nivel de iluminación general debe ser alto en un local donde se realizan tareas que requieren iluminación intensa, a fin de que la adaptación de los ojos del trabajador no tenga que cambiar mucho cuando dirige la mirada de su trabajo a los alrededores y nuevamente al trabajo que realiza.

Decisión sobre el tipo de fuente de luz. Para decidir el tipo de lámpara a utilizar, se toma en consideración lo siguiente: Si el Sistema de Iluminación va a ser usado ocasionalmente y por lo tanto el costo inicial pasa a ser más importante que el costo de operación, el tipo de iluminación usualmente seleccionado es el incandescente. Si el sistema va a estar funcionando durante muchas horas, los tipos fluorescente, mercurio ó sodio de alta presión son los más indicados.

En la actualidad, en zonas de oficinas es muy común emplar lámparas fluorescentes de 38 Watts; en fábricas donde no es muy grande la altura de montaje y es importante el color de la luz, como fábricas textiles, se emplean lámparas fluorescentes de 74 Watts; en la iluminación de grandes naves industriales altas, se emplea vapor de mercurio, metalarc ó vapor de sodio a alta presión de 400 Watts, ó bien una combinación de lámparas de vapor de mercurio ó metalarc con lámparas de vapor de sodio a alta presión, a fin de mejorar el color monocromático de la lámpara de vapor de sodio y aprovechar su alto rendimiento luminoso. En locales comerciales también es aconsejable una combinación de iluminación incandescente y fluorescente porque logran una mejor apariencia del color rojo.

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

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

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

En iluminación interior, solamente en algunos casos podrá utilizarse la lámpara de vapor de sodio a alta presión, por ejemplo en fundiciones, debido a su luz monocromática que deforma los colores de los objetos que ilumina. Sin embargo, se puede aprovechar su alto rendimiento luminoso y su gran duración, combinándolas con lámparas metalarc ya que se mejorará la apariencia de color en los objetos iluminados.

Selección del luminario. Existe una amplia variedad de luminarios. Se puede obtener desde el tipo sencillo individual incandescente ó fluorescente, hasta el techo luminoso completo de pared a pared. Algunos de los factores que contribuyen a tomar una decisión son: El tipo de distribución de luz, el ángulo de corte del luminario para iluminación directa y las condiciones de utilidad comparada con la apariencia estética del luminario. En esta parte del proyecto, también será más fácil la consulta de los Catálogos de los Fabricantes de aparatos de alumbrado, para determinar que tipo de luminario es el más apropiado, de acuerdo con sus características constructivas y con su curva de distribución luminosa.

Determinación de la altura de montaje. La altura de suspensión de los luminarios es una característica fundamental en todo proyecto de iluminación. En locales de altura normal, tales como oficinas, salas de clase, habitaciones, etcétera, la tendencia actual es situar los aparatos de alumbrado tan altos como sea posible; de esta manera se disminuye considerablemente el riesgo de deslumbramiento y se pueden separar más los luminarios y por consecuencia disminuye el número de éstos.

A veces, sobre todo en interiores industriales, los locales son de gran altura. Por ejemplo, en las naves en que deban instalarse grúas puente. También cuando las dimensiones verticales de los aparatos fabricados ó de las máquinas herramienta sean muy grandes. En estos locales los luminarios se sitúan a grandes alturas, por encima del plano de trabajo (7 metros y más). Es más aconsejable en estos casos adoptar la altura mínima compatible con las condiciones del local, sin tener en cuenta la altura del techo y las claraboyas existentes.

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

Medición ó estimación de la reflexión. En la mayoría de los casos es suficiente estimar la reflexión. Sin embargo, en un diseño que exija un alto grado de precisión, ésta debe ser medida, incluyendo los promedios compensados de paredes, ventanas y puertas. Si se desea, se puede incluir en los cálculos de reflexión del suelo alguna compensación por el mobiliario.

Determinación de la relación de índice de cuarto. La relación de índice de cuarto puede calcularse de acuerdo a la fórmula que relaciona las dimensiones del local.

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

Determinación del factor de mantenimiento. Para determinar este factor; es necesario, considerar el grado de limpieza ó suciedad del local que se va a iluminar, así como la depreciación que sufre la lámpara por sus horas de uso.

Determinar el coeficiente de utilización. Para determinar el coeficiente de utilización, se usa la información proporcionada por el fabricante en forma de tablas. Si se conoce la relación de índice de cuarto y la reflexión estimada de techo, piso y paredes, el coeficiente de utilización se puede obtener directamente ó por interpolación en dichas tablas.

Cálculo del número de luminarios requeridos. El número de luminarios puede calcularse aplicando la fórmula de los lúmenes.

Determinación del espaciamiento máximo. Para tener una iluminación uniforme sobre el plano de trabajo, el espaciamiento máximo entre los luminarios puede ser obtenido multiplicando la altura de montaje por el factor de espaciamiento que proporciona el fabricante del luminario utilizado. Es conveniente mencionar, que la distancia que generalmente se adopta entre luminarios y paredes ó muros, es la mitad del espaciamiento máximo entre luminarios.

Distribución de los luminarios. El plano definitivo de la distribución de un Sistema de Iluminación es determinado por el número de luminarios requeridos, la ubicación de las vigas, columnas, obstáculos y el espaciamiento máximo. Algunas veces es necesario aumentar el número de luminarios para lograr una distribución más atractiva.

CAPITULO III

DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

III.1.- Introducción.

Un Sistema de Potencia Eléctrica debe asegurar que toda carga conectada al mismo, disponga ininterrumpidamente de energía. Cuando dicho suministro se extiende a poblaciones distantes, el Sistema cuenta con varios miles de kilómetros de líneas de distribución. Las líneas de transmisión de alta tensión que conducen energía para grandes cargas, puede extenderse hasta por varios centenares de kilómetros. Debido a que por lo general todas estas líneas son aéreas ó elevadas y están expuestas a la intemperie, la probabilidad de que se interrumpan por causas tales como tormentas, caída de objetos externos, daño a los aisladores, etcétera; es muy grande. Estas pueden ocasionar no sólo daños mecánicos, sino también fallas eléctricas. Una de las principales causas de interrupción del suministro continuo, es la falla en derivación ó cortocircuito, que ocasiona un cambio súbito y a veces violento en la operación del Sistema.

III.2.- Naturaleza y Causas de las Fallas.

Una falla es simplemente una condición anormal que ocasiona una reducción de la resistencia del aislamiento básico, ya sea entre los conductores de las fases, entre los conductores de las fases y la tierra ó entre cualquiera de las mallas a tierra que rodeen a los conductores. En realidad, la reducción del aislamiento no se considera como falla, hasta que produce algún efecto en el Sistema, hasta que provoca un exceso de corriente ó la reducción de la impedancia entre los conductores ó entre los conductores y la tierra, a un valor inferior al de la impedancia de carga mínima normal para el circuito.

Es inevitable que en una red tan grande como lo es un Sistema de Potencia constituido por generadores, interruptores, transformadores, circuitos de transmisión y de distribución, no ocurra alguna falla. La probabilidad de que se presente una falla ó una condición anormal en las líneas de energía en mayor simplemente porque, como ya se mencionó su longitud y exposición a la atmósfera, son mayores.

Antes de proceder al estudio de las diversas causas de falla, conviene clasificarlas en función de su origen:

a).- La interrupción puede ocurrir con voltaje normal a causa de; i) el deterioro del aislamiento, y ii) el daño debido ha hechos impredecibles, como el que se posen pájaros sobre las líneas, los cortocircuitos accidentales ocasionados por serpientes, cuerdas de cometas, ramas de árboles, etc.

b).- La interrupción puede ocurrir por voltajes anormales, ya que el aislamiento sólo puede soportar el voltaje normal. Esto sucede ya sea; i) por variaciones ocasionadas por los interruptores ó ii) por variaciones causadas por rayos.

La práctica actual consiste en proveer un alto nivel de aislamiento, que va de 3 a 5 veces el valor nominal del voltaje. Sin embargo, la resistencia de dicho aislamiento disminuye con la acumulación de contaminantes sobre una fila de aisladores que; por ejemplo, en las áreas industriales, se origina por el depósito de hollín ó de polvo de cemento, y por la sal que deposita la brisa marina en las áreas costeras. Inicialmente, esta disminución en la resistencia del aislamiento sólo ocasiona pequeñas fugas de corriente, pero a la larga esto acelera el deteriora. Aún cuando la instalación esté encasquillada, como ocurre con los cables blindados ó armados y con los interruptores de coraza metálica, el aislamiento se deteriora conforme va pasando el tiempo. Otra causa de la falla de los aislamientos, es la formación de huecos en el compuesto aislante de los cables subterráneos. Este deterioro se debe a que los cambios de temperatura provocan que dichos cables se dilaten y contraigan de manera irregular.

El aislamiento de las líneas y de los aparatos puede estar sujeto a sobrevoltajes transitorios debidos al funcionamiento de los interruptores. El voltaje que se eleva con rapidez, puede alcanzar un valor máximo de aproximadamente el triple del voltaje entre fase y neutro. En estos casos, se provee inicialmente un nivel de aislamiento más alto. Un Sistema podrá soportar estos continuos sobrevoltajes, si los niveles de aislamiento han sido escogidos correctamente y no han sido alterados por alguna de las causas descritas anteriormente. Sin embargo, por alguna causa el aislamiento se ha debilitado, es de esperarse que ocurra alguna falla en el momento que los interruptores empiecen a funcionar.

III.3.- Consecuencias de las Fallas.

El fuego es la consecuencia más grave de una falla mayor no eliminada, ya que puede no sólo dañar la parte en que se originó, sino extender al sistema y ocasionar su destrucción total. El tipo de falla más común, y también el más peligroso, es el cortocircuito, el cual puede ocasionar cualquiera de las siguientes fallas:

1.- Gran reducción del voltaje de la línea en una parte importante del sistema. Esto conduce a la interrupción del suministro eléctrico a los consumidores y puede ocasionar fugas en la producción.

2.- Daños a los elementos eléctricos del sistema.

3.- Daños a otros aparatos del Sistema, abierto a sobrecalentamiento y a fuerzas mecánicas anormales.

4.- Perturbaciones en la estabilidad del Sistema Eléctrico, que incluso pueden ocasionar un paro completo del Sistema de Potencia.

5.- Marcada reducción en el voltaje, que a veces puede ser tan grande que hace que fallen los relevadores que tienen bobinas de presión.

6.- Considerable reducción en el voltaje de los alimentadores en buen estado conectados al Sistema que está fallando. Esto puede ocasionar ya sea que los motores absorban cantidades anormales de energía ó que entren en funcionamiento las bobinas de voltaje nulo ó "no voltaje" de los mismos. En este último caso, habrá una pérdida considerable en la producción industrial, ya que el funcionamiento de los motores debe ser reestablecido.

III.4.- Cualidades Esenciales de la Protección.

Todo Sistema de Protección que aisle un elemento en condición de falla, debe llenar cuatro requisitos básicos:

- 1.- Confiabilidad.
- 2.- Selectividad.
- 3.- Rapidez de Operación.
- 4.- Discriminación.

III.4.1.- Confiabilidad.- Confiabilidad es un término cualitativo. Cualitativamente, puede expresarse como la probabilidad de falla. La falla puede ocurrir por el Sistema de Protección, sino que también puede deberse a defectos en los disyuntores. Por lo tanto, todo componente y circuito relacionados con la eliminación de una falla deben considerarse como fuentes potenciales de falla. Las fallas pueden reducirse a un pequeño riesgo calculado, mediante diseños inherentemente confiables respaldados por un mantenimiento regular y completo. Al considerar la confiabilidad, no debe omitirse la Calidad del personal, porque las equivocaciones de éste se cuentan entre las causas más frecuentes de falla. Algunas de las características de diseño y manufactura que hacen que los relevadores sean inherentemente confiables son: Altas presiones de contacto, alojamientos ó cajas a prueba de polvo, juntas bien ajustadas y bobinas impregnadas. Las precauciones en la manufactura y en el ensamble reducen la probabilidad de falla.

A los componentes se les debe dar un tratamiento que prevenga su contaminación. Deben evitarse los fundentes ácidos y los aislamientos que produzcan algún ácido. Durante el ensamble también debe evitarse, en lo posible, la manipulación directa de los componentes. Las estadísticas indican que el orden de los elementos en los que es más probable que ocurra una falla es el siguiente: Relevadores, disyuntores, conductores, transformadores de corriente, transformadores de voltaje y baterías.

III.4.2.- Selectividad.- Esta es la propiedad por medio de la cual sólo se aísla el elemento del Sistema que se encuentra en condición de falla, quedando intactas las restantes secciones en buen estado. La selectividad es absoluta si la protección responde sólo a las fallas que ocurren dentro de su propia zona y relativa si se obtiene graduando los ajustes de las protecciones de las diversas zonas que puedan responder a una falla dada. Los Sistemas de Protección que en principio son absolutamente selectivos, se conocen como *sistemas unitarios*. Los en que la selectividad es relativa son los *sistemas no unitarios*.

III.4.3.- Rapidez de Operación.- Se requiere que los dispositivos de protección sean de acción rápida, por las siguientes razones:

- 1.- No debe rebasarse el tiempo crítico de eliminación.
- 2.- Los aparatos eléctricos pueden dañarse si se les hace soportar corrientes de falla durante un tiempo prolongado.
- 3.- Una falla persistente hace bajar el voltaje y ocasiona el arrastre ó lento avance y la consiguiente sobrecarga en las transmisiones industriales.

Mientras más breve sea el tiempo en que persiste una falla, más carga podrá transmitirse entre puntos dados del Sistema de Potencia, sin que haya pérdida sincrónica. Puede verse que las fallas trifásicas tienen un efecto más marcado sobre la capacidad del Sistema para mantenerse en marcha y que, por lo tanto, deben eliminarse con mayor rapidez que una falla simple de tierra.

III.4.4.- Discriminación.- La protección debe ser lo bastante sensitiva como para operar confiablemente en condiciones mínimas de falla, si esta ocurre dentro de su propia zona y debe permanecer estable bajo carga máxima ó persistentes condiciones de falla. Un relevador debe poder diferenciar una falla de una sobrecarga. En el caso de los transformadores, la llegada violenta de corriente magnetizante puede ser comparable a la corriente de falla, al ser de 5 a 7 veces la corriente a carga total y el relevador no debe operar con tales corrientes. En los Sistemas interconectados, hay oscilaciones de la energía, que también deben ser ignoradas por el relevador. Esta discriminación entre las fallas y las sobrecorrientes, puede ser una característica inherente del relevador, ó bién, puede lograrse conectando dispositivos auxiliares como el relevador de voltaje mínimo. Se debe notar que a veces la palabra discriminación se emplea para incluir la selectividad.

III.5.- Principio Básico de Operación del Sistema de Protección.

En un esquema de protección, cada dispositivo realiza una función específica y responde en forma también específica a cierto tipo de cambio en las magnitudes del circuito. Por ejemplo, un tipo de relevador puede operar cuando la corriente aumenta más allá de cierta cantidad, mientras que otro puede comparar la corriente y el voltaje cuando la relación V/I sea menor que un valor dado. Al primero se le conoce como *dispositivo de protección de sobrecorriente* y al segundo como *dispositivo de protección de baja impedancia*. De modo semejante, pueden hacerse varias combinaciones de estas cantidades eléctricas según las necesidades de una determinada situación, porque cada tipo y ubicación de la falla, existe alguna diferencia distintiva entre estas cantidades, y existen diversos tipos de equipos de protección disponibles, cada uno de los cuales está diseñado para identificar una diferencia en particular y operar en respuesta a ella.

III.6.- Consideraciones Económicas.

Cada día, se tiene más con ciencia de que existe un límite económico para la cantidad que puede gastarse en los diferentes tipos de seguros de vida ó para salvaguardar la propiedad. En forma semejante, en un Sistema de suministro de energía existe un límite económico para la cantidad que puede gastarse en la protección del mismo. Por lo general, se trata de un asunto muy complejo, en vista de que la probabilidad de falla es función del componente, de la ubicación, del tiempo, etcétera. Todos estos factores pueden proporcionar diferentes alternativas para el mismo problema y la selección debe hacerse teniendo presente la justificación económica. El costo de la protección está relacionado con el costo de la planta que se desea proteger y aumenta con el costo de ésta. Por lo general, el costo del Sistema de Protección no debe ser mayor de 5% del costo total. Sin embargo, cuando los aparatos que hay que proteger son de suma importancia, como el generador ó la línea principal de transmisión, las consideraciones económicas se subordinan a menudo a la confiabilidad.

III.7.- Terminología Básica.

A continuación se definen algunos de los términos y expresiones importantes que se emplean en el estudio de los relevadores y los disyuntores de protección:

1.- *Relevador de protección.*- Un dispositivo eléctrico diseñado para aislar una parte de una instalación eléctrica, ó para operar una señal de alarma en el caso de una condición anormal ó de falla.

2.- *Unidad ó elemento.*- Una unidad relevadora autocontenida que, junto con una ó más unidades relevadoras, realiza una compleja función de relevación; por ejemplo, una unidad direccional combinada con una unidad de sobrecorriente, dá un relevador direccional de sobrecorriente.

3.- *Cantidad energizadora.*- La cantidad eléctrica, es decir la corriente ó el voltaje, solos ó en combinación con otras cantidades eléctricas, que se requiere para el funcionamiento del relevador.

4.- *Cantidad característica.*- La cantidad para cuya respuesta está diseñado el relevador; por ejemplo, la corriente en un relevador de sobrecorriente; la impedancia en un relevador de impedancia; el ángulo de fase en un relevador direccional, etcétera. Algunos relevadores tienen una respuesta calibrada para una ó más cantidades, y a tales cantidades se les llama *cantidades características*.

5.- *Ajuste.*- El valor real de la cantidad energizadora ó de la característica para la cual está diseñado el relevador al operar en determinadas condiciones.

6.- *Consumo de energía (Carga).*- La energía consumida por los circuitos del relevador cuando la corriente ó el voltaje son los nominales. Se expresa en volampéres para C.A. y en Watts para C.D.

7.- *Restablecimiento.*- Se dice que un relevador se restablece cuando se mueve de la posición de interrupción a la posición de contacto. Al valor de la cantidad característica arriba de la cual ocurre este cambio se le conoce como el valor de *restablecimiento*.

8.- *Disparo ó soltar la carga.*- Se dice que un relevador se dispara ó suelta su carga cuando se mueve de la posición de *contacto* a la posición de *interrupción*. Al valor de la cantidad característica abajo de la cual ocurre este cambio, se le conoce como el valor de *disparo* ó el *soltar la carga*.

9.- *Tiempo de operación.*- El tiempo que transcurre entre el instante de aplicación de una cantidad característica igual al valor de disparo y el instante en el que el relevador opera sus contactos.

10.- *Tiempo de restablecimiento.*- El tiempo que toma el relevador operando para regresar a su posición original, como resultado de un cambio súbito específico de la cantidad característica; este tiempo se mide desde el instante en que ocurre el cambio.

11.- *Tiempo de sobredisparo.*- El tiempo durante el cual se disipa la energía de operación almacenada, después de que la cantidad característica ha sido restaurada súbitamente a partir de un valor específico, hasta el valor que tenía en la posición inicial del relevador.

12.- *Ángulo característico.*- El ángulo de fase al cual se declara el funcionamiento del relevador.

13.- *Características (de un relevador en estado uniforme).*- El lugar geométrico del restablecimiento cuando se traza en forma de gráfica. En algunos relevadores coinciden las dos curvas y se convierten en el lugar geométrico del par de torsión en equilibrio ó nulo.

14.- *Relevador de refuerzo.*- Relevador que se energiza por los contactos del relevador principal y por medio de sus contactos en paralelo con los del principal, lo releva de su servicio de conducción de corriente. Ordinariamente, los contactos de sellado son de mayor capacidad de corriente que los del relevador principal.

