76
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"CAMPUS ARAGON"

SISTEMAS DE ILUMINACION Y PROYECTOS DE ALUMBRADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A N :

MARCO A. TAPIA MONTES

FERNANDO PADILLA VILLADA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MÉXICO

269902

1999

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JUSTIFICACIÓN

A manera de justificación a este trabajo de tesis, se puede manejar lo siguiente:

Se pretende que los conceptos incluidos a lo largo de este trabajo, permitan clarificar y ayudar al potencial Ingeniero de Proyectos de Iluminación; que lea este trabajo; de cuáles son los requerimientos que se necesitan para la Instalación Eléctrica de Exteriores. Esto se desprende de la experiencia que los autores tienen en lo que se refiere a las Instalaciones Eléctricas de tipo Exterior.

Básicamente, se puede establecer que al tener la información como se ha desarrollado a lo largo de este trabajo, se puedan establecer y conocer los criterios a seguir en una Instalación Eléctrica completa para Exteriores y cómo protegerla. La mayoría de esta información, únicamente se tiene, en Catálogos de Fabricantes; y difícilmente puede ser consultada por el lector común, además de que se requiere conocer lo establecido por la Dirección General de Normas Eléctricas *(DGNE)*, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial *(SECOFI)*, la Norma Oficial Mexicana *(NOM)* y las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas. Amén, de que mucha otra información está en textos en Lenguas Extranjeras (Alemán, Francés, Inglés y Ruso). De ahí lo valioso del presente desarrollo. Permite tener en un sólo volumen, lo indispensable y necesario para ejecutar un buen análisis de cualquier solicitud de Instalación Eléctrica de Exteriores y cómo protegerla.

OBJETIVO GENERAL

Establecer los criterios fundamentales que se deben seguir en el Proyecto para ejecutar una Instalación Eléctrica requerida para Exteriores.

OBJETIVOS PARTICULARES

1.- Establecer los conceptos básicos que se requiere conocer para realizar una Instalación Eléctrica de Calidad.

2.- Conocer los principios básicos de la Protección de los Sistemas Eléctricos de Potencia, y su aplicación en un Proyecto de Iluminación (Exteriores).

3.- Conocer los principios básicos de la Iluminación en General y su aplicación en un Proyecto de Iluminación (Exteriores).

4.- Ejecutar el Proyecto de Instalación Eléctrica a un Proyecto de Iluminación (Exteriores).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La protección de los Sistemas de Potencia, es una de las Especialidades de la Ingeniería que más rápido se han desarrollado en el Campo de la Ingeniería Eléctrica. En las últimas dos décadas se ha visto el desarrollo y aplicación de gran escala de los relevadores estáticos, de los disyuntores al vacío, hexafluoruro de Azufre (SF_6) y de corriente directa.

Mediante el uso de los Dispositivos anteriores los Sistemas Integrados de Potencia han mejorado considerablemente y su confiabilidad es cada vez mayor.

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 a el Diseño de un Sistema de Iluminación orientado a una Aplicación Industrial. Entonces se debe tener en cuenta la importancia de cómo se obtiene la Energía Eléctrica que habrá de abastecer a el Sistema de Iluminación.

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 Trasnacionales canalizaban prácticamente la totalidad de la venta petrolera hacia las Metrópolis respectivas.

Con la Expropiación y la Nacionalización decretada por el Presidente y Estadista, Don Lázaro Cárdenas del Río 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 fluído a tarifas congruentes con las necesidades del desarrollo del País. En 1960 culminó el proceso de nacionalización de la industria eléctrica, cerrándose así un cíclo 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 bién 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 Cervecera, 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 de el Medio Ambiente.

CAPÍTULO II

PROTECCIONES PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

II.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 esta líneas son áereas 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 contínuo, es la falla en derivación ó cortocircuito, que ocasiona un cambio súbito y a veces violento en la operación del Sistema.

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

Una fallas 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 saño 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, etcétera.

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 contínuos 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.

II.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 producccción industrial, ya que el funcionamiento de los motores debe ser reestablecido.

II.4.- Cualidades Esenciales de la Protección.

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

1.- Confiabilidad.

2.- Selectividad.

3.- Rapidez de Operación.

4.- Discriminación.

II.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 omotirse 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 bién 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 órden 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.

II.4.2.- Selectividad.- Esta es la propiedad por medio de la cual sólo se aisla 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*.

II.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 yla 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.

II.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.

II.5.- Principio Básico de Operción 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.

II.6.- Consideraciones Económicas.

Cada día, se tiene más consciencia 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.

II.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 lamedición 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.

II.8.- Protección Contra Sobrecorriente.

II.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.	Calibre No. 18 AWG ó mayor.
Circuitos de 30 amperes.	Calibre No. 14 AWG ó mayor.
Circuitos de 40 ó 50 amperes.	Calibre No. 12 AWG ó mayor.

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.	Calibre No. 18 AWG ó mayor.
Circutios 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.- Circutios 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.

II.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.

II.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 excentos 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.

II.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, debn colocarse ó resguardarse de manera que no puedan dañar a las personas en su proximidad.

II.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 fectúe 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.

CAPÍTULO III

ILUMINACIÓN DE EXTERIORES

III.1.- Conceptos Generales.

Llamaremos, en general, *Iluminación de Exteriores,* a la de toda extensión descubierta de terreno; comprenderá por tanto, el alumbrado público de calles y plazas urbanas y, además, el alumbrado de campos de deportes, estaciones, patios de fábrica, etcétera. El más importante de todos, y al que se le prestará mayor atención, es el alumbrado público.

Para el cálculo de la iluminación de exteriores, se sigue generalmente, el procedimiento denominado **punto por punto** que ya se ha analizado en otro apartado de este trabajo, y a partir de la curva fotométrica de los aparatos de alumbrado. Como se sabe, este método sólo puede utilizarse cuando carece de importancia la iluminación adicional producida por efectos de reflexión; que es precisamente, el caso de la iluminación de exteriores donde, por regla general, las reflexiones que se producen sobre las superficies que se han de iluminar son tan pequeñas, que pueden considerarse nulas.

III.2.- Alumbrado Público.

Ya se ha indicado anteriormente que se trata de un caso particular de iluminación de exteriores, referido a calles, plazas y carreteras. Para el proyecto de instalaciones de alumbrado público, se han de tener en cuenta estos cuatro puntos esenciales:

1.- Intensidad de Iluminación.

2.- Características de las Lámparas.

3.- Características de los Aparatos de Alumbrado.

4.- Altura y Separación de los Aparatos de Alumbrado.

III.2.1.- Intensidad de Iluminación.- La Intensidad de Iluminación depende de la categoría de la calle, intensidad de tránsito, anchura de la calzada, así como de características especiales: Por ejemplo, si es una calle esencialmente comercial ó de residencias, etcétera. Los valores adoptados modernamente para los niveles de iluminación, son los valores que se expresan en la Tabla III.1.

El coeficiente de uniformidad que aparece en la tabla anterior, es la relación:

$$E_{mín} / E_{máx}$$

Espacio a iluminar	Iluminación media (lux)	Coeficiente de uniformidad
Carreteras		
Tránsito ligero	0,5 a 2	0,15
Tránsito mediano	1 a 4	0,15 a 0,25
Tránsito importante	2 a 8	0,25 a 0,35
Tránsito muy importante	3 a 12	0,30 a 0,50
Calles		
Residenciales	0,2 a 1	0,10 a 0,15
Comerciales	8 a 15	0,30 a 0,50

Tabla III.1.- Niveles de Iluminación para Carreteras y Calles.

III.2.2.- Características de las Lámparas.- En alumbrado público se emplean diferentes tipos de lámparas, cuya elección depende de diversas consideraciones técnicas y económicas.

Cada vez se utiliza menos la **lámpara de incandescencia** ya que su rendimiento es pequeño, en comparación con otros tipos de lámparas; suponiendo una tensión de alimentación de 220 Volts, este rendimiento varía desde 18.5 lúmenes por vatio para las lámparas de gran potencia (1000 Watts) hasta unos 17 lúmenes por vatio en las lámparas de 500 Watts. Sin embargo, las nuevas lámparas de vapor de yodo parecen afrecer nuevas perspectivas gracias a su rendimiento, algo más elevado que el de las lámparas de incandescencia clásicas, a su mayor duración útil, a la escasa disminución del flujo luminoso durante el curso de su vida útil, y a que tienen muy buenas posibilidades en lo que concierne al reparto del flujo luminoso en una dirección dada, si se utilizan aparatos de alumbrado apropiados.

La lámpara fluorescente tuvo una época de gran apogeo en lo que refiere a su utilización para instalaciones de alumbrado público, gracias, sobre todo, a su elevado rendimiento (50 a 70 lúmenes por vatio); sin embargo, para el alumbrado de exteriores, las lámparas fluorescentes presentan estos inconvenientes:

a). La sensibilidad de las lámparas a las condiciones del ambiente exterior; no solamente influye la temperatura, sino también el grado de humedad y las corrientes de aire; incluso es posible que, a bajas temperaturas, la lámpara no llegue a encenderse. Por lo tanto, puede suceder que, en instalaciones, sometidas a grandes variaciones de temperatura, las lámparas tengan que funcionar desnudas durante el verano y protegidas con aparatos de alumbrado especial durante el invierno; lo que produce, indudablemente, un encarecimiento en la construcción de los aparatos de alumbrado y mayores gastos de mantenimiento.

b). Las lámparas de longitud normal, emiten poco flujo luminoso; por lo tanto, los focos habrán de instalarse muy cercanos entre sí ó se habrá de recurrir a tubos de gran longitud: Lo primero encarece la instalación, ya que aumenta el número de postes, y lo segundo exige el empleo de grandes y engorrosos aparatos de alumbrado, que resultan de difícil aplicación para la iluminación de calles y carreteras.

Las lámparas de vapor de mercurio de color corregido, tienen cada día mayor aplicación en las instalaciones de alumbrado exterior ya que ocupan poco espacio, su luminancia es mayor que la de las lámparas fluorescentes y su rendimiento luminoso es bastante bueno (de 45 a 50 lúmenes por vatio). Sus dimensiones, más reducidas que las de las lámparas fluorescentes, permiten, en cierta medida, dirigir el flujo luminoso, siempre que se utilicen aparatos de alumbrado apropiados y bién estudiados.

Las lámparas de vapor de sodio, también se emplean frecuentemente en iluminación de exteriores. Actualmente, como se sabe, se construyen de una sola pieza lo que ha permitido aumentar su duración útil pudiendo compararse en este aspecto a las lámparas fluorescentes. Su rendimiento luminoso es muy elevado y varía desde unos 75 lúmenes por vatio para la lámpara de 140 Watts y hasta unos 200 lúmenes por vatio en las lámparas modernas. Estas lámparas suministran una luz monocromática amarilla, que resulta muy favorable en caso de niebla y que, en las condiciones normales procura una mejor visibilidad. Su color monocromático hace prohibitivo su empleo cuando resulta esencial una buena discriminación de los colores, pero su utilización es particularmente recomendable para la ilumiación de grandes recorridos (carreteras, autopistas, etcétera).

Finalmente, se hará referencia a las modernas **lámparas de xenón de arco largo**, cuyo empleo resulta muy apropiado para la iluminación de grandes espacios descubiertos, tales como plazas, campos de deporte, etcétera.

III.2.3.- Características de los Aparatos de Alumbrado.- Se debe recordar ante todo que se llama **rendimiento** de un aparato de alumbrado, a la relación entre el flujo luminoso emitido por el aparato y el flujo luminoso de la lámpara ó lámparas montadas en este aparato. También se ha llamado **utilancia** a la relación entre el flujo luminoso útil que llega a la superficie de trabajo y el flujo luminoso emitido por el aparato de alumbrado.

Y, finalmente, **el factor de utilización** de un aparato de alumbrado es la relación entre el flujo luminoso útil y el flujo luminoso total emitido.

Los aparatos de alumbrado para iluminación d exteriores, han de cumplir una doble misión:

a). Proteger las lámparas contra las inclemencias del tiempo.

b). Dirigir el flujo luminoso de estas lámparas en la direcciones en que sea necesario.

Por lo tanto, estos aparatos estarán contituidos por una armadura protectora y un sistema óptico apropiado para dirigir la luz. El conjunto se denomina **linterna** ó **luminaria.** Existirán, por consiguiente, aparatos **reflectores, refractores, difusores** y combinaciones de estos.

Los aparatos de alumbrado público (a los que, desde ahora, se llamarán **linternas**), deben poseer características especiales para que la iluminación de la calzada sea lo más uniforme posible. Por ejemplo, con una distribución uniforme en todas direcciones **(linternas simétricas)**, se obtiene mucha iluminación al pie de los aparatos y quedan zonas oscuras en los puntos intermedios entre dos aparatos, con lo cual, además de poca uniformidad de iluminación se producirán efectos de deslumbramiento.

Véase en la Fig. III.1 la iluminación producida por una linterna simétrica. Sin embargo, un aparato de este tipo puede resultar útil para iluminar centros de cruce de calles, para iluminar plazas, y en general, cuando interese enviar la misma intensidad luminosa en todas las direcciones.

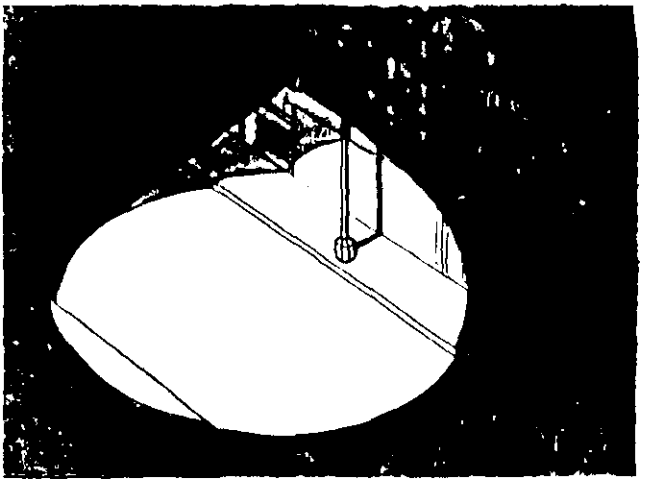


Fig. III.1.- Iluminación de Exteriores Producida por una Linterna Simétrica.

Obsérvese en la fig. III.2 la constitución de una linterna simétrica. La pieza 1 es el reflector propiamente dicho, de espejo metálico (aluminio anonizado); otras veces es un espejo de vidrio plateado. La pieza 2 es una banda difusora de plástico traslúcido ó de cristal deslustrado, con la que se evita que la luz directa de la lámpara provoque deslumbramientos. La pieza 3 es la cubierta que protege el reflector. La pieza 4 es la lámpara 8en este caso de incandescencia), y la pieza 5 el portalámpara Goliath.

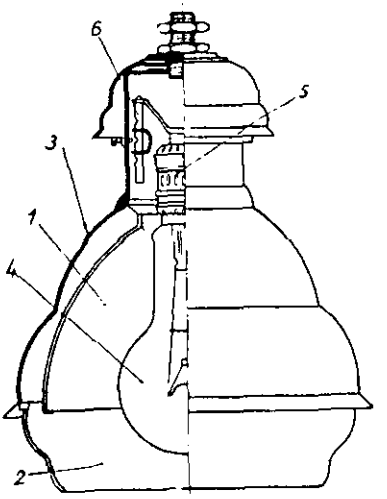


Fig. III.2.- Disposición Constructiva de una Linterna Simétrica para Iluminación de Exteriores.

Por medio del dispositivo 6, se regula la situación de la lámpara en el interior de la linterna. Para la mejor utilización del flujo luminoso, distribuyéndolo en los lugares en que se desee iluminar se utilizan **linternas asimétricas**, en las que el flujo luminoso no se distribuye simétricamente alrededor del foco, sino que se procura darle la distribución más apropiada. Por ejemplo, véase la Fig. III.3, la distribución luminosa conseguida con una linterna asimétrica; en este tipo de linternas se hace el espejo ovalado ó se le da forma apropiada para corregir el reparto de luz apropiado.

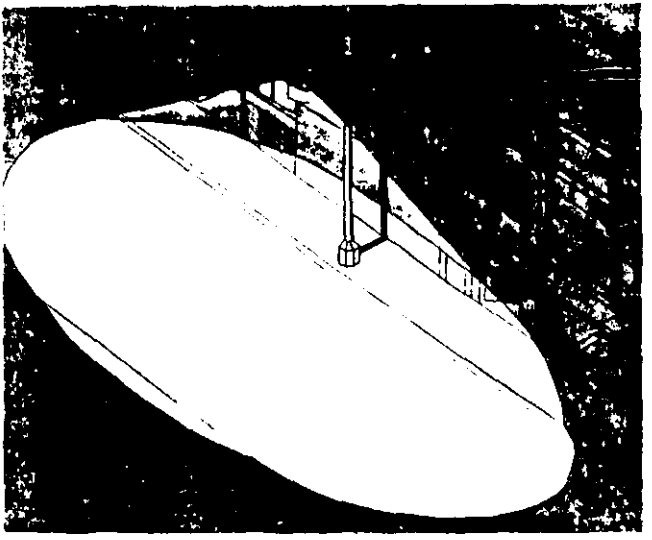


Fig. III.3.- Iluminación de Exteriores Producida por una Linterna Asimétrica.

Ahora, se va a describir la linterna asimétrica representada en la Fig. III.4. La linterna se fija al soporte (brazo, candelabro, etcétera) por medio de la brida 1; los cables de conexión se representan por 2, y el dispositivo de regulación para el enfoque de la lámpara por 3. El 4 corresponde al portalámparas Goliath de porcelana y 5 es la lámpara, utilizándose esta vez de vapor de mercurio de color corregido.

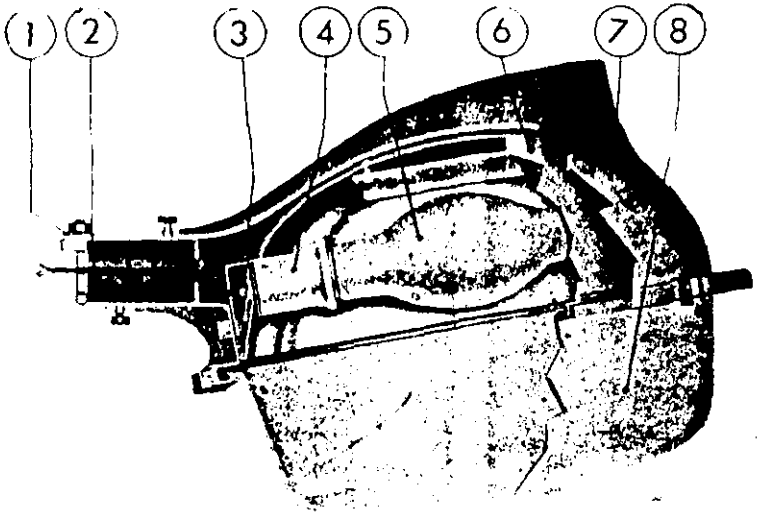


Fig. III.4.- Disposición Constructiva de una Linterna Asimétrica.

El reflector interno de aluminio anonizado se representa por 6, y está protegido por una armadura exterior 7, de cierre de plástico transparente 8, que asegura la hermeticidad del conjunto; en lugar del globo de cierre, otras veces se monta una banda difusora parecida a la que hemos descrito para el caso de las linternas simétricas. Las curvas fotométricas para 1000lúmenes, de la linterna anterior, están representadas en la Fig. III.5, la curva Y corresponde a una sección por el eje longitudinal de la linterna, y la curva II a una sección por el eje transversal de la misma. A su vez, y según sea la distribución del flujo luminoso, las linternas asimétricas pueden ser de distintos tipos.

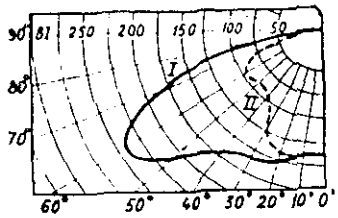


Fig. III5.- Curvas Fotométricas para 1000 Lúmenes de la Linterna de la Figura Anterior.

Cuando se pretende, ante todo, ocular todo lo que sea posible la visión directa de las fuentes de luz, se emplean **linternas "cut-off"**, cuya característica más importante es la casi total supresión de los rayos luminosos que formen con la vertical un ángulo superior a 75 grados (véase la Fig. III.6).

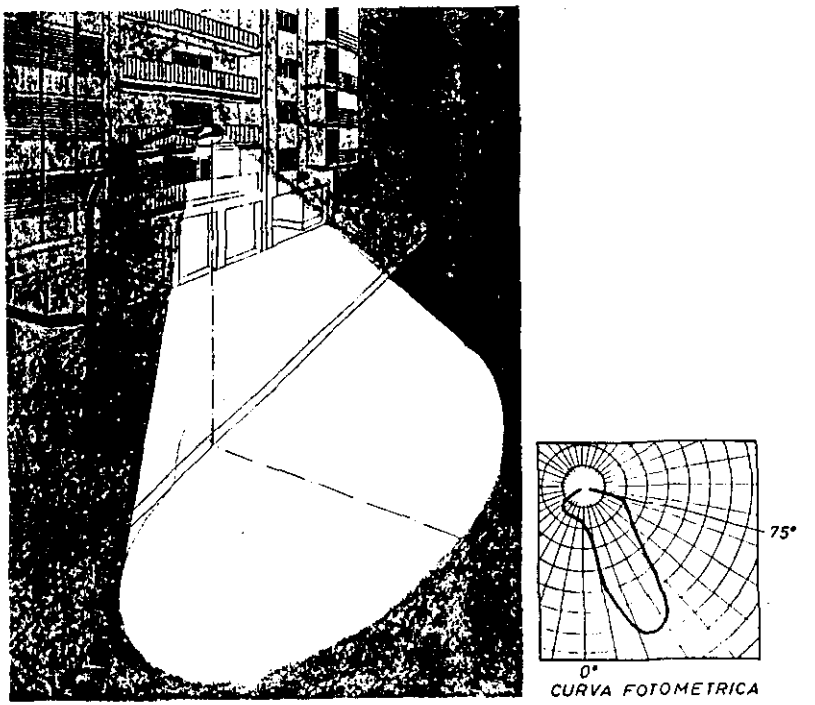


Fig. III.6.- Forma de la Curva Fotométrica e Iluminación de Exteriores, Producida por una Linterna Asimétrica "Cut-Off".

Para un observador situado en la calzada, la zona brillante producida por uno de estos aparatos tiene una forma sensiblemente elíptica, que no se extiende muy lejos a ambos lados del poste que soporta la linterna. Por consiguiente, para obtener un reparto correcto de estas zonas, los aparatos de alumbrado deben estar relativamente próximos entre sí. Con las linternas *"cut-off"* se obtienen excelentes resultados cuando el tiempo es seco; no resultan tan buenos con tiempo húmedo y con pavimentos poco difusores.

Las **linternas "not cut-off"** presentan diferentes características, en lo que se refiere a la distribución luminosa. En ellas, la intensidad luminosa alcanza un valor que oscila entre 0,5 y 0,75 del valor máximo, en una dirección que forma un ángulo aproximado de 85 grados con la vertical. Por lo tanto, producen más deslumbramiento que las anteriores. Sobre la calzada producen zonas brillantes en forma de T, que, para una misma altura sobre el suelo, se extienden más lejos que las obtenidas con las linternas *"cut-off"*, a ambos lados de los postes que soportan las linternas (Fig. III.7).

Lo que quiere decir, que para obtener una misma iluminación, los aparatos que se están estudiando pueden montarse más distanciados entre sí, que las linternas *"cut-off"*; esta ventaja compensa, algunas veces, el mayor deslumbramiento producido por las linternas *"not cut-off"*. Las linternas *"not cut-off"* no deben utilizarse nunca en disposición axial (es decir, en el centro de la calzada), porque en este caso, la superposición de zonas brillantes produciría una luminancia exagerada en el eje de la calzada, dejando totalmente a oscuras una gran parte de las zonas laterales. Las linternas *"not cut-off"* deben montarse siempre en disposición bilateral; es decir, a ambos lados de la calzada.

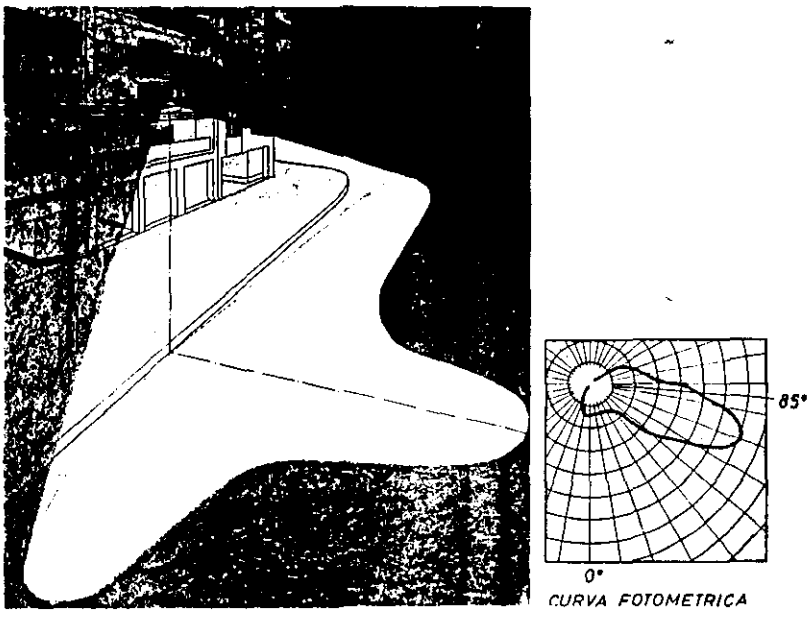


Fig. III.7.- Forma de la Curva Fotométrica e Iluminación de Exteriores Producida por una Linterna asimétrica "Not Cut-Off".

Existen también las **linternas semi "cut-off"**, que significan un compromiso entre los dos tipos precedentes. En este caso se suprimen totalmente los rayos luminosos emitidos por encima de un ángulo de 80 a 85 grados respecto a la vertical (Fig. III.8); la forma de la zona luminosa producida en la calzada es también intermedia entre las dos producidas con los dos tipos de linternas que se han estudiado anteriormente.

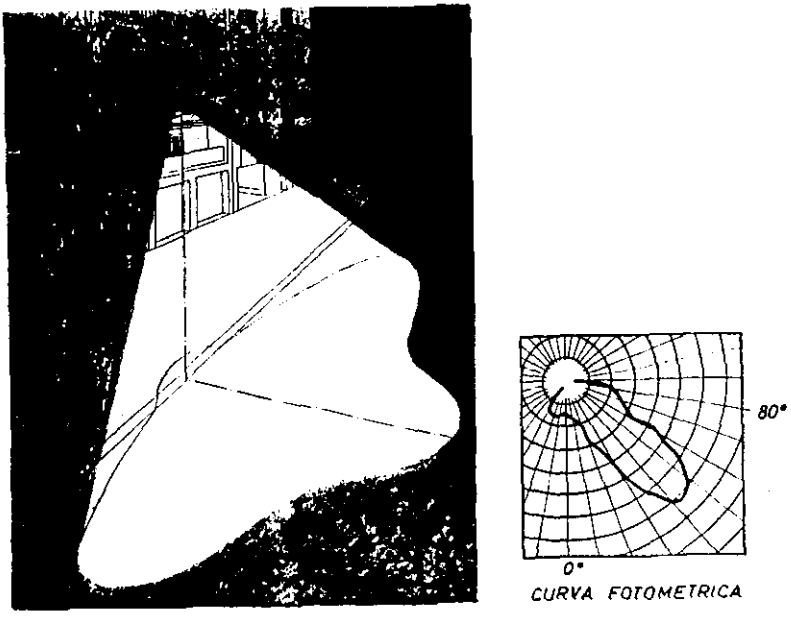


Fig. III.8.- Forma de la Curva Fotométrica e Iluminación de Exteriores Producida por una Linterna Asimétrica "Semi Cut-Off".

III.2.4.- Altura y Separación de los Aparatos de Alumbrado.- Las alturas de suspensión de los aparatos para alumbrado público, han de ser bastante grandes para poder distanciar bastante los aparatos y obtener, simultáneamente, un buen coeficiente de uniformidad. Las alturas recomendables están expresadas en la Tabla III.2.

La distancia entre aparatos depende de las características y potencia de los focos y, también, de su altura de suspensión; cuanta mayor sea la altura, mayor puede ser la separación. Las distancias adoptadas en los casos prácticos, oscilan entre los 20 y 60 metros que, generalmente, vienen a representar de 5 a 8 veces la altura total de suspensión de los aparatos de alumbrado.

Punto Núm.	Distancia		Iluminación		Iluminación total
	Lámpara I m	Lámpara II m	Lámpara I E_I lux	Lámpara II E_{II} lux	$E_I + E_{II}$ lux
1	1,2	18,8	15,9	1,4	17,3
2	4,2	16,4	13	1,8	14,8
3	6,5	13,8	10,2	2,9	13,1
4	9	11,4	7	4,3	11,3
5	5,7	19,5	11	1,3	12,3
6	6,5	17,1	10,2	1,7	11,9
7	8,3	14,8	8	2,4	10,4
8	10,4	12,6	5,5	3,6	9,1

Tabla III.2.- Altura de Suspensión de los Aparatos de Alumbrado Público.