15.- *Relevador de sellado.*- Similar al relevador de refuerzo descrito antes, excepto que conectado para permanecer trabajando hasta que su circuito de bobinas sea interrumpido por un interruptor del disyuntor.

16.- *Relevadores primarios.*- Los que están conectados directamente al circuito protegido.

17.- *Relevadores secundarios.*- Los conectados al circuito protegido mediante transformadores de corriente y de potencial.

18.- *Relevadores auxiliares.*- Los relevadores que operan en respuesta a la apertura ó al cierre de su circuito de operación, para ayudar a otro relevador en la ejecución de su función. El relevador auxiliar puede ser instantáneo ó puede tener un atraso en tiempo y operar dentro de amplios límites de la cantidad característica.

19.- *Relevador de respaldo.*- Un relevador que opera generalmente después de un ligero atraso si el relevador normal no opera para disparar a su disyuntor. El relevador de respaldo actúa como segunda línea de defensa.

20.- *Consistencia.*- La exactitud con la cual el relevador puede repetir sus características eléctricas ó de tiempo.

21.- *Bandera ó marca.*- Un dispositivo que se usa para indicar la operación de un relevador y generalmente es operado por un resorte ó por gravedad.

22.- *Alcance.*- Límite remoto de la zona de protección provista por el relevador, que se emplea principalmente en relación con los relevadores de distancia, para indicar a qué distancia, a lo largo de la línea, se extiende la zona de disparo del relevador.

23.- *Sobrealcance ó subalcance.*- Errores en la medición del relevador que resultan de una operación errónea ó de una falla al operar, respectivamente.

24.- *Bloqueo.*- Condición que impide que se dispare el relevador de protección, ya sea debido a sus propias características ó a un relevador adicional.

III.8.- Protección Contra Sobrecorriente.

III.8.1.- Generalidades.

- *Aplicación.*- En esta sección se establecen requisitos generales para la protección contra sobrecorriente de circuitos con tensiones nominales de operación hasta de 1 000 Volts. Los dispositivos usados comúnmente para esta protección son los fusibles, los interruptores automáticos y otros dispositivos diseñados para tal fin.

- *Propósito de la protección contra sobrecorriente.*- La protección contra sobrecorriente para conductores y equipos tiene por objetivo interrumpir el circuito cuando la corriente alcance un valor que pueda producir temperaturas excesivas ó peligrosas en los conductores ó el aislamiento de los mismos.

-*Protección de equipos contra sobrecorriente.*- Los equipos deben protegerse contra sobrecorriente de acuerdo con las características propias del equipo de que se trate y de acuerdo con los requisitos que, en su caso, se establecen en otras secciones de estas Normas Técnicas.

- *Potección de conductores contra sobrecorrientes.*- La capacidad ó ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorriente debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores. Si la corriente permisible en los conductores no corresponde a un fusible ú otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible ó dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que ésta no exceda del 125% de dicha corriente permisible.

Excepción 1.- Conductores para luminarios. Los conductores por medio de los cuales se conectan los luminarios a las salidas de los circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado respectivo si la capacidad de corriente de los mismos conductores corresponde a lo siguiente:

Conductor de:

| | |
|---|----------------------|
| Circuitos de 20 amperes. mayor. | Calibre No. 18 AWG ó |
| Circuitos de 30 amperes. mayor. | Calibre No. 14 AWG ó |
| Circuitos de 40 ó 50 amperes. mayor. | Calibre No. 12 AWG ó |

Excepción 2.- Cordones flexibles para aparatos. Los cordones flexibles para aparatos pueden considerarse protegidos por el dispositivo de sobrecorriente de los circuitos derivados, cuando su capacidad de corriente se ajuste a los valores mínimos siguientes:

Cordón flexible de:

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Circuitos de 20 amperes. mayor. | Calibre No. 18 AWG ó |
| Circuitos de 30 amperes. | 10 amperes de capacidad. |
| Circuitos de 40 ó 50 amperes. | 20 amperes de capacidad. |

Excepción 3.- Circuitos de motores. Los conductores que abastezcan motores y sus dispositivos de control, ó que abastezcan aparatos accionados por motor, deben protegerse contra sobrecorrientes.

Excepción 4.- Circuitos de control. Los conductores de circuitos de control remoto, que no sean circuitos de control de motores, pueden considerarse protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente de capacidad ó ajuste que no exceda del 300% de la capacidad de conducción de corriente de dichos conductores.

Excepción 5.- Derivaciones de alimentadores. La protección contra sobrecorriente de los conductores de las derivaciones, debe estar de acuerdo con lo referente a lo expuesto en la sección de "Circuitos Alimentadores" en su sección *Derivaciones*.

- *Instalación de fusibles de tapón con rosca.*- No deben usarse fusibles de tapón con rosca en circuitos que tengan una tensión entre conductores mayor de 127 Volts; excepto en el caso en que dichos circuitos están alimentados por un sistema con neutro puesto a tierra y siempre que la tensión de cualquiera de los conductores con respecto a tierra no exceda de 150 Volts. Los fusibles de tapón con rosca deben instalarse en el lado de la carga del circuito.

- *Dispositivos térmicos.*- Para proteger a los conductores contra sobrecorrientes debidas a cortocircuitos ó fallas a tierra, no deben usarse relevadores térmicos ú otros dispositivos térmicos que no estén cosntruidos para interrumpir corrientes de cortocircuito. Cuando estos dispositivos se empleen para protección contra sobrecarga en conductores de circuitos derivados para motores, deben usarse de acuerdo a lo establecido en la referente a la sección de "Motores" y en especial a *Relevadores y otros dispositivos de sobrecarga no adecuados para cortocircuito*.

- *Conductores activos.*

a). En cada conductor activo debe conectarse en serie un dispositivo de protección contra sobrecorriente (fusible ó unidad de disparo de sobrecorriente de un interruptor automático).

b). Los interruptores automáticos deben desconectar a todos los conductores activos del circuito.

Excepción. Pueden usarse interruptores automáticos monopolares en cada uno de los conductores activos de un circuito bifilar (con dos conductores activos); en cada conductor activo de circuitos monofásicos de 3 hilos; ó en cada conductor activo de circuitos derivados para alumbrado ó aparatos, abastecidos por un sistema trifásico de 4 hilos con neutro puesto a tierra.

- *Conductor puesto a tierra.*- No debe colocarse ningún dispositivo de sobrecorriente en un conductor puesto a tierra permanentemente.

Excepción 1.- Cuando el dispositivo de sobrecorriente está diseñado para interrumpir simultáneamente todos los conductores del circuito, incluyendo el conductor puesto a tierra.

Excepción 2.- En lugares donde no se tenga seguridad de que la conexión a tierra es efectiva ó donde exista la posibilidad de una inversión de conexiones, la Secretaria de Fomento Industrial puede requerir que, en sistemas con un conductor puesto a tierra, los circuitos derivados bifilares tengan un dispositivo de sobrecorriente en cada conductor.

- *Fusibles e interruptores automáticos en paralelo.*- Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, consistentes en fusibles ó interruptores automáticos, no deben instalarse ó disponerse para que operen en paralelo.

Excepción. Pueden usarse fusibles ó interruptores automáticos que hayan sido ensamblados en fábrica para operar en paralelo y estén aprobados para el propósito.

III.8.2.- Ubicación.

- *Ubicación en los circuitos.*- Los dispositivos de sobrecorriente deben colocarse en el punto de alimentación de los conductores que protejan, ó lo más cerca que se pueda de dicho punto.

- *Ubicación en los locales.*- Los dispositivos de sobrecalentamiento deben colocarse donde:

- a). Sean fácilmente accesibles.
- b). No estén expuestos a daño mecánico.
- c). No estén en la vecindad de material fácilmente flamable.

III.8.3.- Cubiertas .

- Cubiertas para dispositivos de sobrecorriente.

a). General. Los dispositivos de sobrecorriente deben quedar encerrados en cajas ó gabinetes, a menos que formen parte de un conjunto aprobado especialmente y que ofrezca protección equivalente, ó a menos que estén colocados en tableros situados en lugares exentos de material fácilmente flamable, y de humedad. La palanca de accionamiento de un interruptor automático puede quedar fuera de la cubierta, para su operación.

b). Los locales húmedos ó mojados. Las cajas que alojen dispositivos de sobrecorriente en locales húmedos ó mojados, deben ser de un tipo adecuado para tales locales y deben montarse de modo que quede un espacio libre de 1.5 centímetros; por lo menos, entre las cajas y la pared ú otra superficie sustentadora.

c). Posición vertical. Las cajas ó cubiertas para dispositivos de sobrecorriente deben monatrse en posición vertical, a menos que, en casos específicos, esto sea impracticable.

III.8.4.- Desconexión y Resguardo.

- *Medios de desconexión para fusibles.*- Deben proveerse medios de desconexión en el lado de abastecimiento de los fusibles en circuitos de más de 150 Volts a tierra (en caso de fusibles de cartucho, en circuitos de cualquier tensión), si son accesibles a personas no idóneas; de manera que cada circuito individual que contenga fusibles pueda desconectarse, en forma independiente de éstos, de la fuente de abastecimiento. Se exceptúan los casos en que se permite usar un sólo medio de desconexión, para controlar un grupo de circuitos de motores. .

- *Partes en que se formen arcos.*- Los fusibles e interruptores automáticos deben localizarse ó resguardarse en forma tal que su operación no ocasione quemaduras ú otros daños a personas, debido a los arcos que se formen en algunas de sus partes. .

- *Partes con movimiento repentino.*- Las palancas de interruptores automáticos y partes semejantes que puedan moverse repentinamente, debe colocarse ó resguardarse de manera que no puedan dañar a las personas en su proximidad.

III.8.5.- Construcción e Identificación.

- Fusibles de tapón con rosca.

a). Tensión máxima. Los fusibles de tapón con rosca no deben usarse en circuitos con una tensión mayor de 127 Vots entre conductores.

b). Partes vivas. Los fusibles de tapón con rosca deben construirse en tal forma que puedan colocarse y quitarse del portafusibles sin que se toquen partes vivas de éste.

c). Identificación. Cada fusible debe llevar marcado el valor de su corriente nominal en amperes. Los valores nominales de corriente usuales son: 15, 20 y 30 amperes. Los portafusibles deben ser todos de una capacidad única de 30 amperes.

- Fusibles de cartucho y portafusibles.

a). Clasificación. Los fusibles de cartucho y sus portafusibles, hasta de 600 Volts nominales, se clasifican de acuerdo con la Tabla III.1.

b). Prevención de uso inadecuado. Los fusibles de cartucho y sus portafusibles, deben construirse de tal modo que sea prácticamente imposible colocar un fusible de una cierta clasificación en un portafusibles de clasificación distinta, tanto por lo que respecta a corriente, como a tensión.

c). Identificación. Cada fusible de cartucho debe tener marcadas las características siguientes: Corriente nominal, tensión nominal, capacidad interruptiva cuando ésta sea mayor de 10 000 amperes, y la marca ó nombre del fabricante.

| | Capacidad nominal de portafusibles (amperes) | Capacidad nominal del fusible (amperes) |
|-----|--|---|
| | 30 | 0 - 30 |
| | 60 | 31 - 60 |
| | 100 | 61 - 100 |
| | 200 | 101 - 200 |
| | 400 | 201 - 400 |
| | 600 | 401 - 600 |
| 600 | 30 | 0 - 30 |
| | 60 | 31 - 60 |
| | 100 | 61 - 100 |
| | 200 | 101 - 200 |
| | 400 | 201 - 400 |
| | 600 | 401 - 600 |

Nota 1. Los fusibles de cartucho hasta de 60 amperes tienen extremos de casquillo y los de capacidades mayores, extremos de navaja.

Nota 2. Para una tensión nominal de 600 volts, pueden tenerse capacidades de corriente hasta de 6000 amperes.

Nota 3. Se permite el uso de fusibles de cartucho en tensiones que estén por abajo de su tensión nominal. Estos fusibles y portafusibles pueden construirse para tensiones nominales diferentes de las indicadas en esta tabla.

Tabla III.1.- Clasificación de los Fusibles y Portafusibles de Cartucho.

- Interruptores automáticos.

a). Método de operación. En general, los interruptores automáticos deben construirse de manera que puedan cerrarse y abrirse manualmente, aunque su accionamiento normal se efectúe por otros medios, ya sean eléctricos, neumáticos, etcétera.

b). Daño al operador. Los interruptores automáticos deben montarse de modo que se evite; en todo lo posible, que su operación pueda dañar al operador.

c). Indicación de posición. Los interruptores automáticos deben indicar si están en posición de abierto ó cerrado.

d). Dificultad para alterar ajustes. Los interruptores automáticos deben ser de construcción tal que resulte difícil alterar sus ajustes de corriente y de tiempo de disparo.

e). Identificación Cada interruptor automático debe tener marcadas las características siguientes: Corriente nominal, tensión nominal, capacidad interruptiva cuando ésta sea mayor a 5 000 amperes, y la marca ó nombre del fabricante. La indicación de corriente nominal en amperes en un interruptor automático debe quedar visible aún después de su instalación.

CAPITULO IV

DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA NAVES INDUSTRIALES.

IV.1.- Cualidades que Debe Reunir una Buena Iluminación Interior.

Una buena iluminación; si se trata de alumbrado industrial, es un factor de productividad y de rendimiento en el trabajo, además de que aumenta la seguridad del personal; en el caso de alumbrado comercial, es un decisivo factor de atracción para el público; finalmente, en el caso de alumbrado doméstico se mejora la Calidad visual, y hace más agradable y acogedora la vida familiar.

Si se tiene en cuenta que, por lo menos, una quinta parte de la vida del hombre, transcurre bajo alumbrado artificial se comprenderá el interés que hay en establecer Normas prácticas para realizar los proyectos de iluminación interior de forma que se aúnen la economía, la comodidad visual y el Sistema de Alumbrado más apropiado para una determinada función. Una buena iluminación interior, ha de cumplir cuatro condiciones esenciales:

1.- Suministrar una cantidad de luz suficiente.

2.- Eliminar todas las causas de deslumbramiento.

3.- Proveer aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular.

4.- Utilizar fuentes luminosas que aseguren, para cada caso, una satisfactoria distribución de colores.

IV. 2.- Normas para Realizar los Proyectos de Iluminación de Interiores.

Por lo general, los datos básicos son los planos del local; por ejemplo, locales para industrias, locales comerciales, etcétera. En todos los casos, el orden que se debe seguir para realizar un proyecto de iluminación de interiores es el siguiente:

- 1.- Determinación del nivel de iluminación.*
- 2.- Elección del tipo de lámpara.*
- 3.- Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.*
- 4.- Elección de la altura de suspensión de los aparatos de alumbrado.*
- 5.- Distribución de los aparatos de alumbrado.*
- 6.- Número mínimo de los aparatos de alumbrado.*
- 7.- Cálculo del flujo total que se ha de producir.*
- 8.- Distribución del número definitivo de los aparatos de alumbrado.*

Generalmente se adoptará como plano útil de trabajo una superficie situada a 0,85 m del suelo; excepto naturalmente, cuando las condiciones del trabajo que se ha de realizar en el local que se ha de iluminar requieran que el plano útil de trabajo sea distinto al señalado.

A continuación, se estudiara con detenimiento todos los puntos de iluminación interior.

IV.3.- Determinación del Nivel de Iluminación

El nivel de iluminación necesario para conseguir la visión eficaz, rápida y confortable de la tarea encomendada, depende de cierto número de factores , entre los que podemos contar:

a).- Magnitud de los detalles. de los objetos que se trata de discernir.

b).- Distancia de estos objetos al órgano visual del observador.

c).- Factores de reflexión de los observados.

d).- Contraste entre los detalles y los fondos sobre los que se destaca.

e).- Tiempo empleado en la observación de los objetos.

f).- Rapidez de movimiento de los objetos observados.

La mayor ó menor dificultad de una tarea visual debe apreciarse en función de estos y otros factores. Según la importancia de estos factores, se han prescrito distintos niveles de iluminación, mediante investigaciones científicas, para los distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales. Estos niveles de iluminación se expresan en la Tabla IV.1; en dicha tabla se expresan los valores mínimos de iluminación, que en ningún caso deben disminuirse, y los valores recomendables de iluminación: Esto, para gran número de tareas visuales que se realizan en fábricas, oficinas, salas de clase, viviendas particulares, etc.

En general, los niveles de iluminación expresados en esta Tabla son superiores a los normales emplados en España. Pero aún quedan por debajo de los niveles de iluminación normalizados en algunos Países extranjeros donde se han dado cuenta, antes que nosotros, la importancia social, económica y laboral que tiene la luz. Antaño, cuando en cuestiones luminotécnicas, España dependía casi totalmente de la importación, estaban justificados los bajos niveles de iluminación. Hogaño, en que las lámparas y aparatos de alumbrado constituyen un importante capítulo de nuestra producción industrial, ya que no tiene sentido prever bajas iluminaciones. Sobre todo, si se tiene en cuenta estos factores:

a).- En el aspecto comercial está totalmente demostrado que los elevados niveles de iluminación constituyen un elemento publicitario importantísimo: venden mucho mas los comercios bien iluminados que amortizan en seguida los mayores gastos de instalación.

b).- En el aspecto laboral, los trabajadores producen más con elevados niveles de iluminación y, lo que es muy importante, trabajan más agusto, lo que influye, naturalmente, en la calidad del producto fabricado.

c).-En el hogar , una iluminación adecuada aumenta el confort, y ayuda a conseguir un ambiente acogedor.

Por lo tanto, el primer paso que se ha de realizar cuando tengamos que desarrollar un proyecto de iluminación, consistirá en elegir un nivel de iluminación adecuado; si, por ejemplo, se tiene que iluminar un taller de montaje de piezas grandes, veremos que la tabla de niveles de iluminación nos da los siguientes valores:

Valor mínimo: 150 lux

Valor recomendado: 200 lux

Se adoptara por ejemplo, 200 lux, que será uno de los datos básicos en el proyecto, como se vera más adelante.

Sin embargo, se deben hacer todavía unas observaciones sobre los niveles de iluminación, que se procurara exponer ordenadamnete.

Para iluminaciones inferiores a 100 lux se utilizará siempre alumbrado general. Para iluminaciones comprendidas entre 100 lux y 1.000 lux puede completarse el alumbrado general con un alumbrado individual o localizado, permanente o temporal, que nos permita alcanzar los valores deseados de iluminación . Para iluminaciones superiores a 1 000 lux, el alumbrado del pano de trabajo habrá de ser localizado, lo que no excluye el necesario alumbrado general.

Los elevados valores necesarios para el alumbrado individual pueden conseguirse fácilmente por medio de lámparas de pequeña potencia montadas en reflectores adecuados situados a poca distancia del lugar donde se realiza el trabajo.

En los casos en que se precise un alumbrado individual combinado con el alumbrado general, los niveles de iluminación correspondientes a ambos tipos de alumbrado deben estar relacionados entre sí, de tal manera que el valor de la iluminación para el alumbrado general no debe ser inferior al indicado en el gráfico de la fig. IV.1.

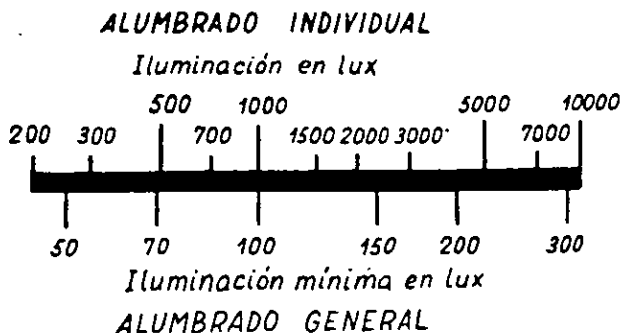


Fig. IV.1.- Gráfico de Valores Mínimos de Iluminación.