Por lo que hace referencia a la situación de los aparatos en las calles y carreteras, éstos pueden estar montados de diferentes maneras:

1.- Axialmente; es decir, según el eje de la calle (Fig. III.9).

2.- Lateralmente; en ambas aceras, al tresbolillo (Fig. III.10).

3.- Lateralmente; en ambas aceras, con los focos frente a frente (Fig. III.11).

4.- Lateralmente; en una sola acera (Fig. III.12).

Sobre la forma de situar los aparatos de alumbrado se pueden hacer las siguientes observaciones:

a). El alumbrado axial exige situar los postes ó candelabros en el centro de la calzada lo que, casi siempre, significa un obstáculo para el tránsito de vehículos. Por esta razón, es poco empleado este sistema, aunque sea el mejor desde el punto de vista de la distribución de la luz.

b). El montaje de los aparatos de alumbrado al tresbolillo resulta muy conveniente para calles cuyo ancho no exceda de entre 12 a 15 metros; este montaje puede realizarse utilizando postes ó sobre todo si las aceras son muy estrechas, sobre brazos murales fijados a las fachadas de las casas.

c). El montaje de los aparatos de alumbrado frente a frente, es el más utilizado en calles de gran anchura.

d). El montaje de los aparatos de alumbrado en una sola acera, se emplea solamente cuando la calle es estrecha (hasta 8 a 10 metros); casi siempre se utilizan brazos murales fijados a las fachadas de los edificios.

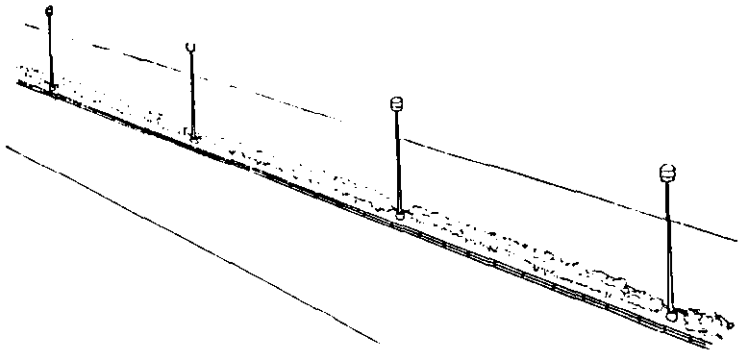


Fig. III.9.- Iluminación de Calles y Carreteras. Disposición Axial de los Aparatos de Alumbrado.

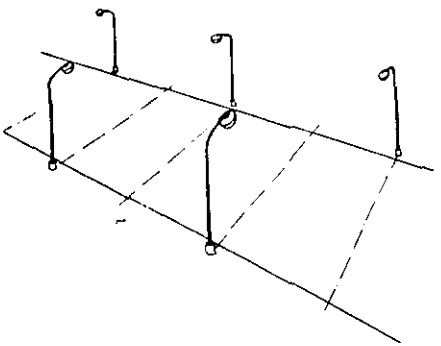


Fig. III.10.- Iluminación de Calles y Carreteras. Disposición Lateral, al Tresbolillo, de los Aparatos de Alumbrado.

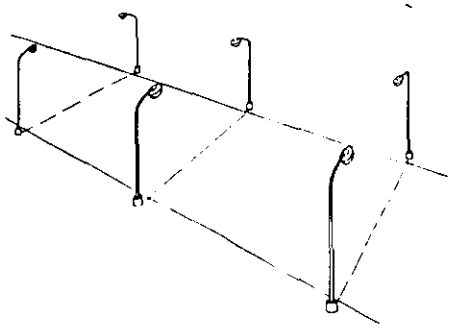


Fig. III.11.- Iluminación de Calles y Carreteras. Disposición Lateral, Frente a Frente de loa Aparatos de Alumbrado.

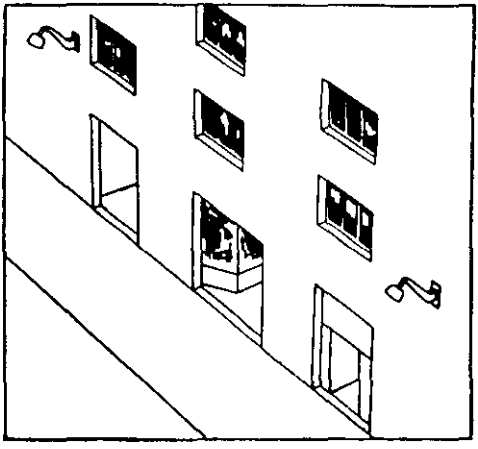


Fig. III.12.- Iluminación de Calles y Carreteras. Disposición Lateral, en un Sólo Lado, de los Aparatos de Alumbrado.

CAPÍTULO IV

APLICACIONES

IV.1.- Casos Especiales de Aplicaciones.

Los niveles de iluminación citados anteriormente son válidos para tramos rectos de calles ó carreteras; en los casos de curvas, cruces de calles, plazas, etcétera, el nivel de iluminación debe aumentarse de acuerdo con su importancia; a continuación, se exponen algunos de estos casos especiales.

En las **curvas** (Fig. IV.1), los focos luminosos han de montarse en la parte exterior de la curva, con el proósito de conseguir mayor visibilidad, sobre todo, cuando el pavimento está mojado. Los intervalos entre los aparatos de alumbrado han de ser menores que el intervalo (tipo adoptado en los tramos rectos), y tanto menores cuanto más acentuada sea la curva que se ha de iluminar. En caso necesario, es decir si la curva es muy larga, se situarán aparatos de alumbrado suplementarios en la parte interior de la misma.

En el caso de **cruces de calles** (Fig. IV.2), hay que aumentar la iluminación de forma que queden claramente señalados; para ello, se recomienda que, como mínimo, la iluminación sea la suma de las iluminaciones de las calles que se cruzan.

Para los cruces en ángulo recto (véase la fig. IV.2) se recomienda instalar los aparatos en el lado derecho de la calzada y después del cruce pues de esta manera se destacan las siluetas de los peatones y vehículos que cruzan.

Para el caso de **enlace de calles** formando una T (Fig. IV.3), es recomendable instalar un aparato de alumbrado en el final de la calle que termina, colocado en el lado opuesto de la que continúa; de esta manera se destacan las siluetas de los vehículos que pasan por la calle y, a la vez sirve para indicar a los conductores que siguen la calle que termina, que ésta no continúa.

En los **parques de estacionamiento de automóviles**, la iluminación ha de ser lo más uniforme posible y, como mínimo, del mismo valor que el de las vías de acceso; para conseguir la fácil maniobra de los vehículos, el emplazamiento de los soportes debe estudiarse de forma que no impidan ni estorben esta maniobra.

Para la iluminación de **glorietas y plazas de poca extensión**, se pueden exponer las siguientes orientaciones:

Si el diámetro del terraplén central es pequeño (Fig. IV.4), se situará un candelabro, de gran altura (por ejemplo, 10 metros) con uno ó varios aparatos de alumbrado, que habrán de ser del tipo que se han llamado *"cut-off"*. Preferiblemente, el islote central deberá estar cubierto de vegetación ó, al menos, claramente señalizado.

Si el diámetro del terraplén central lo justifica (Fig. IV.5), se sitúan varios aparatos de alumbrado, en el borde del terraplén y de forma que queden alineados con los focos de cada una de las calles que desembocan en la plaza. En este caso, se utilizan aparatos *"cut-off"* ó *"semicut-off"*.

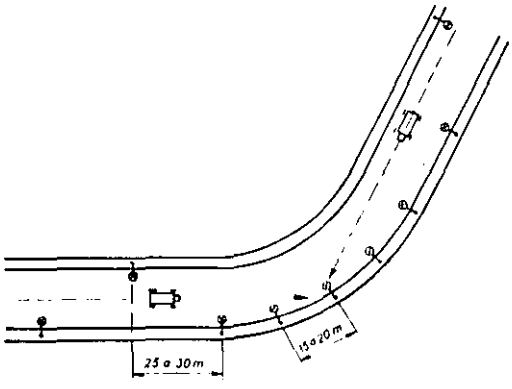


Fig. IV.1.- Iluminación de una Curva de Carretera.

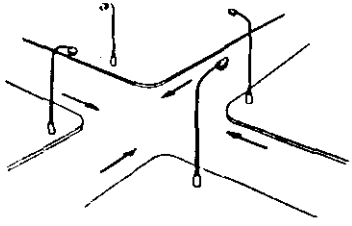


Fig. IV.2.- Iluminación de un Cruce de Cuatro Calles.

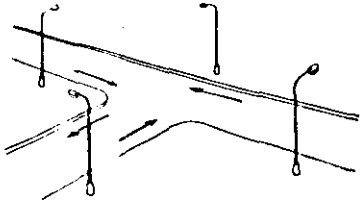


Fig. IV.3.- Iluminación de un Enlace de Calles en T.

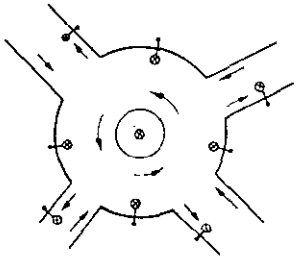


Fig. IV.4.- Iluminación de una Plaza Circular de Reducidas Dimensiones.

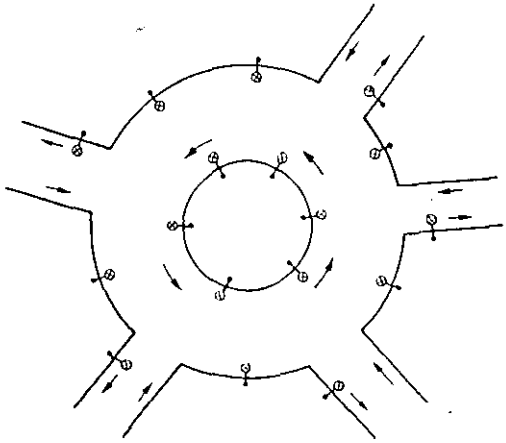


Fig. IV.5.- Iluminación de una Plaza Circular de Grandes Dimensiones.

En todos los casos, se sitúan uno ó varios aparatos de alumbrado (veánse las fifuras anteriores) en el borde exterior de la plaza, de forma que permitan a los automovilistas, identificar las diferentes vías de acceso que se van presentando mientras dan la vuelta alrededor del terraplén central. Los aparatos empleados serán también de tipo *"cut-off"*, ya que la buena visibilidad solamente es necesaria a corta distancia.

Finalmente, en las calles de acceso han de situarse los aparatos de alumbrado (también del tipo *"cut-off"*), de forma que hagan visibles los peatones que han de cruzar la calzada en el momento en que los vehículos abandonan la plaza para seguir cualquiera de estas calles de acceso.

El alumbrado de las **grandes plazas** resulta difícil de conseguir en condiciones satisfactorias, sobre todo si ha de realzar su carácter urbanístico y arquitectural. Para respetar en lo posible este último, en las plazas circulares se evitará la utilización de lámparas fluorescentes horizontales ó poco inclinadas; estas plazas podrán iluminarse con lámparas incandescentes ó, preferiblemente, con lámparas de vapor de mercurio de color corregido, instaladas en aparatos *"cut-off"* y, en algunos casos, con luminarias fluorescentes verticales situadas intervalos regulares, cerca del borde exterior de la plaza. En las plazas de planta rectangular, podrán utilizarse los tubos fluorescentes horizontales.

El nivel de iluminación de una plaza debe ser por lo menos, igual al de la calle con mayor iluminación de las que desembocan en la plaza. La altura de los aparatos de alumbrado habrá de ser como mínimo igual a la de la calle más importante. El coeficiente de uniformidad ha de ser elevado, del órden de 0,30; como éste es proporcional a la altura de suspensión de los focos luminosos, no debe dudarse en recurrir a grandes alturas de suspensión (por ejemplo, de 10 a 14 metros). Los accesos a la plaza de las calles deben iluminarse como se ha indicado en el caso de pequeñas plazas.

Cuando la plaza no está arbolada, puede ser interesante iluminarla por medio de proyectores situados en lo alto de los inmuebles, con la condición de que la altura de éstos sea, por lo menos, igual a la tercera parte de la más pequeña dimensión de la plaza. Esta solución tiene la ventaja de la supresión total de los postes y candelabros con lo que se mejora la estética de la plaza.

Un problema particularmente difícil, que conviene estudiar es la iluminación de **calles arboladas**. En el caso, más probable de que al proyectar la instalación, ya exista el arbolado, la solución será diferente según la altura del follaje.

En calles con árboles cuyo follaje comienza a unos 7 ú 8 metros del suelo, lo mejor es situar los aparatos de alumbrado alineados con los árboles y a menor altura del follaje; lo mismo se puede decir para árboles más frondosos pero en los que una poda racional puede dejar el follaje a la altura antedicha.

Si por el contarrio, los árboles son de pequeña altura, pueden emplearse aparatos de alumbrado situados a 9 ó 10 metros de altura sobre el suelo, suficientemente inclinados sobre la calzada para que los árboles no produzcan sombras sobre ella.

El caso más difícil lo constituyen los árboles de mediana altura; es decir, de unos 5 ó 6 metros. Ahora, la mejor solución es instalar aparatos de alumbrado provistos de tubos fluorescentes situados transversalmente y montados en intervalos algo menores.

Cuando los árboles están plantados muy regularmente y entrecruzan sus ramas a la manera de, por ejemplo, las nervaduras de una nave gótica, se obtiene un bello alumbrado por medio de proyectores de haz muy abierto dirigido hacia lo alto. Estos aparatos han de fijarse a los troncos de los árboles, muy cerca del suelo (ó a su mismo nivel) y estarán equipados, preferentemente, de lámparas de luz mixta, ó de lámparas de vapor de mercurio de color corregido, que realzan el color verde del follaje.

IV.2.- Proyectos de Alumbrado Público.

Para el cálculo de la iluminación exterior existen diferentes procedimientos. El más exacto de todos, es el que se ha denominado de *"Punto por Punto"*; pero este sistema de cálculo es largo y engorroso, por lo que se han ideado procedimientos de cálculo más rápidos aún que, naturalmente, menos precisos. A continuación se analiza uno de estos procedimientos.

Ante todo, se subdivide la superficie de la calle ó carretera que se ha de iluminar, en rectángulos iguales de áreas suficientemente pequeñas para que pueda considerarse que la iluminación varía poco en el interior de estas superficies y se calcula el nivel de iluminación medio E_m en el interior de cada una de ellas, utilizando el procedimiento de *"Punto por Punto"*. Cuando los focos luminosos están situados simétricamente respecto a la calzada, bastará con un número de rectángulos comprendidos entre 10 y 20, y realizar el cálculo para una pequeña porción de superficie, repitiéndose el cálculo en las demás superficies (Véase la fig. IV.6).

Vamos a poner por un ejemplo de la aplicación: Supóngase que se quiere iluminar una calle comercial de 15 metros de anchura, con aparatos de alumbrado simétricos extensivos provistos de una lámpara de vapor de mercurio de color corregido, de 250 Watts; el aparato de alumbrado está representado en la fig. IV.7. Si se ilumina la calle axialmente; es decir, con aparatos situados en el centro de la calle. Los aparatos estarán montados a 10 metros de altura sobre la calzada y la distancia entre los mismos será de 20 metros. Se quiere saber la iluminación media conseguida, así como los valores de las iluminaciones máxima y mínima para poder hallar el coeficiente de uniformidad.

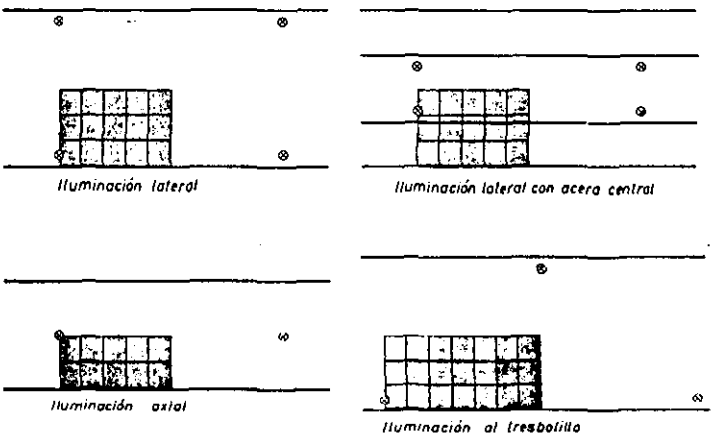
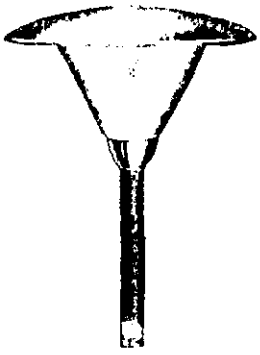


Fig. IV.6.- Normas para el Cálculo de Iluminación de Calles y Carreteras.



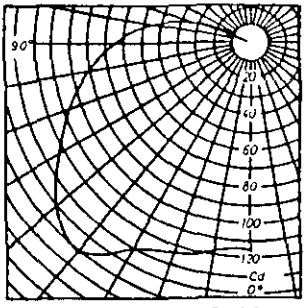


Diagrama polar referido a 1.000 lm.

Fig. IV.7.- Curva Fotométrica para 1 000 lúmenes del Aparato de Alumbrado.

Lo primero que se hará es determinar la iluminación producida por un sólo aparato de alumbrado, teniendo en cuenta que la lámpara de vapor de mercurio de color corregido, de 250 Watts proporciona un flujo luminoso de 11000 lúmenes. Para ellos, vamos a utilizar un método mixto gráfico-numérico, dibujando a escala la altura de suspensión del aparato de alumbrado y el tramo de calle que ha de iluminar; es decir, tal como se ha representado en la fig. IV.8; sobre la curva fotométrica, se van determinando los distintos ángulos que corresponden a las distancias hasta el pie de la lámpara.

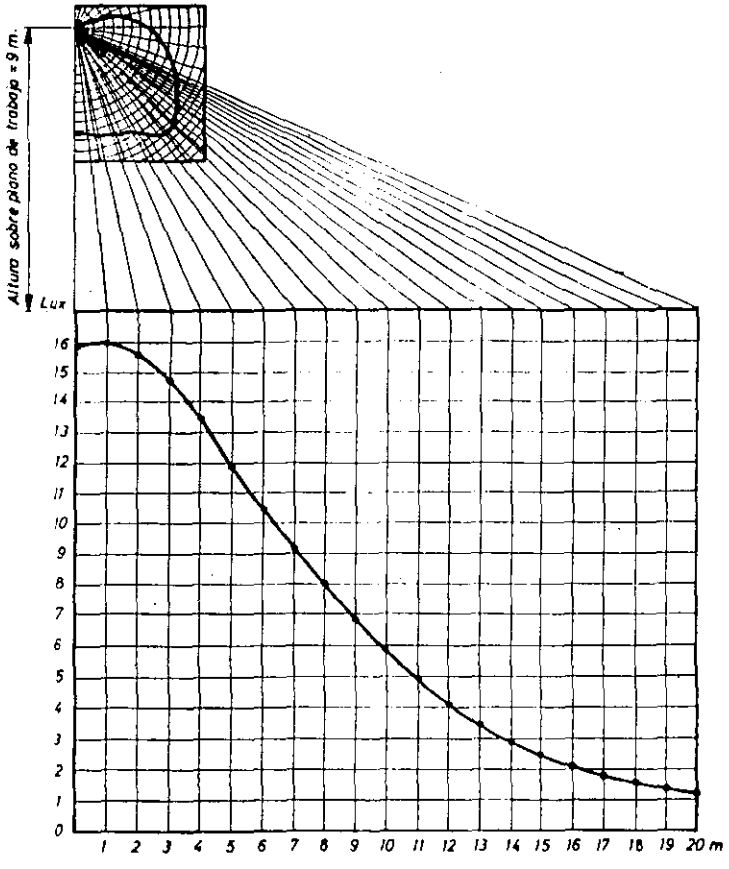


Fig. IV.8.- Curva de Iluminación del Suelo del Ejemplo de Aplicación.

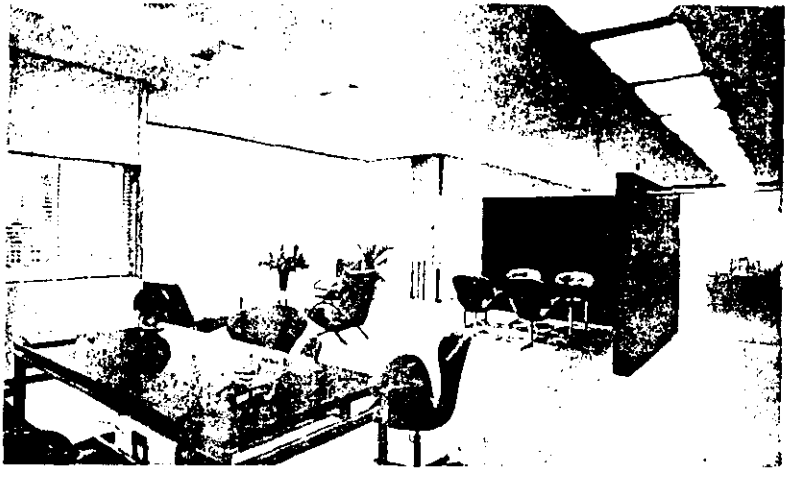


Fig. IV.9.- Despacho de Director en el Edificio Administrativo de las Fábricas. Tomando en Dordrecht (Holanda). Armaduras Empotradas en el Techo con 4 Lámparas Fluorescentes Tubulares de 40 Watts/2 000 lúmenes cada una, Color Blanco de Lujo. Iluminación Media: 600 lux.

Fig. IV.10.- Cuarto de Baño de la Pensión Vorbeek (Holanda). Alumbrado General por Medio de un Difusor de Plástico con 2 Lámparas Fluorescentes Tubulares de 40 Watts/ 2 000 Lúmenes, Montado Sobre el Espejo. En el Cielorraso se Hallan 3 Armaduras con Lámparas Infrarrojas de 375 Watts. Iluminación Vertical: 300 lux.

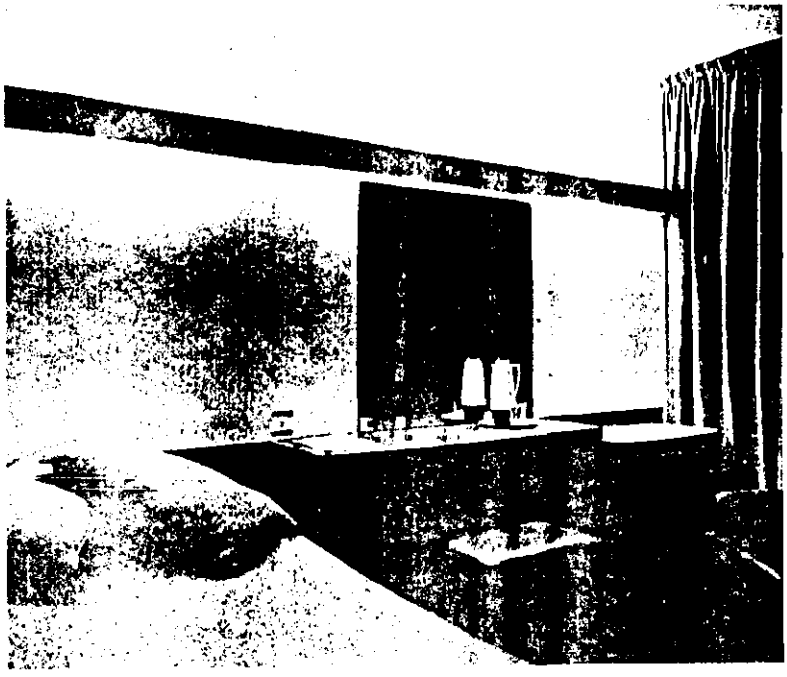


Fig. IV.11.- Habitación de *"El Hotel Mandeville"* en Londres. Tres Lámparas Fluorescentes Tubulares de 40 Watts/2 000 Lúmenes Color Blanco Caliente de Lujo, en Línea Contínua Detrás de una Pantalla Revestida con el Mismo Material que la Pared.

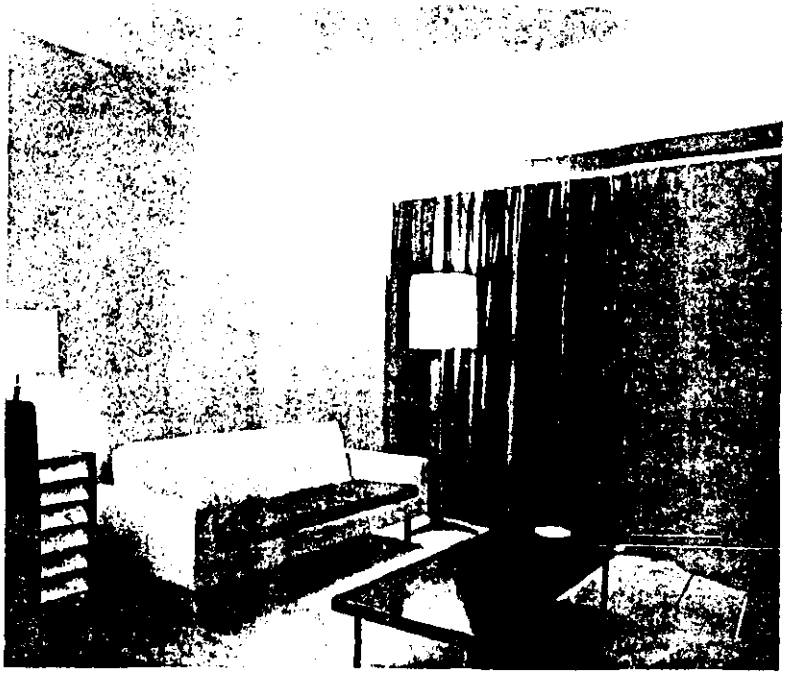


Fig. IV.12.- Habitación de *"El Gran Hotel de Cocagne"* en Eindhoven (Holanda). Alumbrado General Mediante una Canaleta con 6 Lámparas Fluorescentes Tubulares de 40 Watts/2 000 Lúmenes, Color Blanco Caliente de Lujo; Alumbrado localizado, Mediante una Lámpara de Pie (1X100W y 2X75W) y una Armadura de Sobremesa (1X100W). Iluminación: 60-300 lux.

Fig. IV.13.- Oficina de Redacción de el Periódico *"The Birmingham Post and Mail"* (Inglaterra). En Cada Armadura, 4 Hileras Contínuas de Lámparas Fluorescentes de 80 Watts/ 4 500 Lúmenes. Iluminación en el Centro de la Sala: 1 100 lux.

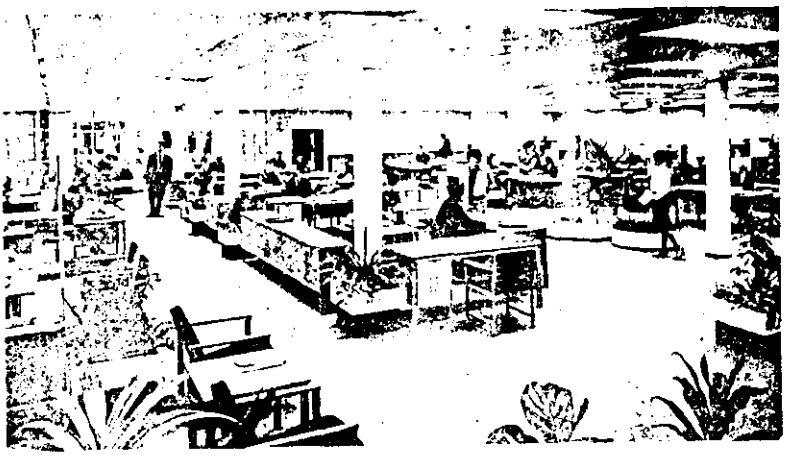


Fig. IV.14.- Oficina del Tipo Paisaje en el Edificio *"Facit de Malmoe"* (Suecia). Armaduras Reflectoras de Espejo, Empotradas cada una con 4 Lámparas Fluorescentes de 40 Watts. Iluminación sobre las Mesas: 1 200 lux. Evacuación de Aire a Través de Ranuras Alrededor de las Armaduras.