- I. Habitaciones. Recreo. Deportes**
- II. Oficinas. Establecimientos públicos**
- III. Almacenes. Hoteles. Cafés. Restaurantes**
- IV. Locales industriales**
 - 1.º Locales comunes a todas las categorías*
 - 2.º Industrias alimenticias*
 - 3.º Imprenta y Artes Gráficas*
 - 4.º Industrias del vidrio*
 - 5.º Industrias textiles*
 - 6.º Industrias químicas*
 - 7.º Industrias metalúrgicas*
 - 8.º Centrales eléctricas*
 - 9.º Industrias diversas*
- V. Edificios agrícolas**
- VI. Industria de transportes**

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas.

1. Habitaciones - Recreo - Deportes

| | Min. Lux | Rec. Lux |
|---|--------------------------|-------------|
| <i>Locales comunes a todas las categorías:</i> | | |
| Vestibulos, corredores, ascensores | 50 | 70 |
| Escaleras | 100 | 150 |
| Vestuarios, tocadores y lavabos | 50 | 100 |
| <i>Habitaciones:</i> | | |
| Cuartos de baño: Alumbrado general | 50 | 100 |
| Espejos (sobre el rostro) | 200 | 500 |
| Dormitorios: Alumbrado general | 50 | — |
| Camas y espejos | 200 | 500 |
| Cocinas: Fogones, lavaderos, mesas | 100 | 200 |
| Cuartos de niños | 70 | 200 |
| Cuarto de estar: Alumbrado general | 70 | 200 |
| Lectura intermitente | 150 | — |
| Lectura prolongada | 300 | 500 |
| Costura intermitente | 200 | 500 |
| Trabajo de escolares en casa | 300 | 500 |
| Banco de taller de artesano | 150 | 300 |
| <i>Salas de espectáculos:</i> | | |
| Vestibulo | 100 | — |
| Salón de descanso | 100 | 200 |
| Anfiteatro (Teatros. Salas de Concierto): | | |
| Durante los entreactos | 100 | 200 |
| Durante la audición | Alumbrado circulación | |
| Orquestas (sobre los atriles) | 300 | 500 |
| Salas de cine: Durante los entreactos | 100 | 200 |
| Durante la proyección | Alumbrado circulación | |
| Salas de fiestas, salas de baile: Alumbrado general | 150 | 200 |
| Intermedios, exhibiciones | Alumbrado circulación | |
| <i>Cultura física y deportes:</i> | | |
| Billares: Alumbrado general | 70 | — |
| Mesas | 200 | 500 |
| Bolos | 150 | — |
| Gimnasios | 100 | 300 |
| Patínaje (entrenamiento) | 70 | — |
| Tenis cubierto: Entrenamiento | 100 | 150 |
| Competición | 200 | 300 |
| Baloncesto: Entrenamiento | 150 | 200 |
| Competición | 300 | 500 |
| Ping-Pong: Entrenamiento | 200 | — |
| Competición | 500 | — |
| Golf miniatura | 100 | — |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|---|---------------------|---------------------|
| Velódromos (sobre pista) | 150 | 200 |
| Pelota vasca: Entrenamiento | 150 | — |
| Competición | 300 | — |
| Fútbol: Entrenamiento. | 70 | 100 |
| Competición | 150 | 300 |
| Piscinas: Alumbrado de la piscina | 100 | — |
| Salas de duchas y vestuarios | 70 | — |
| Salas de armas, salas de boxeo. | 300 | — |
| Rings de boxeo: Entrenamiento | 300 | 500 |
| Competición | 1.500 | 3.000 |
| Hipódromos | 150 | 200 |
| Picaderos. | 70 | 100 |
| Hockey sobre hielo | 200 | — |

2. Oficinas y Establecimientos públicos

Locales comunes a todas las categorías

| | | |
|--|-----|-----|
| Vestíbulos; habitaciones de paso: Iluminación general interior | 150 | 500 |
|--|-----|-----|

Oficinas y administraciones:

| | | |
|---|-----|-------|
| Teneduría de libros, mecanografía, contabilidad, máquinas de calcular, ficheros y archivadores. | 300 | 600 |
| Oficinas privadas y trabajos generales de oficina distintos a los anteriores. | 200 | — |
| Salas de dibujo: Mesas | 500 | 1.000 |
| Alumbrado general | 150 | 300 |
| Oficinas de información, salas de recepción, salas de espera | 150 | 500 |
| Archivos | 100 | — |

Establecimientos públicos:

| | | |
|---|-----|-----|
| Iglesias: Altares, santuarios, coros. | 100 | — |
| Naves | 70 | — |
| Dependencias | 50 | — |
| Bibliotecas: Estanterías (Alumbrado vertical). | 100 | 200 |
| Salas de libros | 100 | 200 |
| Salas de lectura. | 100 | 200 |
| Mesas de lectura | 300 | 500 |
| Museos y Galerías: Alumbrado general interior | 100 | — |
| Vitrinas. Alumbrado especial. | 500 | — |
| Sobre los cuadros | 100 | 200 |

Establecimientos de enseñanza:

| | | |
|--|-----|-----|
| Salas de conferencias, anfiteatros, salas de reuniones | 200 | 500 |
| Gimnasios | 150 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada. para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| Vestuarios, tocadores y lavabos | 50 | 100 |
| Salas de clase y laboratorios | 200 | 500 |
| Dibujo de arte, industrial y costura | 500 | 700 |
| (más alumbrado localizado) | | |
| Bibliotecas y despachos (ver Administraciones y Establecimientos públicos) | | |
| Salas de enseñanza manual (ver locales industriales) | | |
| Pizarras | 300 | 500 |
| <i>Hospitales y Clínicas:</i> | | |
| Camas | 100 | — |
| Laboratorios (Patología e investigación) | 300 | 500 |
| Quirófanos | 300 | 500 |
| Mesas de operación | 3.000 | — |
| Habitaciones particulares y salas: Alumbrado general | 50 | — |
| Alumbrado de noche | 10 | — |
| Sobre la cama, examen y lectura | 200 | — |
| Salas de examen | 300 | 500 |
| Salas de recepción y de espera | 100 | — |
| Gabinetes dentales: Sillón | 700 | — |
| Salas de espera | 100 | — |
| 3. Tiendas, Hoteles, Cafés y Restaurantes | | |
| <i>Almacenes de grandes ciudades:</i> | | |
| Alumbrado general | 300 | 500 |
| Sobre los mostradores | 500 | 700 |
| Presentaciones especiales y vitrinas interiores | 1.000 | — |
| Estantes de mercancías | 100 | — |
| Escaparates sobre calle comercial | 2.000 | 5.000 |
| Idem sobre calle no comercial | 500 | 1.000 |
| <i>Almacenes de pequeñas localidades:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Sobre los mostradores | 300 | 500 |
| Escaparates | 500 | 1.000 |
| <i>Hoteles - Cafés - Restaurantes:</i> | | |
| Cocinas | 100 | 200 |
| Dormitorios: Alumbrado general | 100 | 200 |
| Camas y espejos | 200 | 500 |
| Comedores, salas de restaurantes, salas de café, salones de hotel, salones de té | 100 | 300 |
| Salas de correspondencia: Alumbrado general | 100 | — |
| Mesas de escribir: Alumbrado localizado | 300 | 500 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

4. Locales industriales

| | <i>Afin. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|----------------------|---------------------|
| 1. LOCALES COMUNES A TODAS LAS CATEGORÍAS | | |
| Alumbrado general de circulación | 100 | — |
| Instrumentos de medida y de control: Alumbrado sin deslumbramiento. Sobre el plano de lectura. | 300 | 500 |
| Entrada, pasillos, escaleras, pasos diversos | 100 | 200 |
| Oficinas de dibujo industrial: Alumbrado general | 100 | 200 |
| Sobre las mesas de dibujo | 700 | 1.000 |
| Depósitos. | 50 | 200 |
| Embalaje: Objetos pequeños | 100 | 200 |
| Objetos grandes. | 100 | 150 |
| | | |
| 2. INDUSTRIAS ALIMENTICIAS | | |
| <i>Mataderos</i> | | |
| Alumbrado general | 100 | — |
| Estancia de animales | 50 | — |
| Desolladeros | 200 | 300 |
| Despacho de carne | 400 | 600 |
| Frigoríficos: Cámara frigorífica | 50 | — |
| Salas de máquinas | 150 | 200 |
| | | |
| <i>Conserverías de carne:</i> | | |
| Lavado, escaldado, cabezas y patas | 100 | — |
| Depilación, comprobación del depilado | 200 | 300 |
| Cocción, mezclado, amasado | 100 | 200 |
| Trinchado, deshuesado, escogido | 200 | 300 |
| Preparación de pastas, llenado de latas | 150 | 200 |
| Engatillado, cerrado de cajas | 300 | 500 |
| Esterilización | 300 | 500 |
| Preparación de jamones | 200 | 300 |
| | | |
| <i>Conserverías de pescado:</i> | | |
| Pesado, lavado, esterilización, almacenaje, colocación en latas | 100 | 200 |
| Secado, preparación | 200 | 300 |
| Cocción | 150 | — |
| Puesta en latas, cerrado de las mismas | 300 | 500 |
| Tratamiento de sub-productos | 150 | 200 |
| | | |
| <i>Conserverías de legumbres</i> | | |
| Peso, desgranamiento | 100 | 200 |
| Escogido, sobre las cintas transportadoras | 300 | — |
| Cribas | 150 | — |
| Blanqueo. | 150 | — |
| Puesta en latas (ver conservas de carnes y pescado) | | |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| <i>Fábricas de harina:</i> | | |
| Almacenaje de granos: Depósitos, alumbrado general | 70 | 100 |
| Fosos | 100 | — |
| Molienda | 100 | 150 |
| Ensacado | 150 | 200 |
| Laboratorio | 300 | 500 |
| <i>Panaderías industriales:</i> | | |
| Almacenaje de harinas | 70 | 100 |
| Amasado (sobre las artesas) | 200 | 300 |
| Formación de la «masa» | 150 | 200 |
| Cocción: a) delante de los hornos | 300 | — |
| b) alumbrado general | 100 | 200 |
| Hornos de pap, manutención de carbón y cenizas | 70 | 100 |
| <i>Fábricas de galletas:</i> | | |
| Almacenaje | 70 | 100 |
| Preparación de la pasta | 200 | 300 |
| Cocción: | | |
| Barquillos: máquinas de dosificar, de cocer, de secar y rec. | 200 | 300 |
| Otras operaciones | 100 | 200 |
| Biscochos secos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Salida del horno | 300 | 500 |
| Empaquetado | 200 | 300 |
| Almacenaje | 100 | 150 |
| <i>Pastas alimenticias:</i> | | |
| Almacenaje | 70 | 100 |
| Fabricación de pastas, alumbrado general | 150 | 200 |
| Aparatos para mezclar, amasar e hilado | 200 | 300 |
| Máquinas combinadas: lugar del amasado | 300 | — |
| Secado | 100 | 150 |
| Empaquetado: A máquina | 150 | 200 |
| <i>Torrefacción de café:</i> | | |
| Almacenaje | 70 | 100 |
| Torrefacción | 100 | 150 |
| Empaquetado: Alumbrado general | 70 | 100 |
| Alumbrado localizado | 200 | 300 |
| Máquinas automáticas | 300 | — |
| <i>Chocolaterías:</i> | | |
| Preparación del chocolate en bruto: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Escogido sobre las bandas | 300 | 500 |
| Preparación del cacao en polvo | 100 | 150 |
| Acondicionamiento: a) Chocolate y cacao en polvo | 150 | 200 |
| b) Chocolates diversos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 300 | 500 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|---|---------------------|---------------------|
| <i>Lecherías:</i> | | |
| Muelle de desembarque | 70 | 100 |
| Locales de lavado de los recipientes. | 200 | 300 |
| Tratamiento de la leche. — Puesta en botellas | 200 | 300 |
| Distribución de los recipientes | 100 | 150 |
| Laboratorios | 300 | 500 |
| <i>Mantequerías:</i> | | |
| Descremado (y Acondicionamiento) | 150 | 200 |
| Batido | 200 | 300 |
| Purificación. | 150 | 200 |
| Cámaras frigoríficas: Alumbrado general. | 50 | — |
| Sala de máquinas. | 150 | 200 |
| <i>Bodegas:</i> | | |
| Muelle de embarque, bodegas | 70 | 100 |
| Indicador de nivel, sobre el plano de lectura | 300 | — |
| Sala de máquinas. | 150 | 200 |
| Recepción de botellas vacías | 150 | 200 |
| Limpieza de botellas | 200 | 300 |
| Llenado de botellas | 200 | 300 |
| Embalaje de botellas en las cajas. | 100 | 150 |
| <i>Cervecerías:</i> | | |
| Preparación de la malta: Encima de las cubas. | 70 | 100 |
| Torrefacción, trituración | 100 | 150 |
| Ensacado. | 100 | 150 |
| Fabricación de la cerveza | 200 | 300 |
| Fermentación. | 200 | — |
| Tanque | 70 | 100 |
| Filtrado | 150 | 200 |
| Puestas en barril: Alrededor de las máquinas | 100 | 150 |
| Llenado | 150 | 200 |
| Llenado de botellas | 200 | 300 |
| Limpieza de botellas | 200 | 300 |
| Embalaje de las botellas en cajas. | 100 | 150 |
| <i>Azucareras:</i> | | |
| Silos de la remolacha | 70 | — |
| Lavaderos | 100 | 150 |
| Corte de raíces | 150 | 200 |
| Preparación del azúcar: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Turbinas de mezclado. | 300 | — |
| Almacenes de azúcar | 70 | 100 |
| Ensacado. | 150 | 200 |
| Calderas: Alumbrado particular. Manómetros. Niveles | 300 | 500 |
| Sala de máquinas. | 200 | 300 |
| Cuadros de distribución y laboratorios | 300 | 500 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|---|---------------------|---------------------|
| <i>Refinerías:</i> | | |
| Alumbrado general en todas las naves | 100 | — |
| Mezclado, sobre cada turbina | 300 | — |
| Aparato para cocer | | especial |
| Clarificación | | especial |
| Molienda sobre la máquina | 150 | 200 |
| Quebrantado | 300 | — |
| Empaquetado | 200 | 300 |
| <i>Confiterías industriales:</i> | | |
| Cocción: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Por encima de los hornos | 300 | — |
| Preparación de la pasta | 300 | 500 |
| Fabricación de los bombones: Alumbrado general: | 150 | 200 |
| Sobre las máquinas | 300 | — |
| Acondicionamiento: Alumbrado localizado | 300 | — |
| Almacenaje, calderas | 70 | 100 |
| 3. IMPRENTA Y ARTES GRAFICAS | | |
| <i>Tipografía y litografía</i> | | |
| □ Sección cajas: | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Sobre las cajas (pupitres de composición) | 700 | 1.000 |
| Sobre las máquinas de cortar lino y nivelar grabados. | 700 | 1.000 |
| Sobre la prensa de prueba. | 200 | 300 |
| Sobre el pupitre de correctores. | 500 | 700 |
| Máquinas de composición mecánica: | | |
| Sobre el teclado y composición. | 300 | 500 |
| □ Sección de máquinas: | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Mesas de imposición | 500 | 700 |
| Mesas de arreglo | 700 | 1.000 |
| Mármoles para batir tintas. | 700 | 1.000 |
| Máquinas: sobre la entrada de las hojas | 150 | 200 |
| Sobre la salida de las hojas | 300 | 500 |
| Sobre el carro (alumbrado localizado). | 300 | 500 |
| Tinteros y cilindros | 150 | 200 |
| Guillotina | 300 | 500 |
| <i>Fotografado y Fotocromo:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Pupitres de retocadores | 700 | 1.000 |
| Prensa de pruebas | 500 | 700 |
| Mesa de montaje | | especial |
| Mesa de insolación | | especial |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tiendas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| <i>Encuadernación:</i> | | |
| Alumbrado general | 150 | 200 |
| Máquinas de plegar: sobre la entrada | 150 | 200 |
| Sobre la salida | 150 | 200 |
| Máquinas de hacer tapas | 200 | 300 |
| Máquinas de coser | 200 | 300 |
| Mesas de alzado | 150 | 200 |
| Guillotinas y apisonadoras | 300 | 500 |
| 4: VIDRIERIAS | | |
| <i>Plantas generales:</i> | | |
| Composición: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado sobre aparatos de pesar | 200 | 300 |
| Vestibulos y salidas: alumbrado general | 200 | 300 |
| Hornos (ver locales comunes) | | |
| Embalaje: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 200 | 300 |
| Arcos y salidas | 200 | 300 |
| <i>Vidrio plano:</i> | | |
| Cristalería: Bruñido-pulido: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Sobre la máquina | | especial |
| Apreciación y corte | | especial |
| <i>Cristal de ventana:</i> | | |
| Máquina automática: Sobre el cajón | 100 | 150 |
| Apreciación y corte | | especial |
| <i>Vaciado mecánico del cristal:</i> | | |
| Máquina automática | | especial |
| Comprobación: Alumbrado general | 200 | 300 |
| Alumbrado localizado | 500 | 700 |
| Tallado fino, decoración, esmerilado y grabado, biselado | 300 | 500 |
| Tallado normal, pulimentado a rueda | 150 | 200 |
| Plateado | 200 | 300 |
| 5. INDUSTRIAS TEXTILES | | |
| <i>Industrias del algodón</i> | | |
| □ Hilatura: | | |
| a) Almacenaje del algodón en bruto | 70 | 100 |
| b) Preparación: Mezcla | 100 | 150 |
| Vareado | 100 | 150 |
| Cardado | 150 | 200 |
| Estirado | 150 | 200 |
| Bancos de peinado | 200 | 300 |
| c) Hilado: Bastidor de hilar | 300 | 500 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | Min. Lux | Rec. Lux |
|--|-------------|-------------|
| ☐ Tejeduría: | | |
| a) Preparación: Bobinado | 200 | 300 |
| Urdidora; Plegador | 300 | — |
| Rastrillo | 100 | 150 |
| Apresto: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Plegador de alimentación, peine plegador definitivo. | 300 | — |
| b) Montaje del bastidor: | | |
| Pasado de hilos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| (Recogida) Alumbrado localizado | 1.000 | — |
| Nudos automáticos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 500 | — |
| Trabajo sobre el bastidor | 300 | 500 |
| Examen de los tejidos (Alumbrado localizado) | 700 | 1.000 |
| Locales de almacenaje de los tejidos | 100 | 150 |

Industria de la lana

Preparación de las fibras:

| | | |
|--|-----|-----|
| Escogido de la lana | 300 | 500 |
| Desengrase de la lana y lavado | 100 | 150 |
| Vareado | 100 | 150 |
| Cardado | 200 | 300 |
| Peinado | 300 | 500 |

☐ Hilatura:

| | | |
|--|-----|-----|
| Bancos de estirado | 150 | 200 |
| Bastidores devanadores. | 300 | 500 |
| Bastidores de hilo continuo. | 300 | 500 |
| Preparación de la trama. — Canillaje. | 300 | 500 |
| Preparación de la cadena: Bobinado | 300 | 500 |
| Urdidora: Plegador | 300 | 500 |
| Rastrillo | 200 | 300 |
| Aprestos: Alumbrado general. | 300 | 700 |
| Comprobación a la salida de la máquina | 300 | 700 |

☐ Tejeduría:

| | | |
|--|-----|-------|
| Bastidores de tejer: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 500 | 700 |
| Desmontaje. Alumbrado localizado | 700 | 1.000 |
| Pespunteado | 700 | 1.000 |