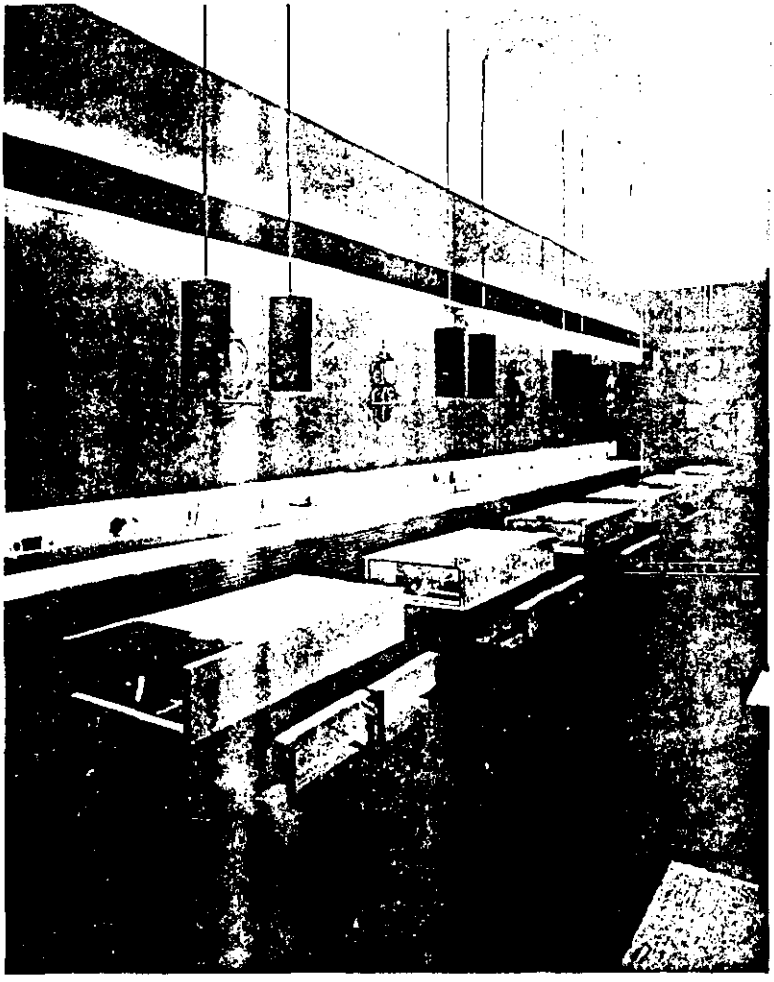


Fig. IV.15.- Interior de *"La Relojería Meier"* en Zurich (Suiza). Sobre los Mostradores Armaduras Metálicas de Forma Prismática con las Lámparas Reflectoras de 100 Watts. Alumbrado General por 2 Artesas Dispuestas a lo Largo de la Pared con Lámparas y Fluorescentes de 40 Watts/2 000 Lúmenes. Alumbrado de Vitrina Medainte Hilera de Lámparas Fluorescentes en el Borde Superior. Iluminación Media 400 lux. Iluminación sobre Mostradores: 2 100 lux.

Fig. IV.16.- Interior de Tienda con Armaduras Reflectoras de Espejo, de Baja Luminancia Empotradas en el Cielorraso Suspendido, que Contienen 6 Lámpas Fluorescentes de 40 Watts/1 700 Lúmenes, Color Blanco de Lujo, de Flujo Dirigido. Iluminación Media: 600 lux. Sobre Mostradores, Armaduras Reflectoras de Espejo, con Lámparas Incandescentes de 75 Watts.

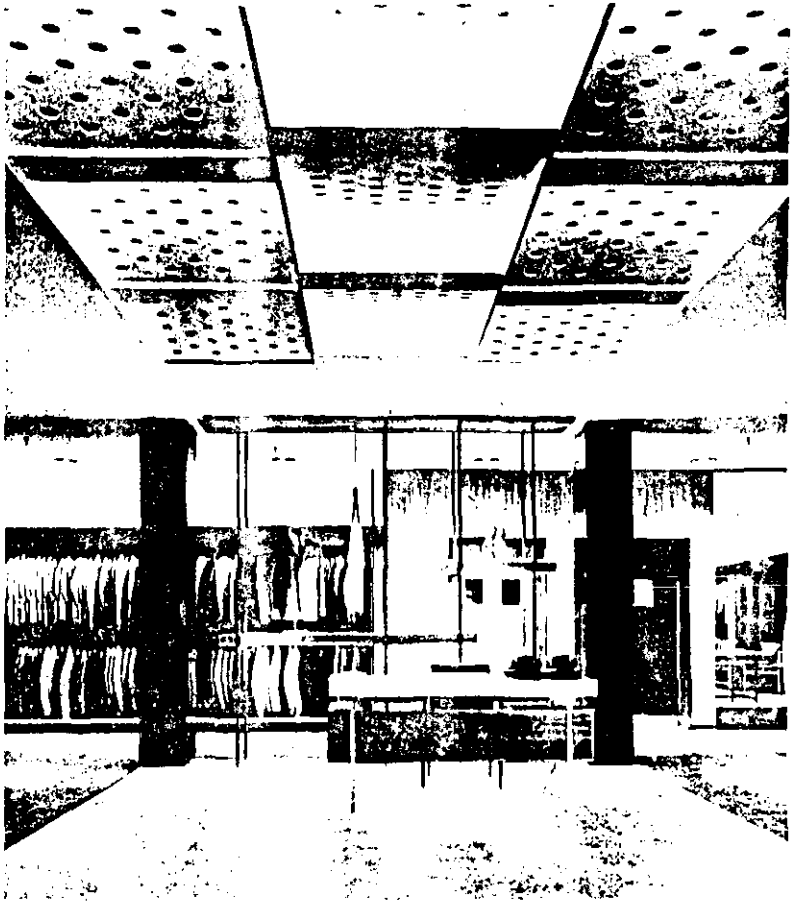


Fig. IV.17.- Interior de *"La Tienda de Austin Reed"* en Londres. Parte del Cielorraso Constituido por Artesones con Lámparas Fluorescentes de 30 Watts, Color Blanco Caliente. Alumbrado General por Lámparas Reflectoras de 150 Watts en Armaduras Empotradas. Las Celosías Frente a los Rieles de Presentación, Disimulan Hileras de Tubos Fluorescentes de 40 Watts que Iluminan los Artículos y, a la vez, Proporcionan Luz Hacia la Parte Superior. Iluminación General: 250 lux.

Fig. IV.18.- Nave de Fábrica en Aismalibar (Montcada). Alumbrado por Dobles Hileras Contínuas de Lámparas Fluorescentes de 40 Watts/3 200 Lúmenes, Color Blanco, Montadas en Armaduras Suspendidas.

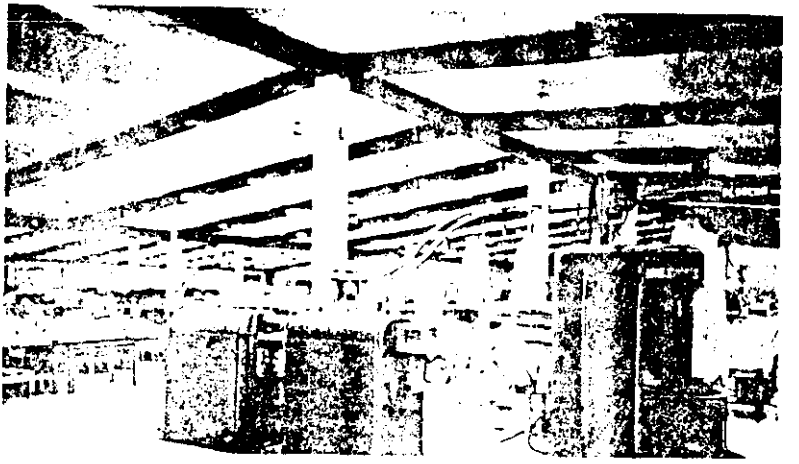


Fig. IV.19.- Nave de Fábrica de Seidensticker Ibérica (Tarragona). Alumbrado por Dobles Hileras Contínuas de Lámparas Fluorescentes de 40 Watts/3 200 Lúmenes, Color Blanco, Montadas en Armaduras Fijadas al Cierrolaso.

Fig. IV.20.- Nave de Fábrica de C. A. Fabra y Coats (Torelló). Alumbrado por Dobles Hileras Contínuas de Lámparas Fluorescentes de 40 Watts/3 200 Lúmenes, Color Blanco, Montadas en Armaduras Suspendidas de las Vigas Maestras.

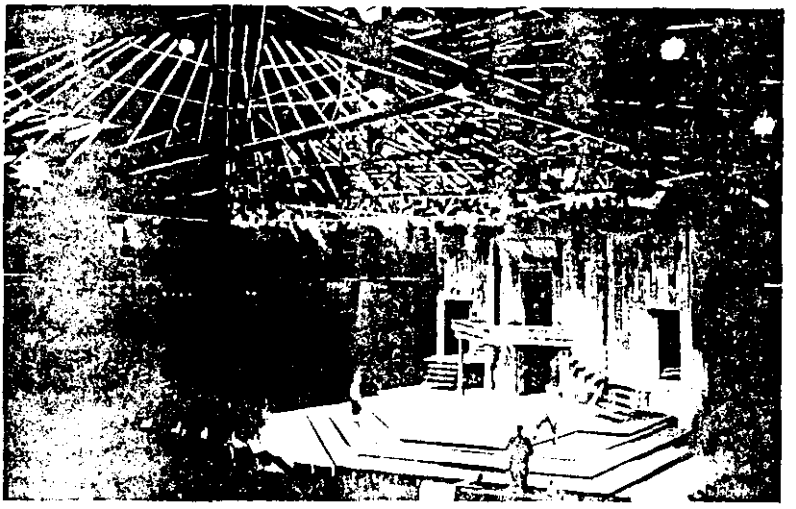


Fig. IV.21.- Alumbrado General de *"El Teatro de Chichester"* (Inglaterra), Mediante Proyectores Escénicos Suplementarios Montados entre los Demás Equipos de Alumbrado, casi Todos de Radiación vertical Hacia Abajo y Algunos de Ellos, de Radiación Hacia Arriba para el Alumbrado Indirecto.

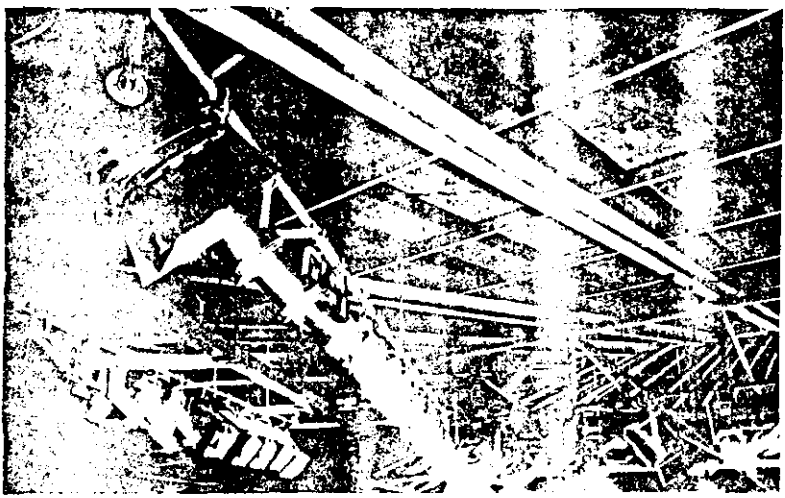


Fig. IV.22.- Alumbrado de *"El Teatro de Nottingham"* (Inglaterra). El Alumbrado del Escenario por Medio de 2 Grupos de Armaduras, Montadas Sobre una Estructura en Forma de Tambor, de Tablas Negras Suspendidas del Techo; el Primer Grupo Comprende 3X6 Lámparas Proyectoras, el Segundo 16 Lámparas Proyectoras y 4 Reflectores Fresnel, con Lámparas de 500 y 1 000 Watts. El Alumbrado General del Auditorio Procede de Armaduras Cilíndricas Montadas en el Cielorraso y Provistas de Lámparas Incandescentes de 100 Watts; el Alumbrado se Completa con Cintas Luminosas Doradas, Constituidas por Lámparas Incandescentes de 15 Watts.

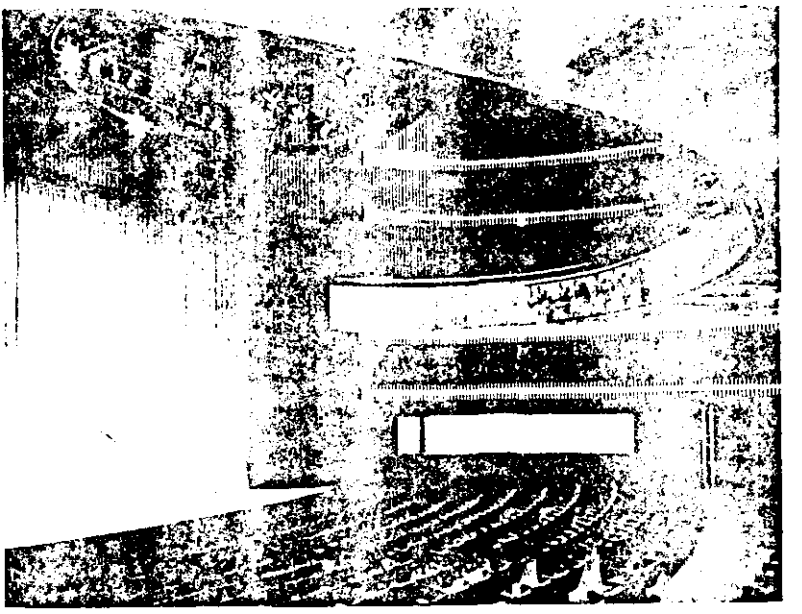


Fig. IV.23.- Alumbrado de *"El Aula Magna de el Instituto Oesterd"* de la Universidad de Copenhague. Alumbrado General: Armaduras Cilíndricas Semiempotradas en el Cielorraso, con Lámparas Incandescentes de 100 Watts. Iluminación: 250 lux. Alumbrado Complementario Durante el Día: Armaduras de Celosías Empotradas en el Cielorraso, con 3 Lámparas Fluorescentes de 20 Watts/750 Lúmenes, Color Blanco Caliente de Lujo. Iluminación: 300 lux.. Alumbrado para la Proyección de Películas y Diapositivas: Armaduras Cilíndricas Direccionales Empotradas en el Cielorraso, con Lámparas Incandescentes de 40 Watts. Este Alumbrado Permite Escribir en una Zona Adecuada, Durante la Proyección Iluminación: 30 lux..