Industria de la seda natural

☐ Hilatura:

| | | |
|--|-----|-----|
| Escaldadura, vareado, trabajo de la seda (ver también alumbrado del algodón y lana). | 150 | 200 |
| Torcedura y apresto de la seda natural cruda | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| Tejeduría: Referirse a los valores dados por el algodón y la lana, con un aumento de un 50 % como mínimo, teniendo en cuenta que los hilos son mucho más finos | | |
| <i>Textiles artificiales</i> | | |
| Producción de la materia a hilar (ciclo químico) | 100 | 150 |
| Excepto la sulfuración que necesita | 200 | 300 |
| Terminación de la materia a hilar (ciclo textil): | | |
| Bastidor de hilar paralelo | 150 | 200 |
| Bastidor de hilar centrifugo | 300 | 500 |
| Retorcido | 200 | 300 |
| Blanqueo | 100 | 150 |
| Escogido de las fibras | 300 | — |
| Hilatura y tejeduría: | | |
| Referirse a operaciones similares, concernientes al algodón y a la lana, con un aumento de un 50 % como mínimo, teniendo en cuenta el hecho de que los hilos son frecuentemente muy finos. | | |
| <i>Blanqueado - Tintura - Impresión - Aprestos</i> | | |
| Blanqueado de los tejidos: Prueba del tinte y clorado | 100 | 150 |
| Examen | 300 | 500 |
| Torcedura de las madejas | 100 | 150 |
| Teñido: Máquinas | 150 | 200 |
| Muestrario y examen (alumbrado localizado) | 500 | 700 |
| Impresión | 300 | 500 |
| Comparación de los colores | 700 | 1.000 |
| Aprestos: Preparación | 100 | 150 |
| Examen a la entrada y a la salida de las máquinas | 300 | 500 |
| Mesas de comprobaciones finales-Doblado | 300 | 500 |
| <i>Confección</i> | | |
| Almacenes de recepción y control de los tejidos | 300 | 500 |
| Talleres de corte | 300 | 500 |
| Talleres de conjunto: Arreglo, preparación, etc. | 300 | 500 |
| Pespunteado; Alumbrado localizado | 1.000 | — |
| Prensa de vapor | 200 | 300 |
| Control final | 500 | 700 |
| Almacenes de expedición | 100 | 150 |
| 6. INDUSTRIAS QUÍMICAS | | |
| <i>Fábricas de productos químicos:</i> | | |
| Alumbrado de circulación | 100 | 200 |
| Sobre niveles, manómetros, termómetros montados sobre aparatos: alumbrado especial sin deslumbramiento sobre el plano vertical. | 150 | 200 |
| Sobre las mesas y pupitres | 200 | 300 |
| Sobre escaleras y pasarelas | 100 | 200 |
| Delante de los aparatos, tales como molinos y mezcladores | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | Min. Lux | Rec. Lux |
|--|-------------|-------------|
| <i>Laboratorios, salas de ensayo y controles:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Sobre el plano de la mesa | 300 | — |
| Sobre aparatos de medida, tales como manómetros, termómetros, básculas, alumbrado especial sin deslumbramiento sobre el plano de lectura | 300 | 500 |
| <i>Caucho:</i> | | |
| Molido, mezclado, triturado, fabricación de los neumáticos y tubos. | 200 | 300 |
| <i>Tabacos</i> | | |
| Desmuestra | 200 | 300 |
| Picadura | 150 | 200 |
| Torrefacción | 150 | 200 |
| <i>Jabonerías:</i> | | |
| Sala de los calderos, laminillas de jabón en polvo | 150 | 200 |
| <i>Almacenes, factorías, salas de embalaje:</i> | | |
| Almacenado de grandes objetos | 70 | 100 |
| Almacenado de piezas pequeñas | 100 | 200 |
| Embalaje, expedición | 150 | 200 |
| Acondicionamiento (en la industria farmacéutica). | 200 | 300 |
| 7. INDUSTRIAS METALÚRGICAS . | | |
| <i>Mecánica general</i> | | |
| Almacenaje de materias primas (hilos, tubos, barras, etc.) | 70 | 100 |
| Puestos de control (según dimensiones de los detalles a verificar): | | |
| Minúsculo | 3.000 | — |
| Muy fino | 1.500 | — |
| Fino | 1.000 | — |
| Bastante fino | 500 | — |
| Mediano | 300 | — |
| Talleres de montaje: Piezas muy pequeñas | 1.000 | 1.500 |
| Piezas pequeñas | 500 | 1.000 |
| Piezas medianas | 200 | 300 |
| Piezas grandes | 150 | 200 |
| Almacenes de piezas desengrasadas y productos finos: | | |
| Alumbrado | 150 | 200 |
| Alumbrado localizado: Ventanillas, armarios, mesas, piezas pequeñas, lectura de pequeños caracteres | 300 | 500 |
| Trabajos de metales en hojas: Trabajo en el banco | 200 | 300 |
| Máquinas-herramientas y bancos: | | |
| a) Alumbrado general | 200 | 300 |
| b) Alumbrado localizado | | |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| Trabajos muy delicados en el banco o en la máquina, fabricación de herramientas e hileras, comprobación con el calibre, rectificación de piezas de precisión | 1.000 | 1.500 |
| Trabajo en pequeñas piezas en el banco o en la máquina, rectificación de piezas medianas y pequeñas, reglaje de máquinas automáticas | 500 | 700 |
| Trabajo de piezas medianas en el banco o en la máquina, rectificación de piezas grandes | 300 | 500 |
| Soldadura: | | |
| Soldadura de trabajos muy finos (Electrónica) | 500 | 700 |
| Soldadura de trabajos finos (aparatos de radio) | 300 | 500 |
| Soldadura por contacto de piezas medianas | 200 | 300 |
| Soldadura por contacto de piezas grandes | 150 | 200 |
| Soldadura al soplete. | 100 | 150 |
| Tratamiento superficial de los metales: | | |
| Tratamiento electrolítico, niquelado, cromado | 150 | 200 |
| Avivado (alumbrado especial) | 200 | 300 |
| Pulimentado ordinario | 150 | 200 |
| <i>Fundiciones:</i> | | |
| Depósitos y almacenes | 100 | 150 |
| Almacén de arena: | | |
| a) Manipulaciones manuales (transporte, tamizado, mezcla) . . | 100 | 150 |
| b) Manipulaciones automáticas (transportadores, elevadores, separadores, molinos y tamices) | 100 | 150 |
| Talleres de modelado y cajas de machos: | | |
| Fino | 200 | 300 |
| Gruoso | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado de formas profundas. Al. especial | | |
| Placas modelos | 200 | 300 |
| Cubilote: | | |
| Pesada de las cargas (alumbrado especial sin deslumbramiento sobre el plano de lectura) | 150 | 200 |
| Plataforma delante de horn., nave de colada en las cucharas . . . | 100 | 150 |
| Taller de moldeo: | | |
| Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado en los moldes | 500 | 700 |
| Desmoldeo y desarenado | 100 | 150 |
| Rebarbado | 200 | 300 |
| <i>Forjas y fundiciones de acero:</i> | | |
| Almacenaje del mineral y el carbón | 100 | 150 |
| Carga de altos hornos | | especial |
| Naves de colada | 100 | 150 |
| Naves de convertidores (2.ª colada) | 100 | 150 |
| Talleres de fabricación: | | |
| Martillo-pilón, laminadores, etc. | 100 | 150 |
| Forjas | | |
| Laminado y cizallado de piezas pequeñas, laminado en frío y trefilado | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Mín. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|---|---------------------|---------------------|
| Laminado y cizallado de piezas grandes, limpieza y decapado. | 100 | 150 |
| Fosas de temple, laminado en caliente | 70 | 100 |
| Almacenaje de productos finos: | | |
| Almacén de chapa | 100 | 150 |
| Electro-metalurgia (aluminio y sus aleaciones, molinos mezcladores, fabricación de electrodos, coladas) | 100 | 150 |
| <i>Construcción de automóviles:</i> | | |
| <i>Carrocería:</i> | | |
| a) Talleres de carpintería y ebanistería: | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Alumbrado localizado de las sierras de cinta y tornos | | especial |
| b) Chapistería: | | |
| Alumbrado general de los talleres de embutición, soldadura y montaje | 200 | 300 |
| Alumbrado localizado de las prensas de embutir, interior de las carrocerías durante el montaje | | especial |
| Pintura: | | |
| a) Preparación de las chapas, pintura a pistola, pulimentado a mano | 300 | 500 |
| b) Preparación, dosificación y mezcla de los colores | 2.000 | — |
| c) Cabina de pulverización (sobre el plano de pulverización). | 700 | 1.000 |
| Guarnecido: | | |
| a) Talleres de los tapiceros (tejidos, almohadillas, etc.) | 200 | 300 |
| b) Nave de guarnecido de carrocerías: | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Alumbrado localizado en el interior de las carrocerías | | especial |
| Taller de cristalería | 150 | 200 |
| Pulido de pinturas, decoración, acabado. | 300 | 500 |
| Garaje de coches antes de la entrega | 100 | 150 |

Construcciones aeronáuticas

Construcciones de los motores (ver Mecánica general).

☐ I. — *Construcción en madera:*

| | | |
|---|-----|----------|
| <i>Taller de carpintería:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Alumbrado localizado de las sierras de cinta y tornos | | especial |
| <i>Taller de montaje de fuselaje:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Mesa de control | 300 | 500 |
| <i>Taller de montaje en cadena:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Montaje en el interior de la carlinga | | especial |
| Trabajos sobre los planos | | especial |
| Taller de pintura | 300 | 500 |
| Chapas (tapacubos de hélices y cubiertas de motores) | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| □ II. — Construcciones metálicas | | |
| Taller de chapistería | 200 | 300 |
| Taller de preparación de las piezas primarias de infraestructura . . | 150 | 200 |
| Taller de montaje de planos | 200 | 300 |
| Taller de montaje de fuselajes: | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Interior de los fuselajes | | especial |
| Taller de montaje en cadena: | | |
| Alumbrado general localizado según el eje longitudinal del avión y su perpendicular a plomo de los planos | 200 | 300 |
| Trabajo debajo de los planos | | especial |
| <i>Calderería:</i> | | |
| Soldadura autógena, remachado, transporte de los metales en hojas, martelado, etc. (ver Mecánica general, Forjas y Fábricas de acero) | | |
| Naves de los hornos de recocido para piezas grandes: | | |
| Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado de las formas profundas | | especial |
| 8. CENTRALES ELÉCTRICAS | | |
| Aparatos auxiliares, disyunt., transformadores, salas de acumuladores | 100 | 150 |
| Generadores, máquinas de vapor, ventiladores, compresores | 200 | 300 |
| Cuadros de distribución y cuadros de aparatos: | | |
| Sobre el plano de lectura | 300 | 500 |
| 9. INDUSTRIAS DIVERSAS | | |
| <i>Tenerías:</i> | | |
| Acabado y ensambladura | 150 | 200 |
| Corte, relleno | 100 | 150 |
| Limpieza, estirado y curtido | 100 | 150 |
| Cubas | 100 | 150 |
| Cámaras de secado | 100 | 150 |
| <i>Trabajo del cuero:</i> | | |
| Cosido de los cueros oscuros, corte y ensamblado | 300 | 500 |
| Cosido de los cueros claros | 200 | 300 |
| Surtido y comparación | | especial |
| <i>Fábricas de calzados:</i> | | |
| Cosido, inspección y escogido | 500 | 700 |
| Corte, trabajos diversos en el banco y en la máquina | 300 | 500 |
| <i>Manufacturas del papel:</i> | | |
| Corte terminación y recorte | 200 | 300 |
| Satinado | 200 | 300 |
| Vareo y trituración | 150 | 200 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|---|---------------------|---------------------|
| <i>Trabajo de la madera:</i> | | |
| Trabajo bastante fino en el banco y en la máquina | | |
| <i>Manufacturas de cajas:</i> | | |
| Cartonaje de lujo | 200 | 300 |
| Cartones ordinarios, cajas | 100 | 150 |
| <i>Manufacturas de tapices:</i> | | |
| Tejido, dibujo | 300 | 500 |
| Colocación de los tapices sobre los telares, reparaciones. | 300 | 500 |
| Costura y bordado | 300 | 500 |
| Impresión sobre los tapices. | 200 | 300 |
| Acabado, cepillado, pasado al vapor, corte y transporte. | 100 | 150 |
| <i>Alfarería y cerámica industrial:</i> | | |
| Limpieza y cocción, coloración y barnizado, decoración y esmaltado, moldeo y prensa | 150 | 200 |
| Naves de filtros prensas, de trituración y hornos | 100 | 150 |
| <i>Hulleras:</i> | | |
| Cintas de escogido | 300 | 500 |
| Mando de los mecanismos | 100 | 150 |
| Tolvas de carga y talleres de cribado y lavado | 150 | 200 |
| <i>Manufacturas de guantes:</i> | | |
| Cortado, inspección, trabajos de punto, prensado muestrario, respun- teado y guarnecido | 300 | 500 |
| <i>Sombrería:</i> | | |
| Trencillado, limpieza, tinte, terminación, borde, forma, planchado, alisado y tensado | 300 | 500 |
| <i>Lencería:</i> | | |
| <i>Trabajo a máquina:</i> | | |
| Pulido y acabado | 300 | 500 |
| Tonelería, encoladura, trabajo de finura media en la máquina y en el banco, barnizado y fabricación de modelos | 200 | 300 |
| Aserraduras | 100 | 150 |
| Ebanistería | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| 5. Edificios agrícolas | | |
| Hangares, bodegas, leñeras | 50 | — |
| Nave de preparación de los alimentos del ganado | 100 | — |
| Lavaderos | 100 | — |
| Lecherías y mantequerías (ver Industrias Alimenticias) | | |
| Cuadras: Circulación | 50 | — |
| Tráfico | 100 | — |
| Caballerizas, porquerizas y majadas | 50 | — |
| Granjas, graneros, hangares para la recolección: | | |
| Alumbrado general | 50 | — |
| Aventar | 100 | — |
| Garajes, cocheras para carros: | | |
| Alumbrado general | 50 | — |
| Reparaciones | 100 | 150 |
| Gallineros y conejeras | 50 | — |
| 6. Industria del transporte | | |
| <i>Estación de ferrocarril:</i> | | |
| Salas de espera | 100 | — |
| <i>Venta de billetes:</i> | | |
| Alumbrado general | 100 | 150 |
| Sobre los casilleros, distribuidores y taquillas | 300 | 500 |
| Salas de equipajes | 100 | 150 |
| Andenes de viajeros | 70 | 100 |
| Depósitos de máquinas | 50 | 70 |
| <i>Garajes de automóviles:</i> | | |
| Lavado, engrase, cuidado en general | 100 | 150 |
| Reparaciones | 200 | 300 |
| <i>Estaciones de servicio:</i> | | |
| Pacios y accesos | 150 | 200 |
| Surtidores | 200 | 300 |
| Lavado y reparaciones | 200 | 300 |
| <i>Hangares de aviones:</i> | | |
| Alumbrado general | 200 | 300 |
| Entretenimiento y reparaciones | 300 | 500 |
| <i>Muelles marítimos:</i> | | |
| Viajeros | 70 | 100 |
| Mercancías | 50 | 70 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

| | <i>Min. Lux</i> | <i>Rec. Lux</i> |
|--|---------------------|---------------------|
| □ Tejeduría: | | |
| a) Preparación: Bobinado | 200 | 300 |
| Urdidora; Plegador | 300 | — |
| Rastrillo | 100 | 150 |
| Apresto: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Plegador de alimentación, peine plegador definitivo. | 300 | — |
| b) Montaje del bastidor: | | |
| Pasado de hilos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| (Recogida) Alumbrado localizado | 1.000 | — |
| Nudos automáticos: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 500 | — |
| Trabajo sobre el bastidor | 300 | 500 |
| Examen de los tejidos (Alumbrado localizado) | 700 | 1.000 |
| Locales de almacenaje de los tejidos | 100 | 150 |

Industria de la lana

Preparación de las fibras:

| | | |
|--|-----|-----|
| ·Escogido de la lana | 300 | 500 |
| Desengrase de la lana y lavado | 100 | 150 |
| Vareado | 100 | 150 |
| Cardado | 200 | 300 |
| Peinado | 300 | 500 |

□ Hilatura:

| | | |
|--|-----|-----|
| Bancos de estirado | 150 | 200 |
| Bastidores devanadores. | 300 | 500 |
| Bastidores de hilo continuo. | 300 | 500 |
| Preparación de la trama. — Canillaje. | 300 | 500 |
| Preparación de la cadena: Bobinado | 300 | 500 |
| Urdidora: Plegador | 300 | 500 |
| Rastrillo | 200 | 300 |
| Aprestos: Alumbrado general. | 300 | 700 |
| Comprobación a la salida de la máquina | 300 | 700 |

□ Tejeduría:

| | | |
|--|-----|-------|
| Bastidores de tejer: Alumbrado general | 100 | 150 |
| Alumbrado localizado | 500 | 700 |
| Desmontaje. Alumbrado localizado | 700 | 1.000 |
| ·Pespunteado | 700 | 1.000 |

Industria de la seda natural

□ Hilatura:

| | | |
|--|-----|-----|
| Escaladadura, vareado, trabajo de la seda (ver también alumbrado del algodón y lana) | 150 | 200 |
| Torcedura y apresto de la seda natural cruda | 200 | 300 |

Tabla IV.1.- Niveles de Iluminación Mínima y de Iluminación Recomendada, para Diferentes Locales y Tareas (Continuación).

IV.4.- Elección del Tipo de Lámpara.

Siguiendo con la explicación de las Normas para realizar los proyectos de iluminación de interiores, se va a continuación, estudiar los criterios que se deben seguir para la elección del tipo de lámpara teniendo en cuenta que se puede elegir de entre las diferentes clases de lámparas que con anterioridad se han analizado.

La *lámpara de incandescencia*, es de cómodo empleo, y existe en el mercado una gran gama muy amplia de potencias disponibles; por lo tanto, podrá resultar una buena solución en la gran parte de los problemas de alumbrado. Sin embargo, su bajo rendimiento luminoso y su duración útil media, reducida a una 1 000 horas; restringen prácticamente su utilización a los casos en que basta con un nivel de iluminación inferior a 200 lux, y cuando el número de horas de utilización anual es inferior a 2 000 horas. En las condiciones indicadas, el empleo de la lámpara de incandescencia, resulta económico, debido al coste moderado del material y de la instalación y a pesar del precio elevado de la energía consumida por esas lámparas y de la mano de obra necesaria para la reposición de las lámparas al final de su vida útil.

La *lámpara fluorescente* se impone cuando se precisa una elevada temperatura de color (4 500 °K a 6 500°K); es decir, para tonos blancos de luz, con predominio de los colores neutros y fríos del espectro. También resulta interesante su empleo cuando al nivel de iluminación necesario sobre el plano útil de trabajo, ha de alcanzar ó sobrepasar los 2 000 lux, sobre todo si la instalación ha de estar funcionando durante un elevado número de horas al año (2 000 horas ó más).

Cuando las condiciones de Calidad de la luz son menos imperativas, sobre todo en lo que hace referencia al alumbrado industrial, se podrá estudiar la utilización de las *lámparas de vapor de mercurio de color corregido* y de las *lámparas de vapor de mercurio de luz mixta*. Las lámparas de vapor de mercurio de color corregido resultan económicas por su elevado rendimiento luminoso, y por su larga duración útil resultan especialmente indicadas para alumbrado directo, con aparatos de alumbrado suspendidos a mucha altura, en las grandes naves industriales. En esta aplicación particular, su elevada potencia unitaria permite aprovechar bien su gran altura de suspensión, separando debidamente los aparatos de alumbrado y disminuyendo, por tanto, el número de estos aparatos.

En iluminación interior, solamente en algunos casos excepcionales podrá utilizarse la *lámpara de vapor de sodio*. A pesar de su buen rendimiento y de su gran duración, estas lámparas no se emplean más, debido al monocromatismo de la luz emitida.

IV.5. Elección del Sistema de Iluminación y de los Aparatos de Alumbrado.

Ya hemos hablado anteriormente de los sistemas de alumbrado, con las ventajas e inconvenientes que presentaba cada uno de ellos; a continuación, se complementarán los conceptos ya desarrollados con anterioridad, analizando las características más importantes de cada sistema, con el objetivo de disponer de elementos de juicio cuando se debe elegir entre ellos para un proyecto determinado. En esta parte del proyecto, también será más fácil la consulta de Catálogos de los Fabricantes de aparatos de alumbrado, para determinar qué tipo de aparato es el más apropiado, de acuerdo con sus características constructivas y con su curva de distribución luminosa.

La iluminación directa es apropiada para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano de las mesas y de los puestos de trabajo. Por lo tanto, es la iluminación utilitaria por excelencia y encuentra muchas aplicaciones en el alumbrado de talleres y en ciertas oficinas. Es interesante hacer observar que por su misma naturaleza deja en la sombra las partes superiores del local; y por lo tanto, reduce las pérdidas de luz por las claraboyas, lo que puede resultar decisivo para su elección en el caso de locales provistos de dichos elementos constructivos (fábricas, talleres y grandes naves industriales).

Cuando se utiliza la iluminación directa hay que aumentar considerablemente los aparatos de alumbrado, con el propósito de conseguir que cada objeto iluminado, reciba luz desde varias direcciones simultáneamente, con lo que se consigue la disminución de sombras molestas. La iluminación directa se realiza, en general, por medio de reflectores de chapa esmaltada ó de aluminio pulido a anodizado y brillantado. Con el objeto de dar a la luz obtenida cierto grado de difusión favorable al suavizado de las sombras y, a la vez, concentrar el flujo luminoso hacia las zonas útiles del local, estos reflectores deben ser anchos y profundos.

Con la *iluminación semi-directa* se hace intervenir la reflexión sobre el techo de una buena parte de la luz emitida por los aparatos de alumbrado. De lo cual se deduce, que para la utilización económica debe limitarse su empleo a los casos en que los techos no son muy altos; y no debe utilizarse este sistema de iluminación en los locales provistos de claraboyas en el techo. También, es un sistema utilitario de iluminación, que se emplea bastante en los locales de trabajo. Permite la realización relativamente económica de elevados niveles de iluminación con las ventajas sobre la iluminación directa de que las sombras son bastante más suaves porque, como ya se sabe, los objetos reciben simultáneamente, la luz directa de los aparatos de alumbrado y la reflejada en el techo y en las paredes.

Con la *iluminación difusa* se dá una importancia creciente a la reflexión de la luz sobre el techo y las paredes. Por lo tanto, desaparecen casi por completo las sombras de los objetos pero se aconseja que el techo y las paredes estén pintados de colores claros, con el objetivo de disminuir en lo posible las pérdidas por absorción que, de otro modo, resultarían muy elevadas.

Con la *iluminación semi-indirecta* y más aún con la *iluminación indirecta*, manantiales luminosos secundarios, a que equivalen las paredes y el techo del local, tienen un efecto preponderante sobre los manantiales luminosos primarios que, en estos casos, son las lámparas eléctricas. Las sombras desaparecen totalmente y el alto grado de difusión del flujo luminoso crea una impresión sedante sobre el ánimo del observador. Así mismo, desaparece también el riesgo del deslumbramiento directo, ya que las lámparas están completamente ocultas a los ojos del observador. La supresión absoluta de sombras puede resultar favorable para ciertos trabajos de oficina; pero otras veces, la falta de plasticidad de los objetos, obtenida con estos sistemas de iluminación, puede resultar poco apropiada para los fines requeridos: En este último caso, debe completarse el alumbrado del local por medio de aparatos de alumbrado auxiliares, tales como “apliques”, lámpadarios, etcétera, introduciendo así cierta proporción de iluminación semi-directa ó mixta y reestableciendo; por tanto, la sensación de plasticidad.

La iluminación semi-directa y todavía más, la iluminación indirecta, precisan, necesariamente, que el techo y las paredes estén pintados con materiales de muy alto factor de reflexión y aunque esta condición se cumpla, el consumo de energía es mucho mayor que para los otros sistemas de iluminación.

Frecuentemente, se realiza el alumbrado de locales con el sistema de iluminación indirecta, por medio de lámparas fluorescentes disimuladas en las cornisas, con ó sin reflectores, que iluminan el techo. Este procedimiento de alumbrado es conveniente para salas de espera ó salas de recepción. Muchas veces, se agregan, aparatos de alumbrado suplementario, tales como lámparas portátiles, “apliques”; de carácter decorativo que, a la vez, crean zonas de alumbrado localizado.

IV.6.- Cálculo del Flujo Luminoso Total.

Una vez se han determinado las condiciones que hemos expuesto en los temas anteriores: Determinación del nivel de iluminación, y número mínimo de equipos, etcétera; se ha de calcular el flujo luminoso total que necesitamos para conseguir el nivel de iluminación adecuado, cumpliendo todos los requisitos previos citados. En instalaciones interiores la determinación del flujo luminoso se realiza calculando previamente el factor de utilización para comprender lo que significa este factor y, a la vez, para justificar este procedimiento de cálculo, son precisos unos razonamientos previos, que se expondrán a continuación:

En el local cerrado, el flujo luminoso emitido por las lámparas, no llega en su totalidad a la superficie útil de trabajo. Una parte de este flujo se pierde totalmente por absorción en las paredes y techos. En la fig. VI.2 se expresa la distribución en el espacio del flujo luminoso emitido por las lámparas, después de haber sido absorbida una parte de dicho flujo por los aparatos de alumbrado.

Una parte del flujo luminoso (1 en la fig. IV.2) llega directamente a la superficie de trabajo; otra parte de este flujo (2 en la fig. IV.2), se dirige hacia las paredes donde una fracción se absorbe y otra fracción llega también a la superficie de trabajo, después de una ó de varias reflexiones; finalmente, otra parte del flujo luminoso (3 en la fig. IV.2) se emite hacia el techo donde, como antes, una porción se absorbe y otra llega a la superficie de trabajo después de varias reflexiones. Finalmente; se puede establecer que el *factor de utilización* es la relación entre el flujo luminoso útil y el flujo total emitido por las lámparas. Naturalmente, siempre será menor que la unidad puesto que se trata, en realidad, de la expresión de un rendimiento.

Se debe tener en cuenta que la parte de flujo luminoso que no es absorbida por las paredes y techo ni llega tampoco a la superficie de trabajo, no interviene en la iluminación de dicha superficie; pero cumple una función visual muy importante, ya que ilumina y hace visible la parte del espacio comprendida dentro del local.

El valor del factor de utilización depende, evidentemente, de todas las pérdidas de flujo que pueden producirse entre la emisión de la luz por las lámparas hasta la llegada del flujo a la superficie de trabajo. A su vez, estas pérdidas de flujo dependen de los siguientes factores:

- 1.- Del rendimiento de los aparatos de alumbrado.
- 2.- De la forma en que el flujo se divide en tres partes que se dirigen, respectivamente, al techo, a las paredes, y al plano útil de trabajo.
- 3.- De los factores de reflexión de las paredes y del techo.
- 4.- Las dimensiones del local.

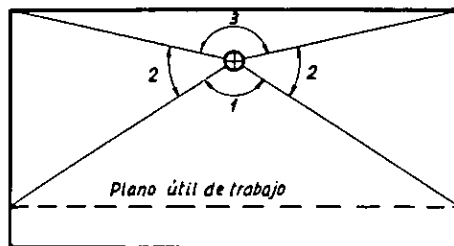


Fig. IV.2.- Distribución del Flujo Luminoso en un Local Cerrado.

Resulta evidente que, a igualdad de las demás condiciones el factor de utilización será tanto mejor; es decir, tanto más próximo a la unidad, cuanto más elevado sea el rendimiento de los aparatos de alumbrado. En lo que se refiere a la distribución del flujo, dirigido hacia las paredes, techo y superficie de trabajo, respectivamente, esta condición está determinada por la distribución fotométrica del aparato de alumbrado y por las dimensiones del local. Para un local determinado, la influencia de las paredes y del techo sobre el valor del factor de utilización, aumenta si se reemplaza, sucesivamente, la iluminación directa, por la semidirecta, la mixta, la semi-indirecta y la indirecta; lo que quiere decir que, por esta causa el factor de utilización irá disminuyendo.

También es fácil comprender que si se tienen dos locales de las mismas dimensiones, y se utilizan las mismas lámparas y los mismos aparatos de alumbrado, tendrá mejor factor de utilización, el local cuyas paredes y techo tengan más elevado factor de reflexión. Finalmente, el factor de utilización depende también de las dimensiones del local. Para comprender mejor los conceptos que a continuación se van a desarrollar; supóngase (Fig. IV.3), un local que se va a iluminar con Sistema de Iluminación determinado; por ejemplo, iluminación semidirecta.

Si se tiene otro local (Fig. IV.4), cuyas dimensiones tomadas con relación a la superficie útil de trabajo son proporcionales al local anterior; si además en este último local, se instala el mismo número de lámparas, distanciadas entre sí, y respecto a muros y plano útil de trabajo de forma también proporcional a las lámparas del local anterior, se podría decir que ambas instalaciones, son "semejantes" y, para cada aparato, los ángulos sólidos que determinan la parte de flujo luminoso correspondiente, respectivamente, al techo, a las paredes son iguales en ambos locales. Por lo tanto, a igualdad de las demás circunstancias, el factor de utilización es también el mismo para los dos locales.

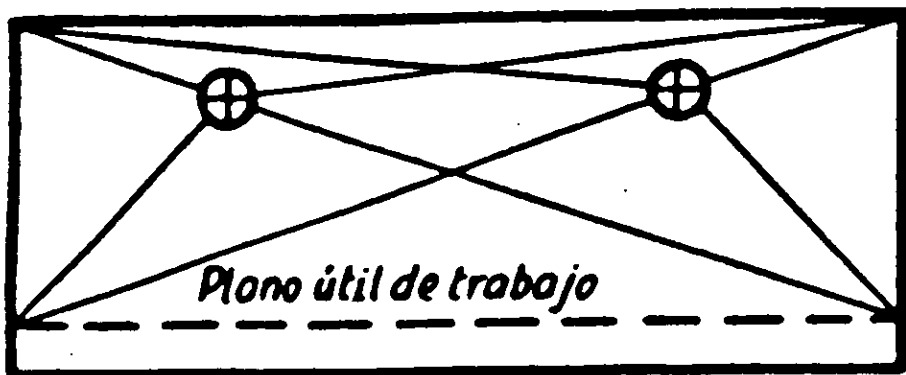


Fig. IV.3.- Figura Explicativa del Concepto de Factor de Utilización.

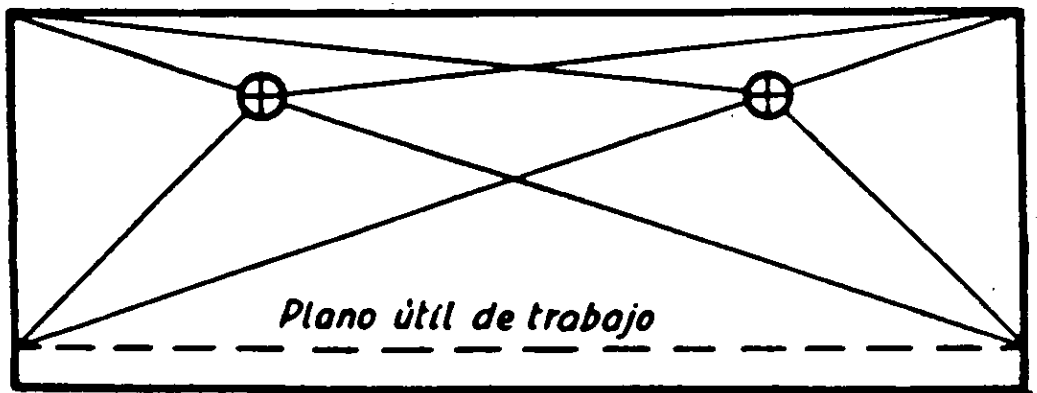


Fig. IV.4.- Las Dimensiones de este Local son Proporcionales al de la Fig. IV.3, y su Factor de Utilización es el Mismo.

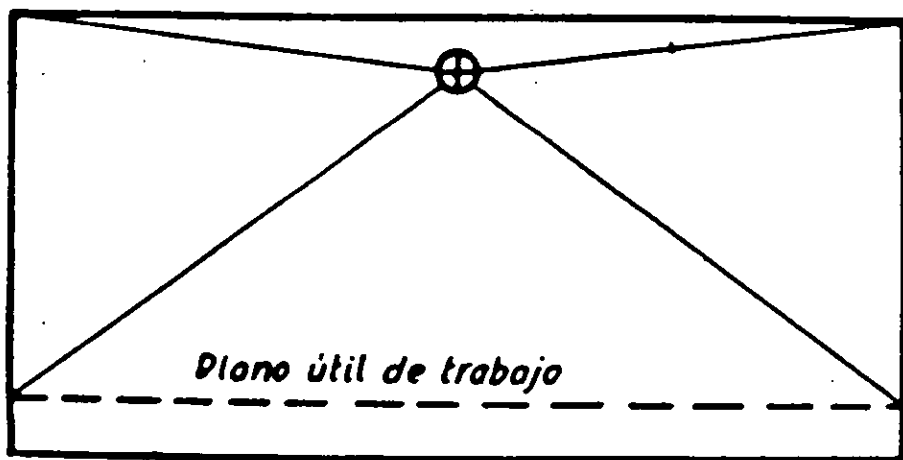


Fig. IV.5.- En un Local de Pequeña Altura y Grandes Dimensiones Horizontales, se Obtiene un Buen Factor de Utilización.

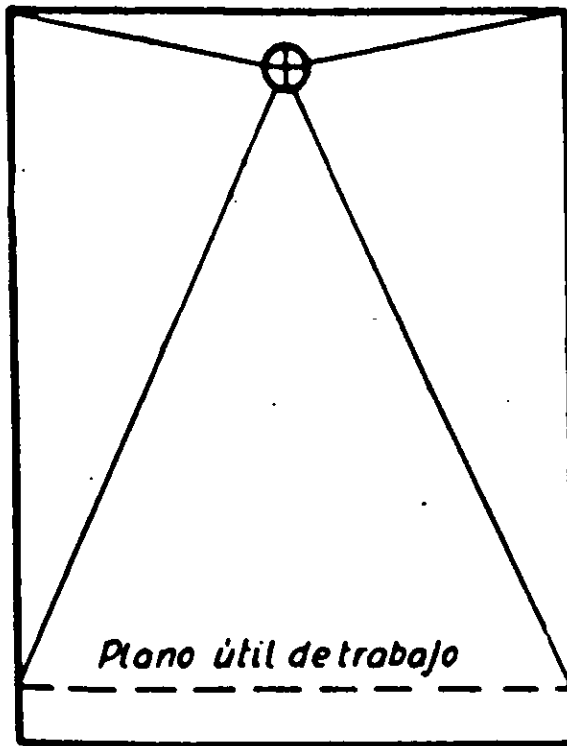


Fig. IV.6.- En un Local de Gran Altura y Pequeñas Dimensiones Horizontales se Obtiene un Deficiente Factor de Utilización.

Por el contrario, en un local de gran longitud y poca altura (Fig. IV.5) la distribución del flujo luminoso es muy diferente a la de un local de gran altura y poca longitud (Fig. IV.6); además, se puede observar en las dos figuras anteriores, que la cantidad de flujo enviado al plano útil de trabajo es proporcional a las dimensiones horizontales del local (largo y ancho) e inversamente proporcional a la altura del local. Por lo tanto, para un mismo aparato de alumbrado y suponiendo iguales las demás condiciones (reflexión de muros y paredes, nivel de iluminación, etcétera); se obtendrá un mejor factor de utilización en aquellos locales cuyas dimensiones horizontales son grandes respecto a su altura y, recíprocamente, un factor de utilización pequeño, en los locales de gran altura y reducidas dimensiones horizontales.

Por otra parte, no hay que olvidar que esta influencia de las dimensiones del local sobre el valor del factor de utilización se hace más acusada cuanto mayor sea la proporción de flujo luminoso enviada hacia el techo y las paredes (iluminación indirecta, por ejemplo); y también, cuanto menores sean los factores de reflexión del techo y de las paredes. Los proyectos de iluminación se refieren generalmente a locales paralelepípedicos rectangulares. Desde el punto de vista del factor de utilización, los estudios teóricos y experimentales han demostrado que la "forma" de estos locales puede caracterizarse por un coeficiente, denominado *Índice del Local*, que combina las relaciones de la longitud y la anchura del local con su altura.

Después de calcular el número mínimo de aparatos de alumbrado, la distribución de estos aparatos para conseguir una iluminación uniforme y el flujo total necesario para que el nivel de iluminación sea el adecuado, resulta fácil determinar el flujo luminoso que ha de proporcionar cada lámpara y por consiguiente, elegir en los Catálogos de Fabricantes el tipo de lámpara más conveniente, ó sea aquel cuyo flujo luminoso sea más aproximado al flujo unitario calculado.

En el caso de lámparas fluorescentes no cabe elegir más que entre un número de potencias unitarias y, con el nivel actual de progreso en Luminotecnia, casi siempre habrá que decidirse entre los tipos de 40 W y de 65 W, cuyo flujo luminoso está bien determinado para cada tono de luz. Se procederá entonces a determinar el número de lámparas, dividiendo el flujo total que se ha producir por el flujo luminoso de cada lámpara, de acuerdo siempre con el tono de luz elegido. Si el número de lámparas resulta muy superior al número mínimo de aparatos de alumbrado, previamente calculado, habrá de estudiarse la posibilidad de instalar dos ó más lámparas en cada aparato de alumbrado, ó por el contrario, aumentar el número de aparatos de alumbrado. Como las lámparas fluorescentes son unidades relativamente poco potentes, si el nivel de iluminación es de 200 lux ó más (lo que por otra parte, es el caso más general en la instalación de lámparas fluorescentes), la distancia entre los aparatos de alumbrado quedará siempre muy por debajo del límite superior fijado por las condiciones de uniformidad. Conociendo el tipo y el número de lámparas y de apartos, se procederá a situarlos sobre el plano del local, respetando las proporciones elegidas previamente en lo que se refiere a la distancia entre aparatos de alumbrado y la distancia hasta las paredes de los aparatos extremos.

IV.7.- Tablas para el Cálculo de Proyectos de Alumbrado Interior.

Se han preparado unas Tablas para la determinación de los factores de utilización y de los factores de depreciación en los diferentes casos que se pueden presentar en los proyectos de alumbrado interior. En estas Tablas se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- 1.- Sistema de Iluminación.
- 2.- Rendimiento de aparato de alumbrado.
- 3.- Factores de reflexión de techo y paredes.
- 4.- Índice del local.
- 5.- Distribución de los aparatos de alumbrado.
- 6.- Factores de depreciación.

A continuación, se resumen la influencia de todos los factores citados anteriormente:

1.- Sistema de Iluminación.- En la columna de la izquierda de las Tablas se han dibujado esquemáticamente aparatos de alumbrado típicos, correspondientes a cada sistema de iluminación. También se ha expresado gráficamente la forma de la curva de distribución luminosa de cada aparato, se ha dibujado de línea llena, la curva fotométrica que corresponda a la dirección transversal y de línea a trazos la curva fotométrica correspondiente a la dirección longitudinal.

2.- *Rendimiento del Aparato de Alumbrado.*- Como ya se sabe, es la relación entre el flujo luminoso emitido por el aparato de alumbrado, y el flujo luminoso de la lámpara ó lámparas instaladas en dicho aparato. Este rendimiento ya viene expresado en la Tablas y se ha distribuido en el flujo luminoso por encima y por debajo de la horizontal.