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

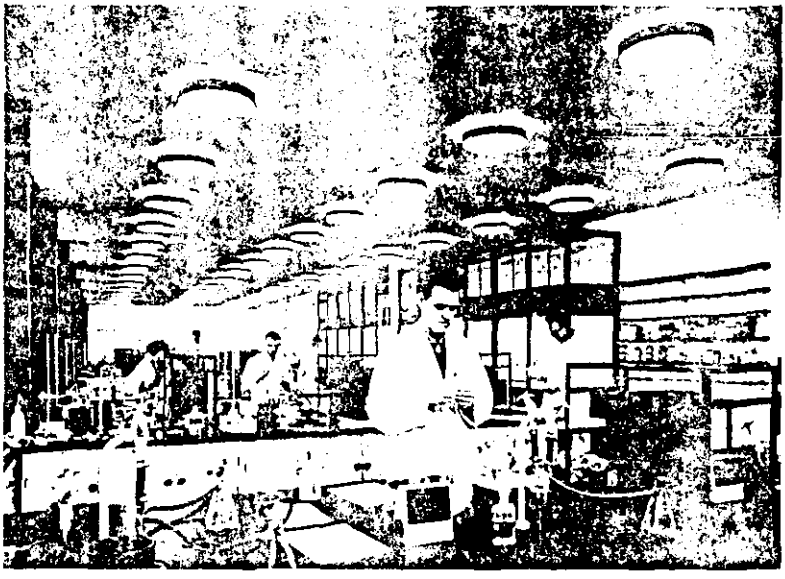


Fig. IV.24.- Alumbrado del Laboratorio Químico en *"El Instituto Tecnológico de Copenhague"*. Armaduras Circulares con Placa Difusora de Vidrio, Semiempotradas en el Cielorraso. Con Objeto de Facilitar la Determinación de los Colores de las Soluciones Químicas, se Instalan Lámparas Incandescentes de 150 Watts.

Fig. IV.25.- Alumbrado del *"Kunstmuseum"* en Duisburg (Alemania). Los Cuadros se Exhiben en Tabiques Aislados, Provistos de Alumbrado Individual Mediante Lámparas Fluorescentes de 40 Watts, Color Blanco de Lujo y Protegidas por un Listón. Iluminación Vertical Media: 400 lux. La Distancia Entre Lámpara y Cuadro Puede Ajustarse para Lograr la Óptima Uniformidad de la Iluminación Vertical.

Fig. IV.26.- Alumbrado de *"El Museo Municipal de Amsterdam"*. Para Prevenir los Reflejos Molestos de los Focos Luminosos, se ha Instalado un Alumbrado Bastante Oblicuo, Mediante Artesas Suspendidas del Techo, con Lámparas Fluorescentes en Hilera Contínua. Iluminación: 200 lux.

Fig. IV.27.- Alumbrado de una Sala de Esculturas de *"The Sheldom Art Gallery"* de la Universidad de Nebraska. Proyectores Móviles Montados en el Cielorraso, Permiten Orientar la Radiación Luminosa en la Dirección Conveniente; las Sombras Duras se Suavizan por Medio de la Luz Reflejada por el Suelo de Color Claro. Iluminación: 750 lux.

Fig. IV.28.- Iluminación de *"El Hipódromo de Sonpardo"* (Palma de Mallorca, España). En Tribuna de Preferencia, 6 Torres; cada una con 8 Proyectores y Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 Watts; Iluminación Vertical 700 lux, Iluminación Horizontal 150 lux. En Tribuna General, 12 Postes de 12 metros de Altura, cada uno con 6 Proyectores y Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 Watts; Iluminación Vertical 200 lux Iluminación Horizontal 180 lux. En Recorrido, 31 postes de 12 metros de Altura, cada uno con 3 Proyectores y Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 Watts: Iluminación Vertical 70 lux, Iluminación Horizontal 40 lux. En la Meta, 4 Proyectores y Lámparas de Cuarzo-Yodo de 2 000 Watts.

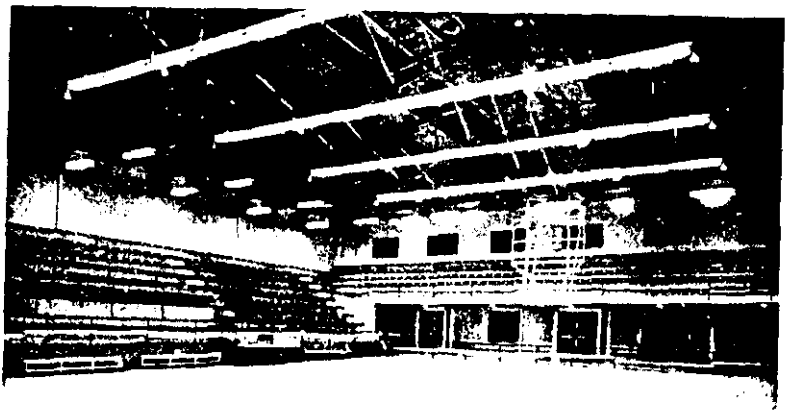


Fig. IV.29.- Alumbrado de la Pista de Baloncesto de *"El Club San José de Badalona"*. Tiras Contínuas de Lámparas Fluorescentes de Flujo Dirigido de 65 Watts/4 400 Lúmenes, Color Blanco en Armaduras con Difusor de Láminas.

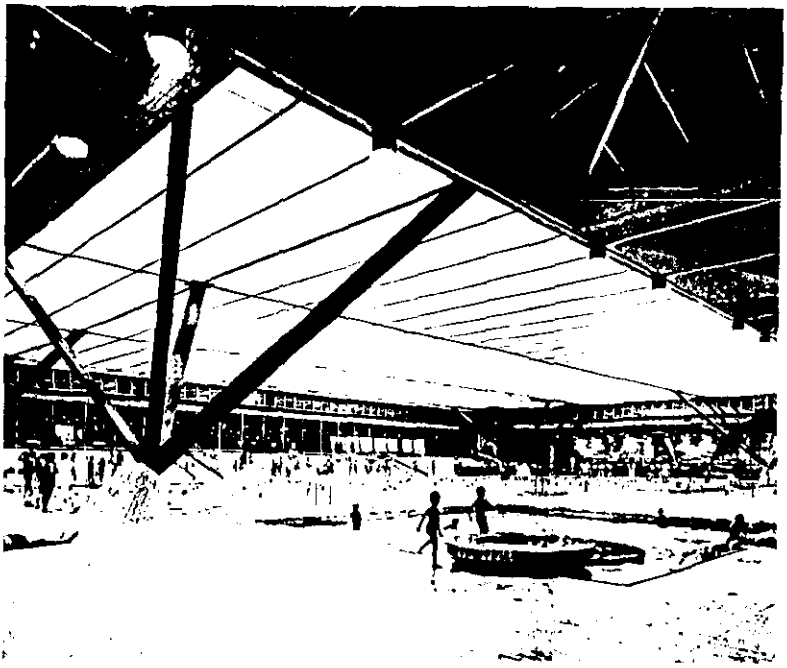


Fig. IV.30.- Alumbrado de la Piscina Cubierta de Ginebra (Suiza), con Piscina Olímpica de 50X22 metros. Tiene 20 Hileras Contínuas de Armaduras Reflectoras a Intervalos de 2,23 metros Montadas a 1,90 metros, Sobre la Rejilla de Aluminio Situada a 8 metros del Suelo. La Mitad de las Armaduras Contiene 1 Lámpara Fluorescente de 40 Watts/2 000 Lúmenes, Color Blanco Caliente de Lujo, y la Otra Mitad Contiene 3 Lámparas por Armadura, Situadas Sobre la Piscina Olímpica. Iluminación Media: 150 lux. Para Reportajes Televisados Puede Disponerse de 400 lux en la Zona de la Piscina Olímpica. Además, hay Proyectores para los Saltos (4X1000 Watts) y Alumbrado Subacuático (2X19X1000 Watts).

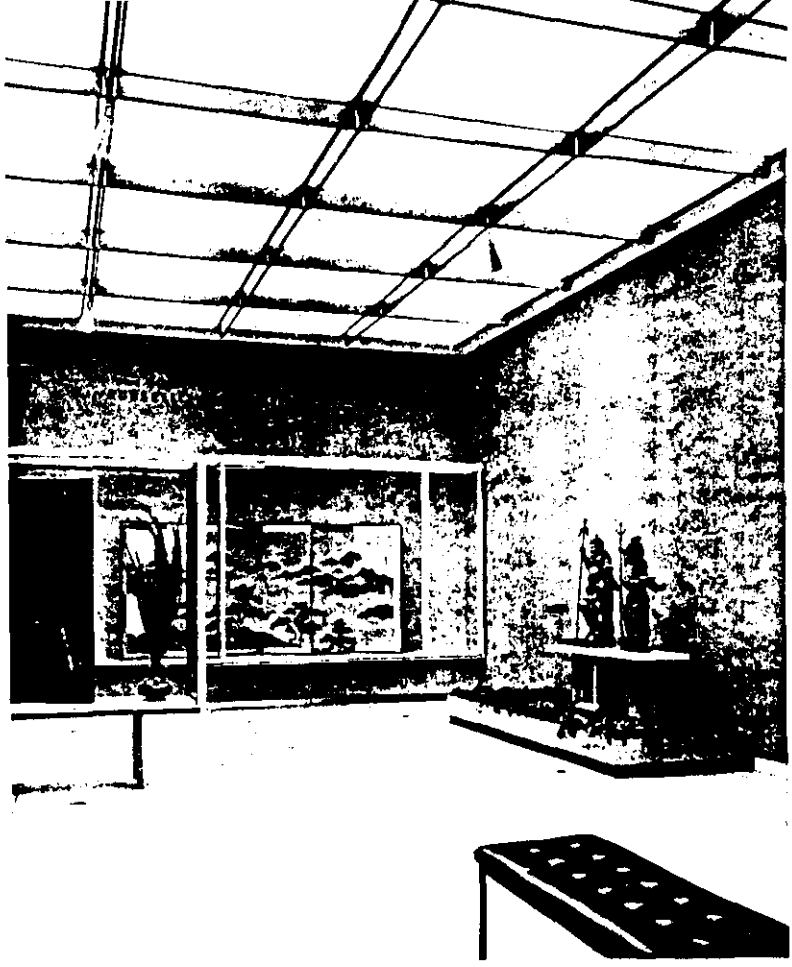


Fig. IV.31.- Alumbrado de *"The Russell Tyson Gallery"* en el Instituto de Artes de Chicago, Mediante un Cielorraso Luminoso. En Cada Intersección de las Vigas del Techo Puede Montarse una Armadura de Proyector; de esta Forma, se Puede Añadir Cierta Porción de Luz Direccional al Alumbrado Difuso Uniforme, Por Ejemplo, para Presentación de Esculturas.

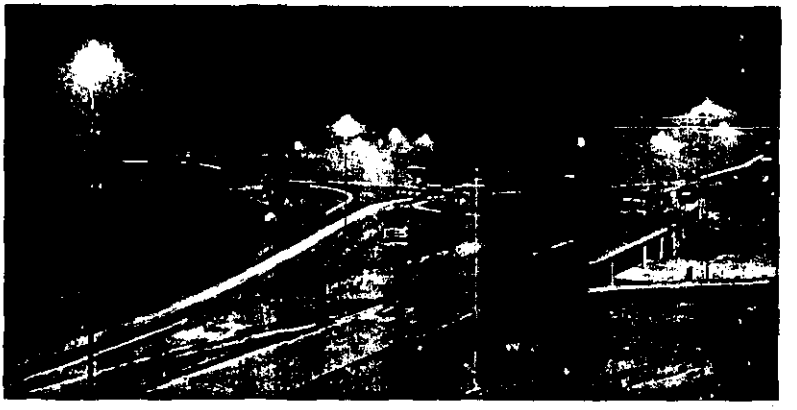


Fig. IV.32.- Iluminación de un Cruce de Autopistas en Florencia (Italia). Tiene 16 Postes de 40 metros de Altura, cada uno Provisto de un Reflector de Espejo con una Lámpara de Descarga de Xenón de 20 000 Watts/500 000 Lúmenes. Intervalos entre Postes: 130 metros. Iluminación Media: 20 lux en la Zona Principal, 10 lux en el Ambiente.

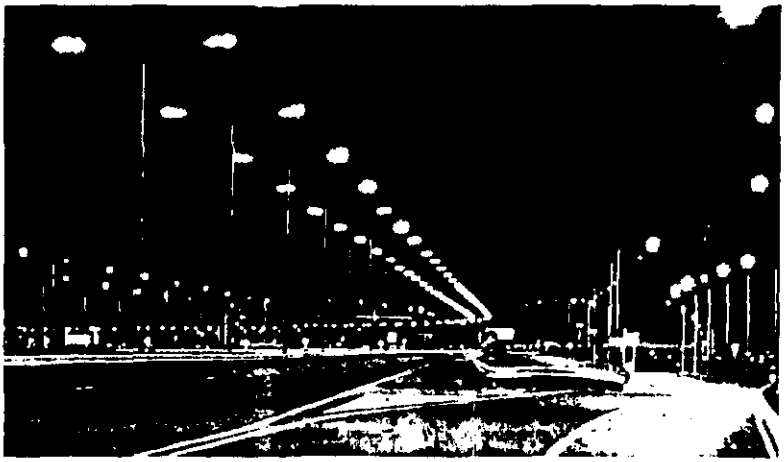


Fig. IV.33.- Iluminación de una Derivación de Autopista. Para que los Conductores Distingan la Vía Principal de las Derivaciones, en Aquélla se han Instalado Lámparas de Vapor de Sodio de Baja Presión, y en las Derivaciones, Lámparas de Vapor de Mercurio de Alta Presión.

Fig. IV.34.- Uno de los 4 Postes Tubulares de Acero de 54 metros de Altura, para Iluminación de *"El Estadio Nacional"*, de Santiago de Chile. Cada Poste lleva 64 Lámparas Incandescentes de 1 500 Watts. Iluminación: 410 lux.

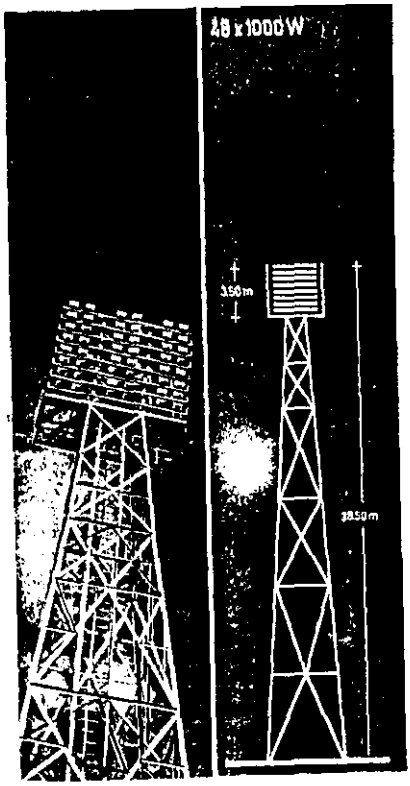


Fig. IV.35.- Una de las 4 Torres de Celosías de 38,5 metros de Altura para Iluminación de *"El Estadio de la Haya"* en Holanda. Cada Torre lleva 48 Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 Watts. Iluminación Horizontal: 225 lux. Iluminación Vertical: 250 lux.