3.- *Factores de Reflexión de Techo y Paredes.*- Estos datos los proporciona el Cliente ó el Diseñador (se toman de los parámetros que dan las Tablas y son factores únicos de diseño).

4.- *Índice del Local.*- El índice del local debe calcularse previamente de acuerdo a factores de las Tablas. Este valor viene expresado en las Tablas como K, y sus valores están comprendidos entre 1 y 10; si en los cálculos resulta un valor intermedio no expresado en las Tablas, habrá que interpolar; si el valor es superior a 10, se tomará este último valor como índice del local pues está demostrado que para índices de local superiores de 10, el aumento de dicho índice apenas tiene influencia sobre el factor de utilización.

5.- *Distribución de los Aparatos de Alumbrado.*- El valor del factor de utilización está influido también por la distribución de los aparatos de alumbrado. Las Tablas han sido desarrolladas teniendo en cuenta las condiciones expuestas sobre la distribución de los aparatos de alumbrado, altura de suspensión de dichos aparatos, distancia de los aparatos extremos a las paredes y número mínimo de aparatos de alumbrado. Para los locales, cuyo índice de local esté comprendido entre los valores siguientes: $K = 1, 2$ puede resultar interesante instalar un sólo aparato de alumbrado en el centro, en cuyo caso el factor de utilización es mayor y, por lo tanto, se precisa menos flujo luminoso para iluminar el local; pero hay que tener en cuenta que en los locales iluminados de esta manera, la iluminación en el centro es bastante más elevada que en las paredes, lo que, en ciertos casos, puede resultar un decisivo inconveniente. En las Tablas se ha previsto un apartado especial para las instalaciones con aparatos de alumbrado situados en el centro del local.

6.- *Factores de Depreciación.*- En las Tablas que se están describiendo, los factores de depreciación se dividen en tres grupos que corresponden a:

- Ensuciamiento ligero, como el correspondiente a tiendas, oficinas, escuelas, habitaciones en viviendas particulares y, en general, en locales donde la suciedad es escasa.

- Ensuciamiento normal, se dá en los locales que no están comprendidos en ninguno de los otros dos apartados.

- Ensuciamiento alto, como el que existe en altos hornos, fundiciones, minas y, en general, en locales donde hay mucho polvo y suciedad.

A su vez, cada uno de estos grupos se sub-divide en:

- a).- Limpieza periódica de lámparas y aparatos cada año.
- b).- Limpieza periódica de lámparas y aparatos cada 2 años.
- c).- Limpieza periódica de lámparas y aparatos cada 3 años.

En algunos casos de ensuciamiento ligero ó grande, no se indica ningún factor de depreciación; cuando esto ocurre así, es que existen razones de carácter económico, estético ó luminotécnico que desaconsejan la elección del tipo de aparato de alumbrado más apropiado. En todos los casos, se han previsto unas 1500 Horas anuales de funcionamiento para las lámparas fluorescente. En las instalaciones para iluminación indirecta con cornisas, se indican períodos de limpieza cada seis meses y cada año, pues la experiencia ha demostrado que un año es el tiempo máximo permitido para la limpieza de lámparas y cornisas. Además, se recomienda emplear cornisas, solamente en locales con ensuciamiento ligero.

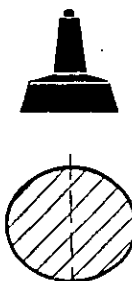
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|--|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------------------|--------|---|
| Tipo | Rend. %, A | | $\rho_T=0.7$ | | | $\rho_T=0.5$ | | | $\rho_T=0.3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | 1 año | 2 años | 3 años | |
|  | 0 ↑ 80 ↓ 80 | 1 | 0,27 | 0,21 | 0,17 | 0,26 | 0,21 | 0,17 | 0,26 | 0,21 | 0,17 | | | |
| | | 1,2 | 0,32 | 0,26 | 0,21 | 0,31 | 0,25 | 0,21 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | | | |
| | | 1,5 | 0,38 | 0,32 | 0,27 | 0,37 | 0,32 | 0,27 | 0,36 | 0,31 | 0,27 | | | |
| | | 2 | 0,46 | 0,40 | 0,36 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | 0,44 | 0,39 | 0,36 | | | |
| | | 2,5 | 0,51 | 0,46 | 0,42 | 0,50 | 0,46 | 0,42 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,55 | 0,50 | 0,46 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | 0,53 | 0,49 | 0,46 | x | x | x |
| | | 4 | 0,61 | 0,56 | 0,53 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,59 | 0,55 | 0,53 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 0,63 | 0,60 | 0,57 | 0,62 | 0,60 | 0,57 | 1,35 | 1,55 | x |
| | | 6 | 0,67 | 0,63 | 0,61 | 0,66 | 0,63 | 0,60 | 0,65 | 0,62 | 0,60 | | | |
| | | 8 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,69 | 0,67 | 0,65 | 0,68 | 0,66 | 0,65 | Ensuciamiento alto | | |
| 10 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 1,65 | 2,15 | x | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,29 | 0,23 | 0,19 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | | | |
| | | 1,2 | 0,35 | 0,29 | 0,25 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,33 | 0,28 | 0,25 | | | |
| | | 1,5 | 0,42 | 0,37 | 0,33 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | | | |
| | | 2 | 0,52 | 0,47 | 0,44 | 0,51 | 0,47 | 0,44 | 0,50 | 0,47 | 0,44 | | | |

Tabla IV.2.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Directa.


| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_r = 0,7$ | | | $\rho_r = 0,5$ | | | $\rho_r = 0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_r = 0,5$ | $\rho_r = 0,3$ | $\rho_r = 0,1$ | $\rho_r = 0,5$ | $\rho_r = 0,3$ | $\rho_r = 0,1$ | $\rho_r = 0,5$ | $\rho_r = 0,3$ | $\rho_r = 0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
|  | 20 ↑ 88 ↓ 68 | 1 | 0,27 | 0,21 | 0,17 | 0,25 | 0,20 | 0,16 | 0,23 | 0,19 | 0,15 | | | |
| | | 1,2 | 0,32 | 0,26 | 0,21 | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 0,27 | 0,23 | 0,19 | | | |
| | | 1,5 | 0,38 | 0,32 | 0,27 | 0,35 | 0,30 | 0,26 | 0,33 | 0,28 | 0,24 | | | |
| | | 2 | 0,46 | 0,40 | 0,35 | 0,43 | 0,37 | 0,33 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | | | |
| | | 2,5 | 0,51 | 0,45 | 0,41 | 0,47 | 0,43 | 0,39 | 0,44 | 0,40 | 0,36 | | | |
| | | 3 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,51 | 0,47 | 0,43 | 0,47 | 0,44 | 0,40 | | | |
| | | 4 | 0,60 | 0,56 | 0,52 | 0,56 | 0,52 | 0,49 | 0,52 | 0,49 | 0,46 | | | |
| | | 5 | 0,64 | 0,60 | 0,56 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,56 | 0,53 | 0,50 | | | |
| | | 6 | 0,66 | 0,63 | 0,59 | 0,62 | 0,59 | 0,56 | 0,58 | 0,56 | 0,53 | | | |
| | | 8 | 0,70 | 0,67 | 0,64 | 0,66 | 0,63 | 0,61 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | | | |
| 10 | 0,72 | 0,69 | 0,67 | 0,68 | 0,65 | 0,63 | 0,64 | 0,62 | 0,60 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,29 | 0,23 | 0,19 | 0,27 | 0,22 | 0,18 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | | | |
| | | 1,2 | 0,34 | 0,28 | 0,24 | 0,32 | 0,27 | 0,23 | 0,30 | 0,25 | 0,22 | | | |
| | | 1,5 | 0,41 | 0,36 | 0,31 | 0,39 | 0,34 | 0,30 | 0,36 | 0,32 | 0,28 | | | |
| | | 2 | 0,51 | 0,46 | 0,42 | 0,48 | 0,43 | 0,40 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | | | |
| | | | | | | | | | | | | 1,25 | 1,40 | × |
| | | | | | | | | | | | | 1,45 | 1,80 | |
| | | | | | | | | | | | | × | × | × |

Tabla IV.3.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Semi-directa.


| Aparato de alumbrado | | Índice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_P=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_P=0,1$ | $\rho_P=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_P=0,1$ | $\rho_P=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_P=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
|  | 35 ↑ 79 ↓ 44 | 1 | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,18 | 0,13 | 0,10 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | | | |
| | | 1,2 | 0,24 | 0,18 | 0,15 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | 0,11 | | | |
| | | 1,5 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | 0,24 | 0,20 | 0,16 | 0,21 | 0,17 | 0,14 | | | |
| | | 2 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | | | |
| | | 2,5 | 0,39 | 0,33 | 0,29 | 0,33 | 0,29 | 0,25 | 0,28 | 0,25 | 0,22 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,42 | 0,37 | 0,32 | 0,36 | 0,32 | 0,28 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 1,25 | 1,40 | x |
| | | 4 | 0,46 | 0,42 | 0,38 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,34 | 0,31 | 0,29 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,50 | 0,45 | 0,42 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,37 | 0,34 | 0,32 | 1,45 | 1,80 | x |
| | | 6 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,45 | 0,42 | 0,39 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | Ensuciamiento alto | | |
| | | 8 | 0,55 | 0,52 | 0,49 | 0,48 | 0,45 | 0,43 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | x | x | x |
| 10 | 0,57 | 0,54 | 0,51 | 0,50 | 0,48 | 0,46 | 0,43 | 0,41 | 0,40 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,21 | 0,16 | 0,12 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,15 | 0,12 | 0,09 | | | |
| | | 1,2 | 0,25 | 0,19 | 0,16 | 0,21 | 0,17 | 0,14 | 0,18 | 0,14 | 0,12 | | | |
| | | 1,5 | 0,30 | 0,24 | 0,20 | 0,26 | 0,21 | 0,18 | 0,22 | 0,18 | 0,15 | | | |
| | | 2 | 0,36 | 0,31 | 0,27 | 0,32 | 0,27 | 0,24 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | | | |

Tabla IV.4.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Difusa.

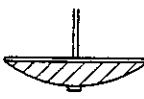
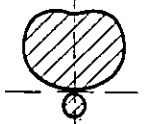
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
|   | 69 ↑ 89 ↓ 20 | 1 | 0,24 | 0,19 | 0,15 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | | | |
| | | 1,2 | 0,28 | 0,22 | 0,19 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | | | |
| | | 1,5 | 0,33 | 0,28 | 0,24 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | | | |
| | | 2 | 0,39 | 0,34 | 0,31 | 0,31 | 0,27 | 0,25 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | | | |
| | | 2,5 | 0,44 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,47 | 0,43 | 0,39 | 0,37 | 0,34 | 0,31 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 1,35 | 1,55 | x |
| | | 4 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | 0,40 | 0,38 | 0,36 | 0,30 | 0,28 | 0,27 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,54 | 0,51 | 0,49 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | 0,32 | 0,30 | 0,29 | 1,65 | 2,15 | x |
| | | 6 | 0,56 | 0,54 | 0,51 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | Ensuciamiento alto | | |
| | | 8 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,47 | 0,45 | 0,44 | 0,35 | 0,34 | 0,33 | x | x | x |
| 10 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,48 | 0,47 | 0,46 | 0,36 | 0,35 | 0,34 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,24 | 0,19 | 0,16 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | | | |
| | | 1,2 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,22 | 0,19 | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,12 | | | |
| | | 1,5 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,20 | 0,18 | 0,16 | | | |
| | | 2 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | | | |

Tabla IV.5.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Semi-indirecta.

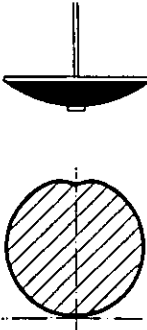
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|--|---|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0.7$ | | | $\rho_T=0.5$ | | | $\rho_T=0.3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_p=0.5$ | $\rho_p=0.3$ | $\rho_p=0.1$ | $\rho_p=0.5$ | $\rho_p=0.3$ | $\rho_p=0.1$ | $\rho_p=0.5$ | $\rho_p=0.3$ | $\rho_p=0.1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
|  | 80 \uparrow 80 \downarrow 0 | 1 | 0,19 | 0,15 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | | | |
| | | 1,2 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | | | |
| | | 1,5 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | | | |
| | | 2 | 0,32 | 0,28 | 0,25 | 0,22 | 0,20 | 0,18 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | | | |
| | | 2,5 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | 0,25 | 0,22 | 0,21 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | Ensuciamiento bajo 1,35 1,55 × | | |
| | | 3 | 0,38 | 0,35 | 0,32 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | | | |
| | | 4 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | 0,30 | 0,28 | 0,26 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | Ensuc. normal 1,65 2,15 × | | |
| | | 5 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | 0,31 | 0,30 | 0,28 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | | | |
| | | 6 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | 0,33 | 0,31 | 0,30 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | Ensuciamiento alto × × × | | |
| | | 8 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,34 | 0,33 | 0,32 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | | | |
| 10 | 0,50 | 0,49 | 0,47 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | | | |
| | | 1,2 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | | | |
| | | 1,5 | 0,28 | 0,24 | 0,20 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | | | |
| | | 2 | 0,33 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | 0,19 | 0,14 | 0,13 | 0,11 | | | |

Tabla IV.6.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Indirecta con Armaduras.

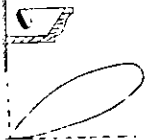
| LAMPARAS INCANDESCENTES | | | FACTOR DE UTILIZACION. NUEVA CONDICION | | | | | | | | | Factor de depreciación con limpieza cada | | | | |
|---|-------------------|------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|---|--------------------|------|--|
| TIPO DE ARMADURA | v % | k | 0.7 | | | 0.5 | | | 0.3 | | | 1/2 año | | 1 año | | |
| | | | r _w | r _p | r _w | r _p | r _w | r _p | r _w | r _p | d ₁ | d ₂ | | | | |
| INDIRECTO Cornisas con lámparas Cornalux  | 85 ↑ 85 ↓ 0 | 1 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | | | | | |
| | | 1,2 | 0,20 | 0,16 | 0,13 | 0,13 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | | | | | |
| | | 1,5 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | | | | | |
| | | 2 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | | | | | |
| | | 2,5 | 0,31 | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | | | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,33 | 0,30 | 0,27 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | | | 1,20 | 1,35 | |
| | | 4 | 0,36 | 0,33 | 0,31 | 0,25 | 0,22 | 0,21 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | | | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,39 | 0,36 | 0,33 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | | | x | x | |
| | | 6 | 0,40 | 0,38 | 0,35 | 0,27 | 0,26 | 0,24 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | | | | | |
| | | 8 | 0,42 | 0,40 | 0,38 | 0,29 | 0,28 | 0,26 | 0,16 | 0,16 | 0,15 | | | Ensuciamiento alto | | |
| 10 | 0,44 | 0,42 | 0,40 | 0,30 | 0,29 | 0,27 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | | | x | x | | | |

Tabla IV.7.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Incandescentes. Iluminación Indirecta en Cornisas.

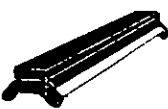
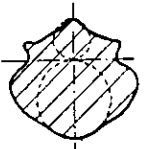
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | | | | | | |
|---|---------------|---|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|--------|--------|--|------|--|--|--|
| Tipo | Rend. r, A | | $p_f = 0.7$ | | | $p_f = 0.5$ | | | $p_f = 0.3$ | | | Limpieza cada | | | | | | | |
| | | | $p_R = 0.5$ | $p_R = 0.3$ | $p_R = 0.1$ | $p_R = 0.5$ | $p_R = 0.3$ | $p_R = 0.1$ | $p_R = 0.5$ | $p_R = 0.3$ | $p_R = 0.1$ | 1 año | 2 años | 3 años | | | | | |
| Lámpara fluorescente en regleta de montaje  33 ↑ 93 ↓ 60  | | 1 | 0,27 | 0,20 | 0,16 | 0,24 | 0,18 | 0,15 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | | | | | | | | |
| | | 1,2 | 0,31 | 0,25 | 0,20 | 0,28 | 0,22 | 0,18 | 0,25 | 0,20 | 0,16 | | | | | | | | |
| | | 1,5 | 0,37 | 0,31 | 0,26 | 0,33 | 0,28 | 0,23 | 0,29 | 0,25 | 0,21 | | | | | | | | |
| | | 2 | 0,45 | 0,39 | 0,34 | 0,40 | 0,35 | 0,31 | 0,35 | 0,31 | 0,28 | | | | | | | | |
| | | 2,5 | 0,50 | 0,44 | 0,39 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | 0,40 | 0,36 | 0,32 | | | | Ensuciamiento bajo 1,25 1,40 1,55 | | | | |
| | | 3 | 0,54 | 0,48 | 0,44 | 0,48 | 0,44 | 0,40 | 0,43 | 0,39 | 0,36 | | | | | | | | |
| | | 4 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | 0,48 | 0,44 | 0,41 | | | | Ensuc normal 1,45 1,80 2,05 | | | | |
| | | 5 | 0,63 | 0,59 | 0,55 | 0,57 | 0,53 | 0,50 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | | | | | | | | |
| | | 6 | 0,66 | 0,62 | 0,59 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | | | | Ensuciamiento alto x x x | | | | |
| | | 8 | 0,70 | 0,66 | 0,63 | 0,63 | 0,60 | 0,58 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | | | | | | | | |
| | | 10 | 0,72 | 0,69 | 0,66 | 0,65 | 0,63 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | | | | | | | | |
| | | 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 0,38 | 0,22 | 0,17 | 0,25 | 0,20 | 0,16 | 0,22 | | | | 0,18 | 0,14 | | | |
| | | 1,2 | 0,33 | 0,27 | 0,22 | 0,29 | 0,24 | 0,20 | 0,26 | 0,22 | 0,18 | | | | | | | | |
| | | 1,5 | 0,40 | 0,34 | 0,29 | 0,36 | 0,30 | 0,27 | 0,32 | 0,28 | 0,24 | | | | | | | | |
| | | 2 | 0,49 | 0,43 | 0,38 | 0,44 | 0,39 | 0,35 | 0,39 | 0,36 | 0,32 | | | | | | | | |

Tabla IV.8.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Lámpara Fluorescente Normal en Regleta de Montaje.

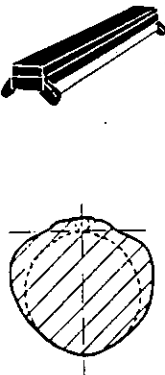
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|--|-------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
| "TL" F en regleta de montaje  | 16 97 81 | 1 | 0,30 | 0,24 | 0,19 | 0,29 | 0,23 | 0,18 | 0,27 | 0,21 | 0,17 | | | |
| | | 1,2 | 0,36 | 0,29 | 0,24 | 0,34 | 0,27 | 0,23 | 0,31 | 0,26 | 0,22 | | | |
| | | 1,5 | 0,42 | 0,35 | 0,30 | 0,40 | 0,34 | 0,29 | 0,37 | 0,32 | 0,28 | | | |
| | | 2 | 0,51 | 0,45 | 0,39 | 0,48 | 0,42 | 0,38 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | | | |
| | | 2,5 | 0,57 | 0,51 | 0,45 | 0,54 | 0,48 | 0,44 | 0,51 | 0,46 | 0,42 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,61 | 0,55 | 0,50 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | x | x | x |
| | | 4 | 0,67 | 0,62 | 0,57 | 0,64 | 0,59 | 0,55 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,71 | 0,66 | 0,62 | 0,67 | 0,63 | 0,60 | 0,64 | 0,60 | 0,57 | 1,35 | 1,55 | 1,75 |
| | | 6 | 0,74 | 0,70 | 0,66 | 0,70 | 0,67 | 0,63 | 0,67 | 0,64 | 0,61 | | | |
| | | 8 | 0,78 | 0,74 | 0,71 | 0,74 | 0,71 | 0,68 | 0,70 | 0,68 | 0,65 | Ensuciamiento alto | | |
| 10 | 0,80 | 0,77 | 0,74 | 0,77 | 0,74 | 0,71 | 0,73 | 0,71 | 0,69 | 1,65 | 2,15 | 2,50 | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,32 | 0,26 | 0,21 | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,29 | 0,23 | 0,20 | | | |
| | | 1,2 | 0,38 | 0,32 | 0,27 | 0,36 | 0,30 | 0,26 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | | | |
| | | 1,5 | 0,46 | 0,40 | 0,35 | 0,44 | 0,38 | 0,34 | 0,42 | 0,37 | 0,33 | | | |
| | | 2 | 0,57 | 0,51 | 0,47 | 0,54 | 0,49 | 0,45 | 0,51 | 0,47 | 0,43 | | | |

Tabla IV.9.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Lámpara Fluorescente de Flujo Dirigido en Regleta de Montaje.