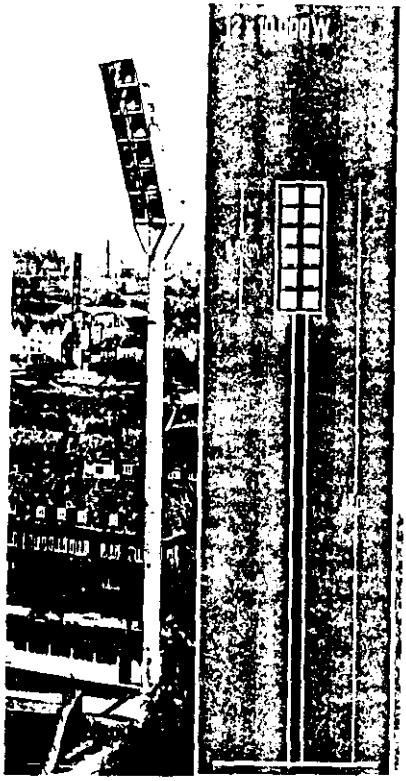


Fig. IV.36.- Uno de los 4 Postes Tubulares de Acero de 46 metros de Altura, para Iluminación de *"El Estadio de Monchengladbach"* (Alemania). Cada Poste lleva 12 Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 10 000 Watts. Iluminación: 440 lux.

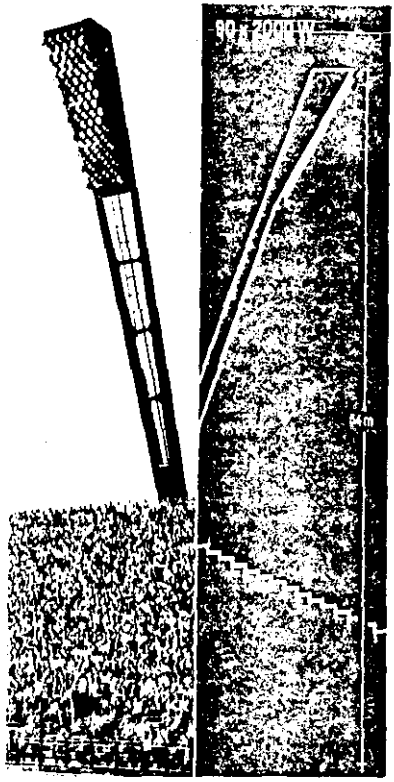


Fig. IV.37.- Uno de los 4 Postes Inclinados de Acero de 54 metros de Altura, para Iluminación de *"El Estadio Volkspark"* de Hamburgo (Alemania). Cada Poste lleva 90 Proyectores con Lámparas Incandescentes de 2 000 Watts. Iluminación: 500 lux.

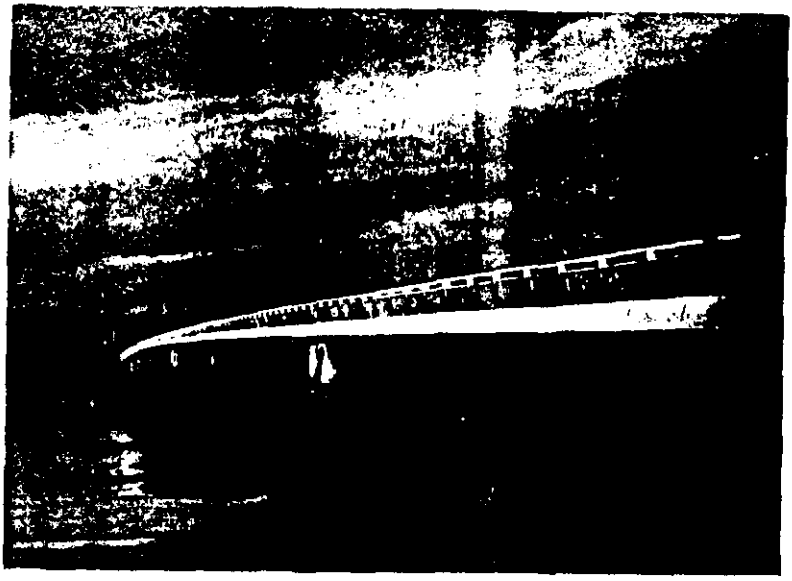


Fig. IV.38.- Iluminación de *"El Puente de King's Avenue"* en Camberra (Australia), que se ha previsto para Iluminar la Calzada y, al Mismo Tiempo, Acentuar el Aspecto Estético de El Puente Durante la Noche. La Baranda Está Provista de Lámparas Fluorescentes de Flujo Dirigido y Encendido Intantáneo de 80 Watts/4 600 Lúmenes, a una Altura de 115 metros Sobre la Acera, en Paneles Difusores. Para Iluminar los Ornamentos de Aluminio de Cada Pilar, se han Montado Armaduras Especiales con Lámparas Incandescentes Reflectoras, de 150 Watts. En la Baranda, Iluminación Horizontal 430 lux; en la Calzada, Iluminación Vertical 180 lux; en el Centro de la Carretera, Iluminación Vertical 10 lux.

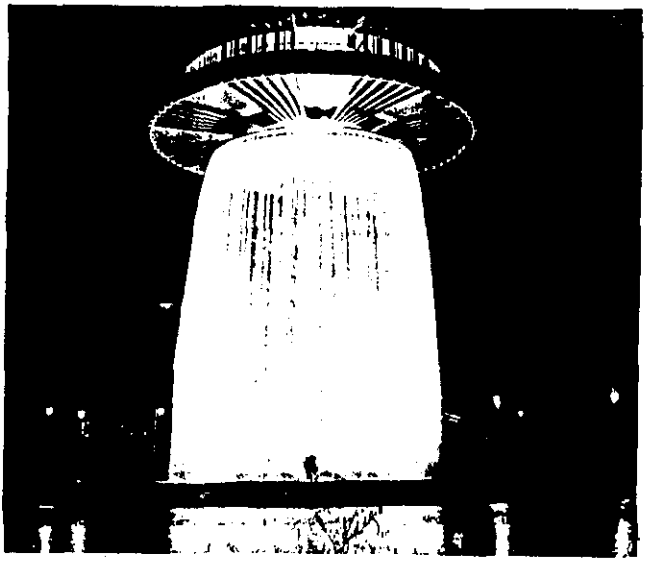


Fig. IV.39.- Restaurante Elevado de *"El Parque de Atracciones de Madrid"*. Cúspide, 12 Faros Rotativos Color Rojo y 12 Color Ámbar, de 40 Watts. Iluminación General: Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1000 y de 2 000 Watts. Elementos Decorativos en la Columna, con Lámparas Estándar de Colores Blanco, Rojo, Verde y Azul, de 60 Watts.

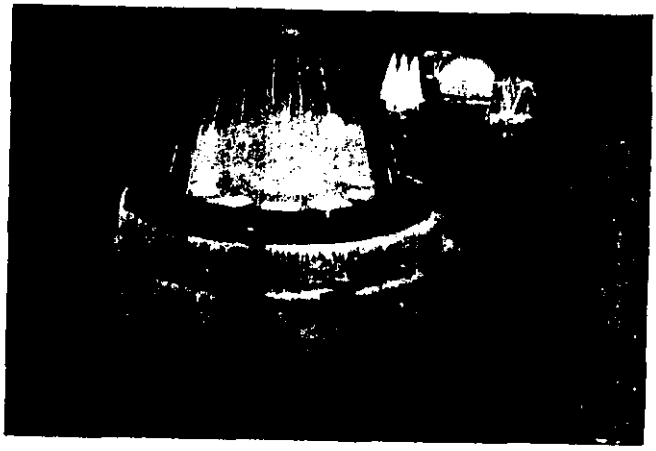


Fig. IV.40.- Fuentes y Cascadas de *"El Parque de Atracciones de Madrid"*. En las Fuentes y Surtidores, Lámparas Proyectoras de 100 y 150 Watts con Filtros Coloreados, en Armaduras Sumergibles. En las Cascadas, lámparas Sofito de 100 Watts, con y sin Filtros Coloreados. En las Emulsiones, Lámparas Estándar de 500 Watts. Control de Cambios de Color por Variadores Electrónicos y Mando Automático.

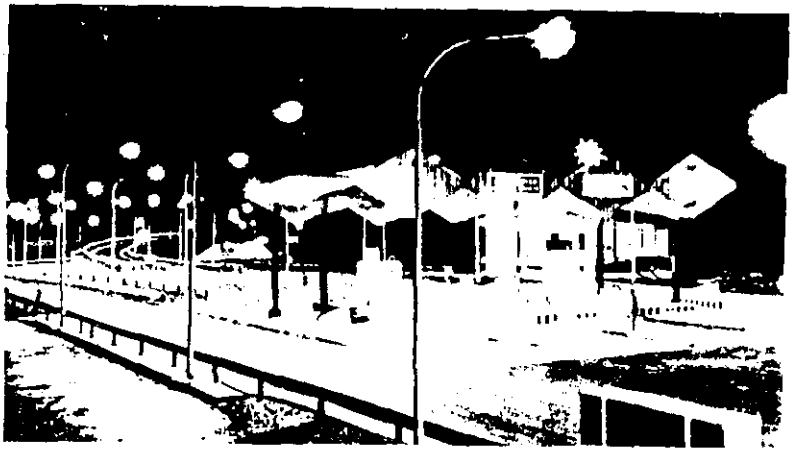


Fig. IV.41.- Estación de Peaje en las Autopistas del Mediterráneo. La Autopista está iluminada con Lámparas Ovoides de Vapor de Sodio a Alta Presión de 400 Watts/38 000 Lúmenes, Instalados en Armaduras. La Estación de Peaje Está Alumbrada con Lámparas Fluorescentes de 65 Watts/2 800 Lúmenes, Color Confortable de Lujo.

Fig. IV.42.- Exterior de *"El Polígono de Palma de Mallorca"*. Iluminación con Lámparas de Vapor de Mercurio, de Color Corregido, de 250 Watts/12 000 Lúmenes y de 400 Watts/21 000 Lúmenes, Montados en Armaduras.

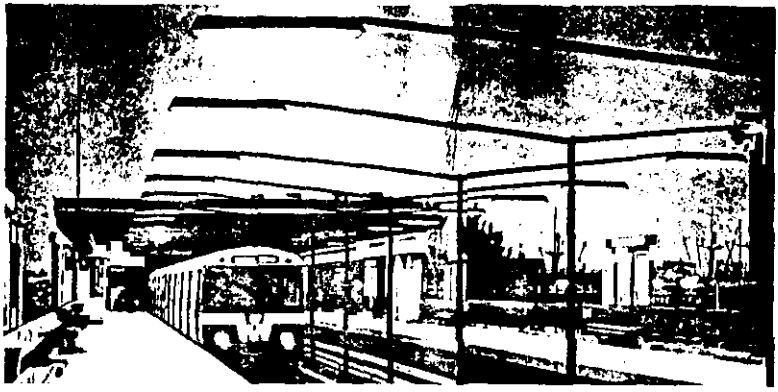


Fig. IV.43.- Iluminación del Andén Descubierto de una Estación del Metro de Rotterdam (Holanda). Armaduras Cerradas con 3 Lámparas Fluorescentes de 40 Watts Sobre el Andén, Montadas en Brazos Largos (4 metros). Iluminación: 150 lux.

Fig. IV.44.- Alumbrado Interior de *"La Iglesia Conventual de la Compañía de Santa Teresa de Jesús"* (Tarragona). Nave y Coros 47 Lámparas Estándar de 60 Watts. Altar, 4 Lámparas Estándar de 200 Watts con Reflectores Dispersivos, 2 Lámparas Estándar de 300 Watts con Reflectores Concentradores, 12 Lámparas Fluorescentes de 40 Watts, Color Blanco Sol de Lujo, 4 Lámparas Fluorescentes de 20 Watts, Color Blanco de Lujo. Ventanales, 30 Lámparas Fluorescentes de 40 Watts y 30 Lámparas de 20 Watts, Color Luz de Día. Iluminación Media: General, 300 lux, en el Altar, 700 lux.

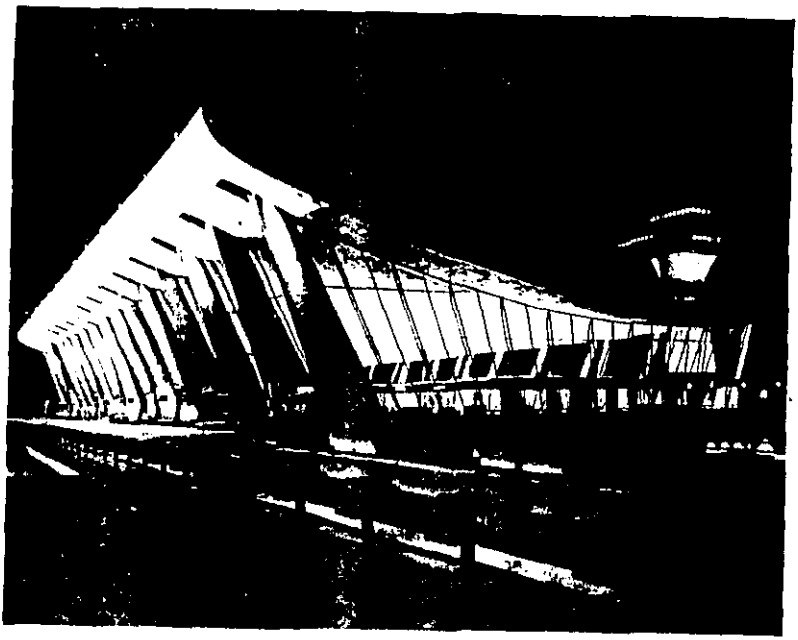


Fig. IV.45.- Iluminación Exterior del Edificio de *"El Aeropuerto Internacional Dulles"* en Washington D. C. La Iluminación de la Fachada es por Lámparas Reflectoras de Vidrio Prensado, de 500 Watts; Iluminación Vertical por 15X6 Lámparas Reflectoras de 500 Watts Incorporadas en la Marquesina.

Fig. IV.46.- Mirador de *"El Alcalde"* (Parque de Montjuich, Barcelona, España). Cascadas, con Lámparas Sofito de 60 Watts, Semiespejadas. Surtidores Zona Alta, con Lámparas Proyectoras 500 Watts, con Filtro Color Ámbar. Emulsiones de Largos Inferiores, con Lámparas de Vapor de Sodio, de Diversas Potencias en Soportes Estancos. Jardinería, Mediante Farolitos con Lámparas Estándar Amarillas de 60 Watts, Armaduras Empotradas con Lámparas de Vapor de Mercurio, sin Corrección de Color, de 85 y 125 Watts y Reflectores Empotrados con Lámparas Incandescentes de 150 Watts.