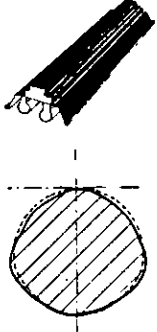
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_A=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_B=0,1$ | $\rho_A=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_B=0,1$ | $\rho_A=0,5$ | $\rho_P=0,3$ | $\rho_B=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
| DIRECTO Armadura de artesa con lámparas fluorescentes  | 0 ↑ 82 ↓ 82 | 1 | 0,29 | 0,24 | 0,20 | 0,29 | 0,23 | 0,20 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | | | |
| | | 1,2 | 0,35 | 0,29 | 0,25 | 0,34 | 0,28 | 0,25 | 0,33 | 0,28 | 0,24 | | | |
| | | 1,5 | 0,41 | 0,36 | 0,31 | 0,41 | 0,35 | 0,31* | 0,40 | 0,35 | 0,31 | | | |
| | | 2 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,49 | 0,44 | 0,41 | 0,48 | 0,44 | 0,41 | | | |
| | | 2,5 | 0,55 | 0,50 | 0,47 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | 0,53 | 0,50 | 0,46 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,59 | 0,55 | 0,51 | 0,58 | 0,54 | 0,51 | 0,58 | 0,54 | 0,51 | x | x | x |
| | | 4 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,64 | 0,60 | 0,58 | 0,63 | 0,60 | 0,57 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,68 | 0,65 | 0,62 | 0,67 | 0,64 | 0,62 | 0,66 | 0,64 | 0,62 | 1,40 | 1,70 | 1,90 |
| | | 6 | 0,70 | 0,67 | 0,65 | 0,69 | 0,67 | 0,65 | 0,69 | 0,67 | 0,65 | | | |
| | | 8 | 0,73 | 0,71 | 0,69 | 0,72 | 0,71 | 0,69 | 0,72 | 0,70 | 0,69 | Ensuciamiento alto | | |
| 10 | 0,75 | 0,73 | 0,71 | 0,74 | 0,73 | 0,71 | 0,74 | 0,72 | 0,71 | 1,85 | 2,55 | 3,10 | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,32 | 0,26 | 0,22 | 0,31 | 0,26 | 0,22 | 0,30 | 0,26 | 0,22 | | | |
| | | 1,2 | 0,38 | 0,33 | 0,29 | 0,37 | 0,32 | 0,29 | 0,37 | 0,32 | 0,29 | | | |
| | | 1,5 | 0,46 | 0,41 | 0,38 | 0,46 | 0,41 | 0,38 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | | | |
| | | 2 | 0,57 | 0,53 | 0,50 | 0,57 | 0,53 | 0,50 | 0,56 | 0,53 | 0,50 | | | |

Tabla IV.10.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior.
Lámparas Fluorescentes. Iluminación Directa con Armadura Sencilla.

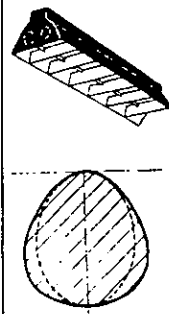
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
| DIRECTO con celosías  | 0 ↑ 60 ↓ 60 | 1 | 0,24 | 0,21 | 0,18 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | | | |
| | | 1,2 | 0,29 | 0,25 | 0,22 | 0,28 | 0,24 | 0,22 | 0,28 | 0,24 | 0,22 | | | |
| | | 1,5 | 0,34 | 0,30 | 0,27 | 0,33 | 0,30 | 0,27 | 0,33 | 0,29 | 0,27 | | | |
| | | 2 | 0,40 | 0,37 | 0,34 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | | | |
| | | 2,5 | 0,43 | 0,40 | 0,38 | 0,43 | 0,40 | 0,38 | 0,42 | 0,40 | 0,38 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,46 | 0,43 | 0,41 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 1,30 | 1,45 | 1,65 |
| | | 4 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,48 | 0,46 | 0,45 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,51 | 0,49 | 0,48 | 0,51 | 0,49 | 0,47 | 0,50 | 0,49 | 0,47 | 1,55 | 1,90 | 2,15 |
| | | 6 | 0,53 | 0,51 | 0,49 | 0,52 | 0,51 | 0,49 | 0,52 | 0,50 | 0,49 | Ensuciamiento alto | | |
| | | 8 | 0,54 | 0,53 | 0,52 | 0,54 | 0,53 | 0,52 | 0,54 | 0,53 | 0,52 | x | x | x |
| 10 | 0,56 | 0,54 | 0,53 | 0,55 | 0,54 | 0,53 | 0,55 | 0,54 | 0,53 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,27 | 0,23 | 0,21 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | | | |
| | | 1,2 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | 0,32 | 0,28 | 0,26 | 0,31 | 0,28 | 0,26 | | | |
| | | 1,5 | 0,39 | 0,36 | 0,33 | 0,38 | 0,35 | 0,33 | 0,38 | 0,35 | 0,33 | | | |
| | | 2 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | 0,45 | 0,44 | 0,42 | | | |

Tabla IV.11.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Iluminación Directa con Armadura de Celosías.


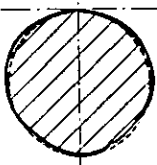
| Aparato de alumbrado | | Índice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | | |
|--|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|--------|--------|--|
| Tipo | Rend. η_A | | $\rho_T=0.7$ | | | $\rho_T=0.5$ | | | $\rho_T=0.3$ | | | Limpieza cada | | | |
| | | | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | $\rho_R=0.5$ | $\rho_R=0.3$ | $\rho_R=0.1$ | 1 año | 2 años | 3 años | |
| DIRECTO con pantalla de metacrilato   | 0,5 ↑ 65 ↓ 64,5 | 1 | 0,24 | 0,19 | 0,16 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | Ensayamiento bajo 1,30 1,45 1,65 Ensayo normal 1,55 1,90 2,15 Ensayamiento alto x x x | | | |
| | | 1,2 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | | | | |
| | | 1,5 | 0,33 | 0,29 | 0,25 | 0,32 | 0,29 | 0,25 | 0,32 | 0,28 | 0,25 | | | | |
| | | 2 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,38 | 0,35 | 0,32 | | | | |
| | | 2,5 | 0,44 | 0,40 | 0,37 | 0,43 | 0,40 | 0,37 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | | | | |
| | | 3 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,46 | 0,43 | 0,40 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | | | | |
| | | 4 | 0,51 | 0,48 | 0,45 | 0,50 | 0,47 | 0,45 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | | | | |
| | | 5 | 0,53 | 0,51 | 0,48 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,52 | 0,50 | 0,48 | | | | |
| | | 6 | 0,55 | 0,53 | 0,51 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | | | | |
| | | 8 | 0,57 | 0,55 | 0,54 | 0,57 | 0,55 | 0,54 | 0,56 | 0,55 | 0,53 | | | | |
| 10 | 0,59 | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 0,57 | 0,55 | 0,58 | 0,56 | 0,55 | | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,26 | 0,22 | 0,19 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | | | | |
| | | 1,2 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 0,30 | 0,26 | 0,24 | 0,30 | 0,26 | 0,24 | | | | |
| | | 1,5 | 0,37 | 0,34 | 0,31 | 0,37 | 0,33 | 0,31 | 0,36 | 0,33 | 0,31 | | | | |
| | | 2 | 0,46 | 0,42 | 0,40 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | 0,44 | 0,42 | 0,40 | | | | |

Tabla IV.12.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Iluminación Directa con Armadura de Pantalla Difusora.

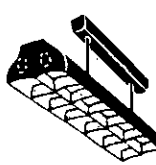
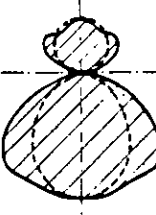
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|--|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|--------|--------|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_A=0,5$ | $\rho_A=0,3$ | $\rho_A=0,1$ | $\rho_A=0,5$ | $\rho_A=0,3$ | $\rho_A=0,1$ | $\rho_A=0,5$ | $\rho_A=0,3$ | $\rho_A=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
| SEMIDIRECTO Armadura de artesa con hendidura   | 25 ↓ 88 ↓ 63 | 1 | 0,28 | 0,22 | 0,18 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | | | |
| | | 1,2 | 0,33 | 0,27 | 0,23 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | | | |
| | | 1,5 | 0,39 | 0,33 | 0,29 | 0,36 | 0,31 | 0,27 | 0,33 | 0,28 | 0,25 | | | |
| | | 2 | 0,47 | 0,42 | 0,37 | 0,43 | 0,39 | 0,35 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | | | |
| | | 2,5 | 0,53 | 0,47 | 0,43 | 0,48 | 0,44 | 0,41 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,56 | 0,51 | 0,48 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,48 | 0,44 | 0,42 | x | x | x |
| | | 4 | 0,61 | 0,57 | 0,54 | 0,57 | 0,53 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,47 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,65 | 0,61 | 0,58 | 0,60 | 0,57 | 0,55 | 0,55 | 0,53 | 0,51 | 1,40 | 1,70 | 1,90 |
| | | 6 | 0,67 | 0,64 | 0,61 | 0,62 | 0,60 | 0,57 | 0,58 | 0,55 | 0,54 | | | |
| | | 8 | 0,70 | 0,68 | 0,65 | 0,65 | 0,63 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,57 | Ensuciamiento alto | | |
| 10 | 0,72 | 0,70 | 0,68 | 0,67 | 0,65 | 0,64 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 1,85 | 2,55 | 3,10 | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,29 | 0,24 | 0,20 | 0,27 | 0,22 | 0,19 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | | | |
| | | 1,2 | 0,35 | 0,29 | 0,25 | 0,32 | 0,27 | 0,24 | 0,30 | 0,26 | 0,23 | | | |
| | | 1,5 | 0,42 | 0,37 | 0,33 | 0,39 | 0,35 | 0,31 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | | | |
| | | 2 | 0,52 | 0,48 | 0,44 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | | | |

Tabla IV.13.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior.
Lámparas Fluorescentes. Iluminación Semi-directa con Armadura de Celosías.

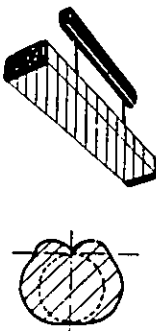
| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | | |
|---|--|--------------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|--------------------|--------|------|
| Tipo | Rend. η A | | $p_T=0,7$ | | | $p_T=0,5$ | | | $p_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | | |
| | | | $p_p=0,5$ | $p_p=0,3$ | $p_p=0,1$ | $p_p=0,5$ | $p_p=0,3$ | $p_p=0,1$ | $p_p=0,5$ | $p_p=0,3$ | $p_p=0,1$ | año | 2 años | 3 años | |
| SEMIDIRECTO con pantalla de metacrilato |  | 14 ↑ 66 ↓ 52 | 1 | 0,20 | 0,15 | 0,12 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,17 | 0,13 | 0,11 | | | |
| | | | 1,2 | 0,23 | 0,18 | 0,15 | 0,21 | 0,17 | 0,14 | 0,20 | 0,16 | 0,13 | | | |
| | | | 1,5 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | 0,26 | 0,21 | 0,18 | 0,24 | 0,20 | 0,17 | | | |
| | | | 2 | 0,34 | 0,29 | 0,25 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 0,29 | 0,25 | 0,23 | | | |
| | | | 2,5 | 0,37 | 0,33 | 0,29 | 0,35 | 0,31 | 0,28 | 0,32 | 0,29 | 0,26 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | | 3 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | 1,30 | 1,45 | 1,65 |
| | | | 4 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | 0,42 | 0,38 | 0,36 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | Ensuc. normal | | |
| | | | 5 | 0,47 | 0,44 | 0,41 | 0,44 | 0,41 | 0,39 | 0,41 | 0,39 | 0,37 | 1,55 | 1,90 | 2,15 |
| | | | 6 | 0,49 | 0,46 | 0,43 | 0,46 | 0,44 | 0,41 | 0,43 | 0,41 | 0,39 | Ensuciamiento alto | | |
| | | | 8 | 0,52 | 0,49 | 0,47 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,46 | 0,44 | 0,42 | x | x | x |
| 10 | 0,53 | 0,51 | 0,49 | 0,50 | 0,49 | 0,47 | 0,47 | 0,46 | 0,44 | | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 0,21 | 0,16 | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,18 | 0,14 | 0,12 | | | |
| | | | 1,2 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | | | |
| | | | 1,5 | 0,30 | 0,25 | 0,22 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | 0,26 | 0,23 | 0,20 | | | |
| | | | 2 | 0,37 | 0,33 | 0,30 | 0,35 | 0,31 | 0,28 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | | | |

Tabla IV.14.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Iluminación Semi-directa con Armadura de Pantalla Difusora.

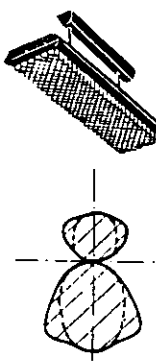
| Aparato de alumbrado | | Índice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | | | | |
|---|--------------------------|---|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|--------------------------|--------|------|------|--|--|
| Tipo | Rend. η A | | $p_T=0,7$ | | | $p_T=0,5$ | | | $p_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | | | | |
| | | $p_R=0,5$ | $p_R=0,3$ | $p_R=0,1$ | $p_R=0,5$ | $p_R=0,3$ | $p_R=0,1$ | $p_R=0,5$ | $p_R=0,3$ | $p_R=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años | | | | |
| SEMIDIRECTO con celosía  | 24 ↑ 76 ↓ 52 | 1 | 0,25 | 0,20 | 0,17 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,21 | 0,17 | 0,15 | | | | | | |
| | | 1,2 | 0,30 | 0,25 | 0,21 | 0,27 | 0,23 | 0,20 | 0,25 | 0,21 | 0,19 | | | | | | |
| | | 1,5 | 0,35 | 0,30 | 0,27 | 0,32 | 0,28 | 0,25 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | | | | | | |
| | | 2 | 0,42 | 0,38 | 0,34 | 0,39 | 0,35 | 0,32 | 0,35 | 0,32 | 0,30 | | | | | | |
| | | 2,5 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,43 | 0,39 | 0,36 | 0,39 | 0,36 | 0,34 | Ensuciamiento bajo | 1,30 | 1,50 | 1,70 | | |
| | | 3 | 0,49 | 0,46 | 0,43 | 0,45 | 0,42 | 0,40 | 0,42 | 0,39 | 0,37 | | | | | | |
| | | 4 | 0,54 | 0,50 | 0,48 | 0,49 | 0,47 | 0,44 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | Ensuc. normal | 1,60 | 2,00 | 2,30 | | |
| | | 5 | 0,56 | 0,53 | 0,51 | 0,52 | 0,50 | 0,48 | 0,48 | 0,46 | 0,44 | | | | | | |
| | | 6 | 0,58 | 0,56 | 0,53 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,49 | 0,48 | 0,46 | Ensuciamiento alto | x | x | x | | |
| | | 8 | 0,61 | 0,59 | 0,57 | 0,56 | 0,54 | 0,53 | 0,51 | 0,50 | 0,49 | | | | | | |
| | | 10 | 0,62 | 0,60 | 0,59 | 0,57 | 0,56 | 0,55 | 0,53 | 0,52 | 0,51 | | | | | | |
| | | 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,27 | 0,22 | 0,19 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,23 | 0,19 | 0,17 | | | | | | |
| | | 1,2 | 0,32 | 0,27 | 0,24 | 0,29 | 0,26 | 0,23 | 0,27 | 0,24 | 0,21 | | | | | | |
| 1,5 | 0,39 | 0,34 | 0,31 | 0,36 | 0,32 | 0,29 | 0,33 | 0,30 | 0,28 | | | | | | | | |
| 2 | 0,47 | 0,43 | 0,40 | 0,43 | 0,38 | 0,40 | 0,40 | 0,38 | 0,36 | | | | | | | | |

Tabla IV.15.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Iluminación Semi-directa con Armadura de Rejilla.

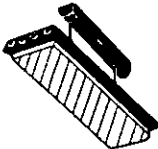

| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|---|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|--------|--------|
| Tipo | Rend. % A | | $\rho_T = 0,7$ | | | $\rho_T = 0,5$ | | | $\rho_T = 0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | | $\rho_R = 0,5$ | $\rho_R = 0,3$ | $\rho_R = 0,1$ | $\rho_R = 0,5$ | $\rho_R = 0,3$ | $\rho_R = 0,1$ | $\rho_R = 0,5$ | $\rho_R = 0,3$ | $\rho_R = 0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años |
| SEMI-INDIRECTO con celosía |  51 ↑ 85 ↓ 34  | 1 | 0,24 | 0,19 | 0,15 | 0,20 | 0,16 | 0,13 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | | | |
| | | 1,2 | 0,28 | 0,23 | 0,19 | 0,23 | 0,19 | 0,16 | 0,19 | 0,16 | 0,13 | | | |
| | | 1,5 | 0,33 | 0,28 | 0,24 | 0,28 | 0,23 | 0,20 | 0,22 | 0,19 | 0,17 | | | |
| | | 2 | 0,40 | 0,35 | 0,31 | 0,33 | 0,29 | 0,26 | 0,27 | 0,24 | 0,22 | | | |
| | | 2,5 | 0,44 | 0,39 | 0,35 | 0,37 | 0,33 | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,25 | Ensuciamiento bajo 1,40 1,65 1,85 | | |
| | | 3 | 0,47 | 0,43 | 0,39 | 0,40 | 0,36 | 0,33 | 0,32 | 0,30 | 0,28 | | | |
| | | 4 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | 0,36 | 0,33 | 0,31 | Ensuc. normal 1,70 2,25 2,65 | | |
| | | 5 | 0,55 | 0,51 | 0,48 | 0,46 | 0,44 | 0,41 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | | | |
| | | 6 | 0,57 | 0,54 | 0,51 | 0,48 | 0,46 | 0,44 | 0,39 | 0,38 | 0,36 | Ensuciamiento alto x x x | | |
| | | 8 | 0,60 | 0,57 | 0,55 | 0,51 | 0,49 | 0,47 | 0,41 | 0,40 | 0,39 | | | |
| 10 | 0,62 | 0,59 | 0,57 | 0,52 | 0,51 | 0,49 | 0,43 | 0,42 | 0,41 | | | | | |
| 1 aparato de alumbrado en el centro del local | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 0,25 | 0,20 | 0,16 | 0,21 | 0,17 | 0,14 | 0,17 | 0,14 | 0,12 | | | |
| | | 1,2 | 0,29 | 0,24 | 0,20 | 0,25 | 0,21 | 0,18 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | | | |
| | | 1,5 | 0,35 | 0,30 | 0,26 | 0,29 | 0,25 | 0,23 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | | | |
| | | 2 | 0,42 | 0,37 | 0,34 | 0,35 | 0,32 | 0,29 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | | | |

Tabla IV.16.- Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior. Lámparas Fluorescentes. Iluminación Semi-indirecta con Armadura de Pantalla Difusora.



| Aparato de alumbrado | | Indice del local K | Factores de utilización | | | | | | | | | Factores de depreciación | | |
|---|-------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------------------------|--------|--|
| Tipo | Rend. η A | | $\rho_T=0,7$ | | | $\rho_T=0,5$ | | | $\rho_T=0,3$ | | | Limpieza cada | | |
| | | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | $\rho_R=0,5$ | $\rho_R=0,3$ | $\rho_R=0,1$ | 1 año | 2 años | 3 años | |
| INDIRECTO Cornisa con lámparas fluorescentes   | 70 ↑ 70 ↓ 0 | 1 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | | | |
| | | 1,2 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | | | |
| | | 1,5 | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | | | |
| | | 2 | 0,20 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | | | |
| | | 2,5 | 0,21 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | Ensuciamiento bajo | | |
| | | 3 | 0,23 | 0,21 | 0,18 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 1,25 | 1,45 | |
| | | 4 | 0,25 | 0,23 | 0,21 | 0,17 | 0,15 | 0,14 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | Ensuc. normal | | |
| | | 5 | 0,27 | 0,25 | 0,23 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | x | x | |
| | | 6 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | Ensuciamiento alto | | |
| | | 8 | 0,29 | 0,27 | 0,25 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | x | x | |
| 10 | 0,31 | 0,28 | 0,27 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | | | | | |

Tabla IV.17.-Cálculo de Proyectos de Iluminación Interior.
Lámparas Fluorescentes. Iluminación Indirecta con Cornisas.

IV.8.- Proyecto de Iluminación General de una Nave Industrial.

Se va a iluminar la Nave Industrial representada en la Fig. IV.7. Se supone que se trata de un Taller Metalúrgico de Montaje para piezas grandes (Motores Diesel en específico), y los aparatos de alumbrado deben ir situados encima de la grúa corredera. Las características del local son las siguientes:

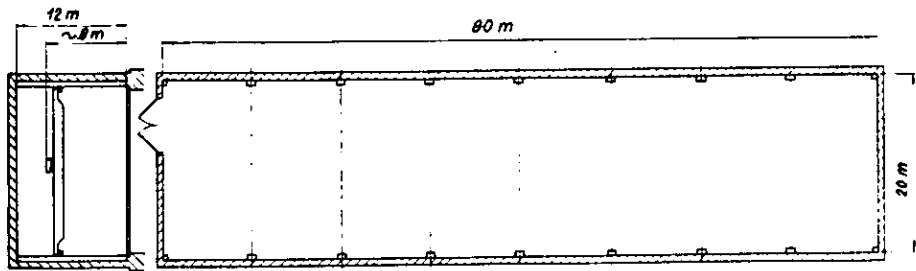


Fig. IV.7.- Proyecto de Iluminación General de una Nave Industrial.

| | |
|--------------------------|---------------------------|
| Longitud del local | = 80 metros. |
| Anchura del local | = 20 metros. |
| Altura del local | = 12 metros. |
| Altura máxima de la grúa | = 8 metros. |
| Color del techo | = Gris oscuro. |
| Color de las paredes | = Blanco. |
| Superficie del local | = 1 600 metros cuadrados. |

1.- *Determinación del nivel de iluminación.*- En las Tablas de niveles de iluminación para los Talleres de Montaje de piezas grandes (Industrias Metalúrgicas), se expresan los siguientes valores de iluminación general:

| | |
|-------------------------------|------------|
| Valor mínimo | = 150 lux. |
| Valor recomendado | = 200 lux. |
| Valor adoptado para el diseño | = 200 lux. |

2.- *Elección del tipo de lámpara.*- Según las Normas generales de proyecto, las lámparas más apropiadas son las de vapor de mercurio, de color corregido; ya que son manantiales luminosos unitarios muy potentes, lo que les hace idóneos para instalarlos en aparatos de alumbrado suspendidos a gran altura.

3.- *Elección del sistema de iluminación y de los aparatos de alumbrado.*- El sistema de iluminación directa es el más adecuado para locales industriales de gran altura, ya que no existe deslumbramiento y, además, es el sistema más económico de todos. El aparato de alumbrado que se adoptará es el reflector intensivo de aluminio anodizado, ya que se trata de un local con altura superior a los 10 metros.

4.- *Altura de suspensión de los aparatos de alumbrado.*- Se supondrá que el plano útil de trabajo está situado a un metro del suelo. Por lo tanto, se tiene:

$$h = H - 1 = 12 - 1 = 11 \text{ metros}$$

Se deb recordar que, debido a la existencia de la grúa puente , los aparatos de alumbrado deben instalarse por encima de los 8 metros, a partir del nivel del suelo ó, lo que es lo mismo, a una altura mínima de 7 metros sobre el plano de trabajo; se procurará además que se mantenga la relación:

$$(d) / (h) = \{ (4) / (6) \} (a) \{ (4) / (5) \}$$

haciendo, para mayor seguridad $d = 8$ metros.

5.- *Distribución de los aparatos de alumbrado.*- Para la separación entre los aparatos intensivos, la Norma a seguir es la siguiente:

$$e \text{ menor ó igual a } 0.9 d$$

ó sea que para este caso, por lo menos:

$$e = 0.9 d = (0.9) (8) = 7.2 \text{ metros}$$

y, para los aparatos extremos, la separación máxima a las paredes es:

$$e' = (e) / (2) = (7.2) / (2) = 3.6 \text{ metros.}$$

De acuerdo con los valores calculados, se distribuyen provisionalmente los aparatos de alumbrado, tal como está representado en la Fig. IV.8.

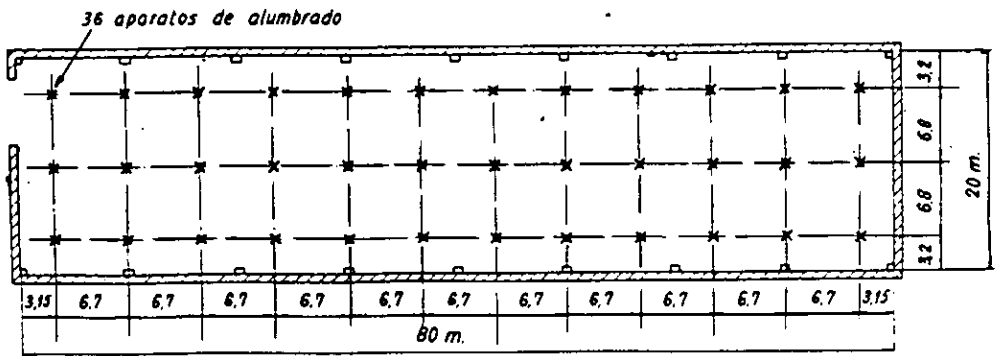


Fig. IV.8.- Proyecto de Iluminación General de una Nave Industrial.
Distribución Provisional de los Aparatos de Alumbrado.

6.- *Número mínimo de aparatos de alumbrado.*- Para el caso de iluminación directa:

$$n = \{ L + e - 2 e' \} / e = \{ 80 + 6.7 - (2) (3.15) \} / 6.7 = (80.4) / (6.7)$$

$$n = 12$$

$$n' = \{ A + e - 2 e' \} / e = \{ 20 + 6.8 - (2) (3.2) \} / 6.8 = (20.4) / (6.8)$$

$$n' = 3$$

$$N_{\text{mín}} = (12) (3) = 36 \text{ aparatos.}$$

7.- *Cálculo del flujo luminoso total.*- Índice del local:

$$K = \{ (2) (L) + (8) (A) \} / (10) (H) = \{ (2) (80) + (8) (20) \} / 80 = 4$$

Factores de reflexión:

$$\text{Techo} = 0.3$$

$$\text{Paredes} = 0.5$$

Factor de utilización:

$$u = 0.59$$

Factor de depreciación:

Se supone una limpieza cada dos años y ensuciamiento alto; en esas condiciones:

$$d = 2.15$$

Flujo teórico necesario:

$$\Phi' = \{ (E) (s) (d) \} / u = \{ (200) (1600) (2.15) \} / (0.59) = 1\ 160\ 000$$

$$\Phi' = 1\ 160\ 000 \text{ lúmenes.}$$

Flujo luminoso que han de proporcionar las lámparas, teniendo en cuenta que $n = 0.8$

A

$$\Phi = (\Phi') / (n) = (1\ 160\ 000) / (0.8) = 1\ 450\ 000 \text{ lúmenes.}$$

A

8.- *Distribución del número definitivo de aparatos de alumbrado.*-

Se necesita un flujo luminoso mínimo de 1 450 000 lúmenes, y 36 aparatos de alumbrado, también como mínimo. Por lo tanto, el número de lúmenes necesario por aparato será:

$$(1\ 450\ 000) / (36) = 40\ 200 \text{ lúmenes}$$

Las lámparas de vapor de mercurio más aproximadas son las siguientes:

Tipo HPL de 700 Watts => 36 000 lúmenes.

Tipo HPL de 1 000 Watts => 52 000 lúmenes.

Se tiene que elegir entre estos dos tipos de lámparas. Si la elección recae sobre la lámpara de 700 Watts, evidentemente se tendrá que aumentar el número de aparatos de alumbrado. Si se elige la lámpara de 1 000 Watts, el nivel de iluminación será bastante superior al recomendado, lo que parece indicar un gasto superfluo. Vamos a estudiar y analizar ambas soluciones:

Número mínimo de lámparas de 700 Watts que se necesitan:

$$(1\ 450\ 000) / (36\ 000) = 40 \text{ lámparas.}$$

que se distribuirán, tal como lo indica la Fig. IV.9, con un total de 42 lámparas.

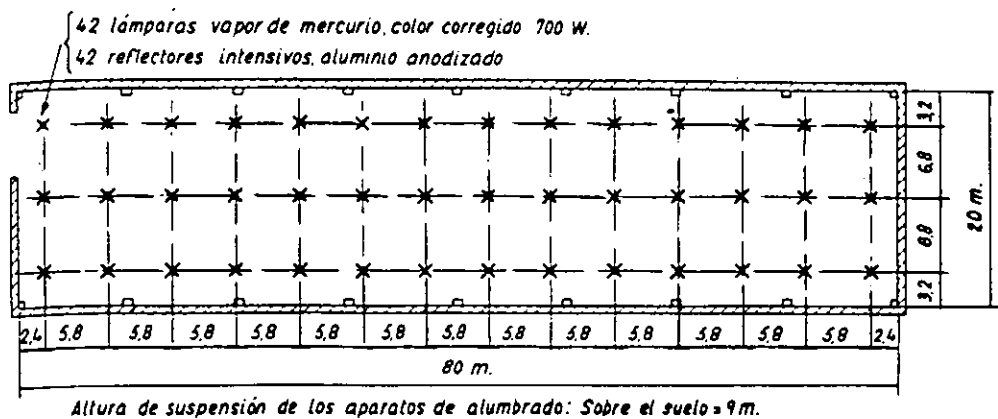


Fig. IV.9.- Proyecto de Iluminación General de una Nave Industrial. Distribución Definitiva de los Aparatos de Alumbrado.

La potencia instalada es, en este caso:

$$(42) (700) = 28\ 400 \text{ Watts.}$$

y el flujo luminoso:

$$(42) (36\ 000) = 151\ 200 \text{ lúmenes.}$$

Si se decide por la distribución primitiva de aparatos de alumbrado, se necesitarán 36 lámparas de 1 000 Watts, ó sea, una potencia instalada de:

$$(36) (1\ 000) = 36\ 000 \text{ Watts.}$$

y el flujo luminoso:

$$(36) (52\ 000) = 187\ 200 \text{ lúmenes.}$$

Por lo que; finalmente, se decide por aceptar la primera solución: 42 aparatos de alumbrado de 700 Watts, pues si bien se necesitan 6 aparatos más; resulta mucho más económica esta solución, porque la otra solución (la segunda), precisa de conductores de mayor sección (calibre) y, además, el costo de la energía eléctrica consumida es bastante mayor. Con la solución adoptada, el nivel de iluminación sobre el plano de trabajo es el siguiente:

$$E = \frac{\{ (\varnothing) (u) (n) \}}{A} / \{ (5) (d) \} = \{ (151\ 200) (0.59) (0.8) \} / (3\ 440)$$

$$E = 210 \text{ lux.}$$

CONCLUSIONES

Para el proyecto, cálculo y ejecución de una instalación eléctrica, independientemente del tipo y acabado de la misma debe tenerse en cuenta:

Las canalizaciones que encierran conductores eléctricos para conectar lámparas y contactos monofásicos, deben ser totalmente independientes de las canalizaciones que encierran conductores eléctricos para conectar motores (Sistema de Fuerza).

Por lo anterior, es evidente que hay necesidad de disponer de dos planos como mínimo; uno para el proyecto de alumbrado y contactos; y otro para el proyecto de fuerza.

La localización de motores, se hace por medio de pequeños círculos con un número dentro para su completa identificación, toda vez que por separado, en lugar visible y en forma ordenada con los números colocados en forma progresiva, se expresa claramente a qué motor ó máquina corresponden.

Así como en el plano de alumbrado y contactos se indica un cuadro de cargas, marcando el número total de circuitos derivados empleados; el tipo y capacidad de las lámparas por conectar; tipo y capacidad de los contactos, etcétera; en el plano correspondiente al proyecto de fuerza es obligado indicar un cuadro denominado: Cuadro de fuerza y protecciones.

Para dar el presupuesto de una instalación eléctrica industrial; por razones obvias se omiten algunos datos, sin embargo, puede tomarse como referencia lo siguiente para ser cobrado: El tendido de las líneas de alimentación, la colocación y conexión de interruptores, los centros de carga, tableros, motores, etcétera; además, debe tomarse en cuenta el grado de dificultad en el trabajo, lo cual puede ser consecuencia de la construcción del local ó bien del medio ambiente.

También se requiere no ahogar tuberías en pisos de baños y cocinas, y en general en lugares con humedad permanente, ni colocarlos cerca de fuentes de calor, a no ser que se trate de una construcción especial y se tenga el material y equipo ideal para tal fin. Procurar no hacer curvas en demasía; las que no puedan evitarse, deben ser hechas con el radio de curvatura correcto para no "chupar" los tubos, disminuyéndoles con ello su área interior.

En los extremos de los tubos cortados, es necesario quitarles con sumo cuidado la rebaba, para que al introducir los conductores eléctricos no se les dañe el aislamiento.

Cuando la longitud de las tuberías sea considerable, deben localizarse registros a corta distancia, para no someter a los conductores eléctricos a grandes esfuerzos de tensión mecánica, al introducirlos y desplazarlos dentro de ellas.

Para cuando se tienen salidas especiales de antena de televisión ó de frecuencia modulada, es imprescindible dejar tubería independiente para cada caso, y procurar que ésta tenga el mínimo de cruzamientos con las tuberías que alojan los conductores eléctricos del servicio general, para evitar interferencias que provocan generalmente imprecisión de imágen en la televisión y ruidos molestos en la frecuencia modulada, el diámetro de tubería para una salida especial de antena de televisión y frecuencia modulada es de 13 milímetros con una bayoneta (curva) en la parte que da al exterior (azotea), evitando así la entrada de agua en dicha tubería que rematará en una caja de conexión de 10 X 5 X 3.5 centímetros, llamada comúnmente "chalupa".

En los casos en que se cuenta con porteros eléctricos, también debe dejarse una tubería independiente, cuyo diámetro estará de acuerdo con el número de teléfonos de portero eléctrico conectados.

Caba hacer notar, que tanto en las tuberías para salidas especiales de antena, así como en las tuberías para porteros eléctricos, no es necesario indicar el número de conductores alojados, pero sí es recomendable que tengan las tuberías el diámetro suficiente para alambrar libremente, dar fácil mantenimiento en un momento dado ó poder aumentar el número de abonados.

BIBLIOGRAFÍA

“ PROTECCIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA E INTERRUPTORES ”.

Ravindranath y Chander.

Edit. LIMUSA.

“ INSTALACIONES ELÉCTRICAS PRÁCTICAS ”.

Diego Becerril.

Edit. I.P.N.

“ SISTEMAS DE ILUMINACIÓN. PROYECTOS DE ALUMBRADO ”.

José Ramírez Vázquez.

Edit. CEAC.

“ TRATADO DE ELECTRICIDAD. VOL. I y II ”.
CORRIENTE DIRECTA Y CORRIENTE ALTERNA.

Chester L. Dawes.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| JUSTIFICACIÓN | 1 |
| OBJETIVO GENERAL | 2 |
| OBJETIVOS PARTICULARES | 2 |
| CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN | 3 |
| | |
| CAPITULO II.- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN | 10 |
| II.1.- Introducción | 10 |
| II.2.- Definición de Instalación Eléctrica | 11 |
| II.3.- Elementos de una Conexión Eléctrica | 17 |
| II.4.- Objetivos de una Instalación Eléctrica | 19 |
| II.5.- Tipos de Instalación Eléctrica | 21 |
| II.6.- Códigos y Reglamentos | 23 |
| II.7.- Sistemas y equipos de Iluminación | 25 |
| II.7.1.- Clasificación de la Iluminación | 31 |
| II.7.2.- Reflectores | 37 |
| II.7.3.- Difusores | 38 |
| II.7.4.- Pantallas | 39 |
| II.7.5.- Refractores | 40 |

| | |
|--|----|
| II.8.- Métodos de Cálculo de Iluminación y Selecciones | |
| Básicas | 42 |
| II.8.1.- Método del Flujo Luminoso | 42 |
| II.8.2.- Método del Flujo Luminoso por Índice de Cuarto | 46 |
| II.8.3.- Método del Flujo Luminoso por Cavidad | |
| II.8.4.- Método del Punto por Punto en Superficies Horizontales | 55 |
| II.8.5.- Método de Watts por Metro Cuadrado | 56 |
| II.8.6.- Método de Luminancia | 58 |
| II.8.7.- Normas para el Cálculo | 59 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO III.- DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN | 65 |
| III.1.- Introducción | 65 |
| III.2.- Naturaleza y Causas de las Fallas | 66 |
| III.3.- Consecuencias de las Fallas | 68 |
| III.4.- Cualidades Esenciales de la Protección | 69 |
| III.4.1.- Confiabilidad | 69 |
| III.4.2.- Selectividad | 70 |
| III.4.3.- Rapidez de Operación | 70 |
| III.4.4.- Discriminación | 71 |
| III.5.- Principio Básico de Operación del Sistema de Protección | 72 |
| III.6.- Consideraciones Económicas | 73 |
| III.7.- Terminología Básica | 74 |
| III.8.- Protección Contra Sobrecorriente | 78 |
| III.8.1.- Generalidades | 78 |
| III.8.2.- Ubicación | 82 |
| III.8.3.- Cubiertas | 83 |
| III.8.4.- Desconexión y Resguardo | 84 |
| III.8.5.- Construcción e Identificación | 85 |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO IV.- DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA NAVES INDUSTRIALES | 88 |
| IV.1.- Cualidades que Debe Reunir una Buena | 88 |
| IV.2.- Normas para Realizar los Proyectos de Iluminación de Interiores | 90 |
| IV.3.- Determinación Nivel de Iluminación | 91 |
| IV.4.- Elección del Tipo de Lámpara | 112 |
| IV.5.- Elección del Sistema de Iluminación y de los Aparatos de Alumbrado | 114 |
| IV.6.- Cálculo del Flujo Luminoso Total | 117 |
| IV.7.- Tablas para el Cálculo de Proyectos de Alumbrado Interior | 126 |
| IV.8.- Proyecto de Iluminación General de una Nave Industrial | 145 |
| | |
| CONCLUSIONES | 154 |
| BIBLIOGRAFÍA | 157 |
| ÍNDICE | 158 |