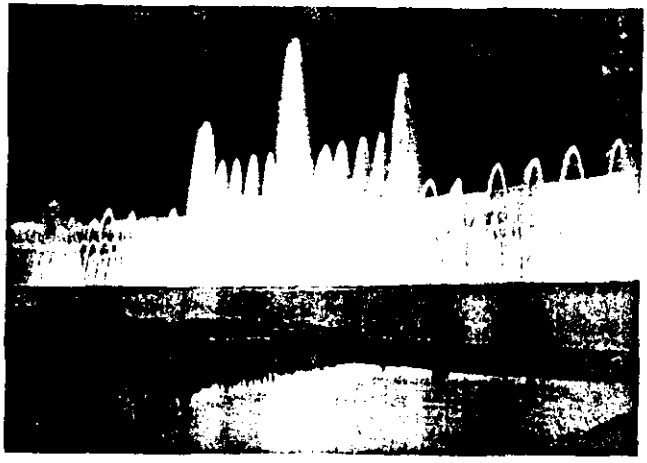


Fig. IV.47.- *"Teatro de Agua-Luz"* de Santo Domingo (República Dominicana). En las Grandes Cascadas de Fondo, Lámparas Proyectoras de 150 Watts, con Filtros de Color, Ocultas Bajo los Vertederos. En la Cascada Anterior, Lámparas de Sofito de 100 Watts, con Filtros de Color. En los Juegos de Agua, Lámparas Proyectoras de 500 Watts Claras, Bajo Claraboyas y Filtros de Color Desplazables por Telemando. Para el Escenario Cañones de Luz, de Arco y de Lámparas, con Filtros de Color. Control General con Pupitre de Telemando.

Fig. IV.48.- Alumbrado de la Oficina Técnica de la Compañía de Contadores de Montornés del Vallés (Barcelona). Lámparas Fluorescentes de 65 Watts, Color Blanco Industrial, en Armaduras con Placa Difusora Semiempotradas en el Cielorraso (3 Lámparas por Armadura).

Fig. IV.49.- Alumbrado de *"La Biblioteca del Liceo Francés"* (Barcelona). Lámparas Fluorescentes de 40 Watts, Color Blanco Brillante de Lujo, en Armaduras Apoyadas con Pantalla Difusora, Apoyadas en el Cielorraso (2 Lámparas por Armaduras).

Fig. IV.50.- Alumbrado Interior de *"Die Commerzbank"* en Dusseldorf (Alemania). La Instalación Comprende 800 Reflectores de Espejo Provistos de 1 Lámpara de Cabeza Plateada de 150 Watts. El Calor Producido por las Lámparas se Aprovecha para Calefacción del Recinto. Iluminación: 500 lux, Ajustable a un Máximo de 1 200 lux.

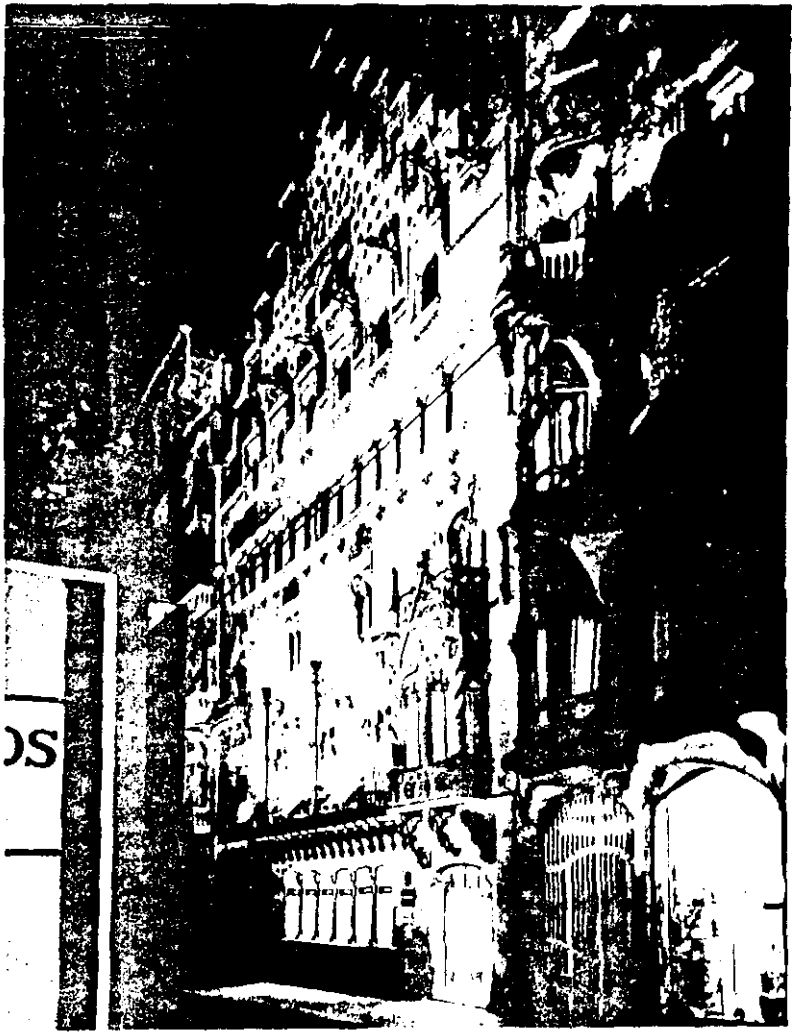


Fig. IV.51.- Iluminación Exterior de *"El Edificio Amatller"* en el Paseo de Gracia de Barcelona (España), con Proyectores Provistos de Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 Watts.

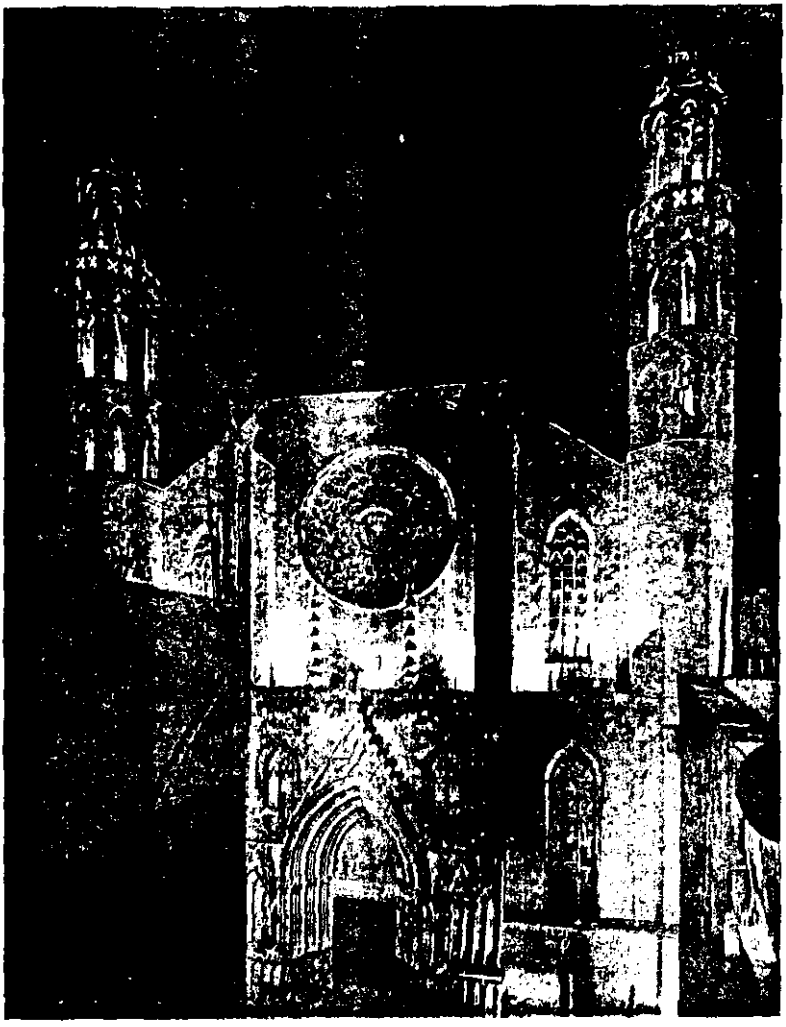


Fig. IV.52.- Iluminación Exterior de *"La Basílica de Santa María del Mar" (Barcelona).* Se utilizan 20 Lámparas de Vapor de Mercurio de Color Corregido de 80, 250 y 400 Watts, y 24 Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 500 Watts.

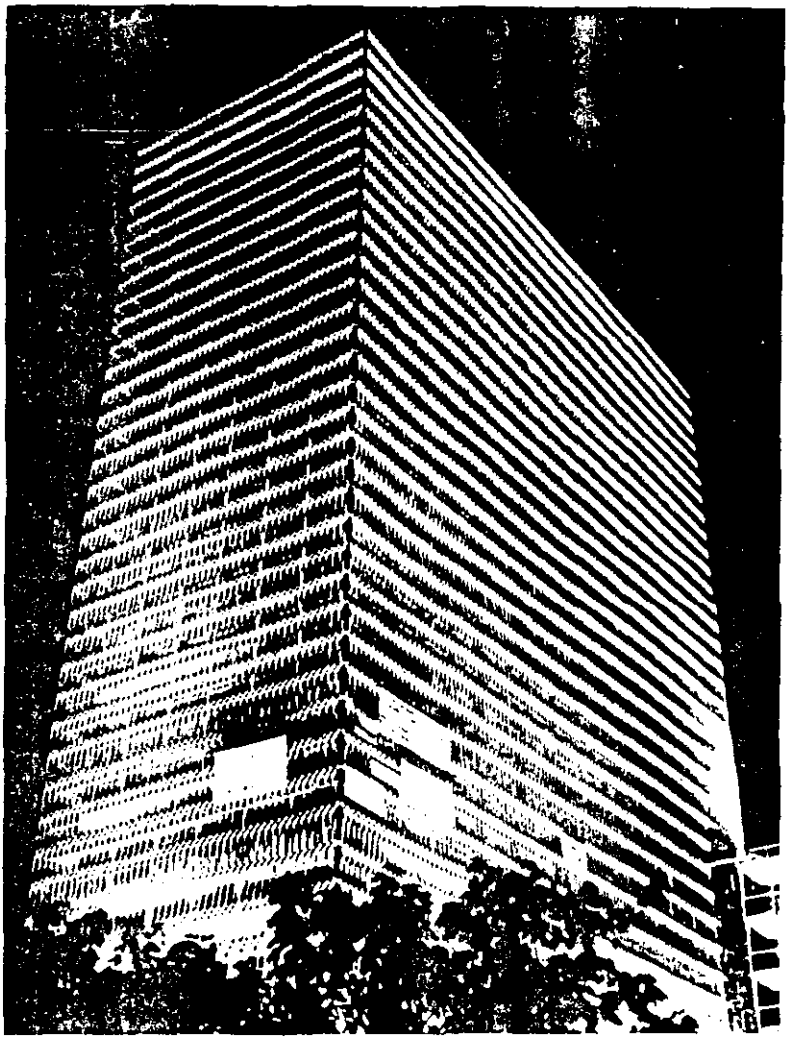


Fig. IV.53.- Iluminación Exterior de *"El Edificio de Autopistas Concesionaria Española S.A."* (Barcelona, España), Mediante Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000 y de 2 000 Watts.

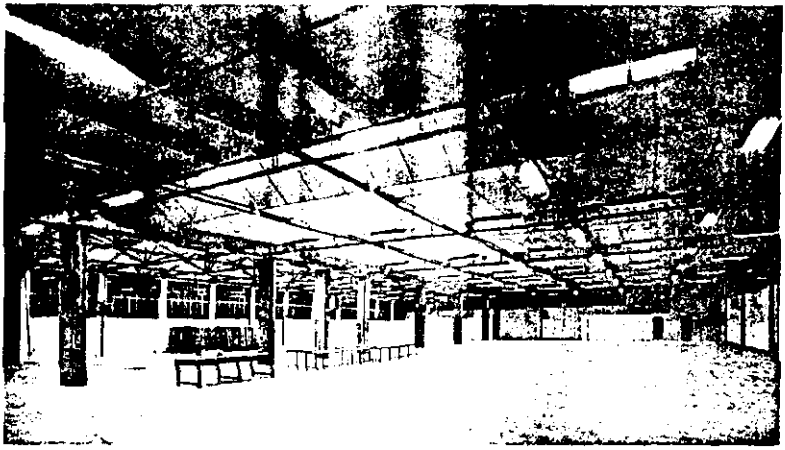


Fig. IV.54.- Alumbrado de una Nave Industrial con Lámparas Fluorescentes de 65 Watts, Color Blanco Industrial, en Reflectores Industriales Suspendidos en las Vigas (2 Lámparas por Reflector).

Fg. IV.55.- Alumbrado de un Garage con Lámparas Fluorescentes de 40 Watts, Color Blanco Industrial, en Reflectores Industriales Suspendidos de las Vigas (2 Lámparas por Reflector).

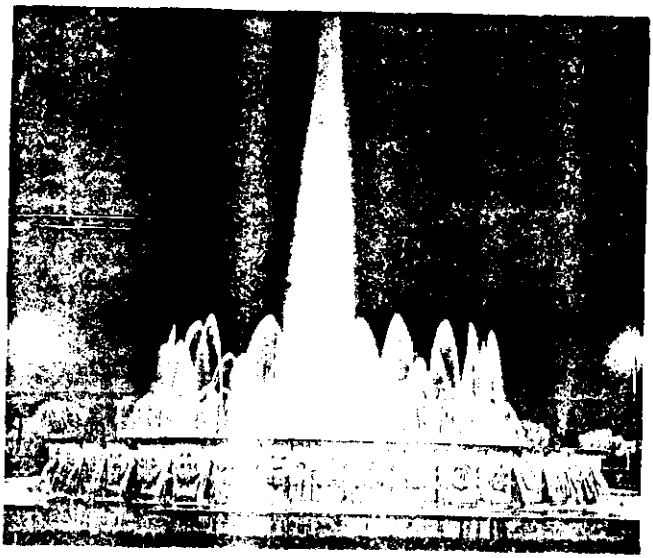


Fig. IV.56.- Fuente Circular de Lisboa (Portugal). En la Cabina de Máquinas, Lámparas de Incandescencia de 500 Watts, con Reflector, Bajo Claraboyas, Dentro de Prismas Portafiltros de Color, Giratorios.

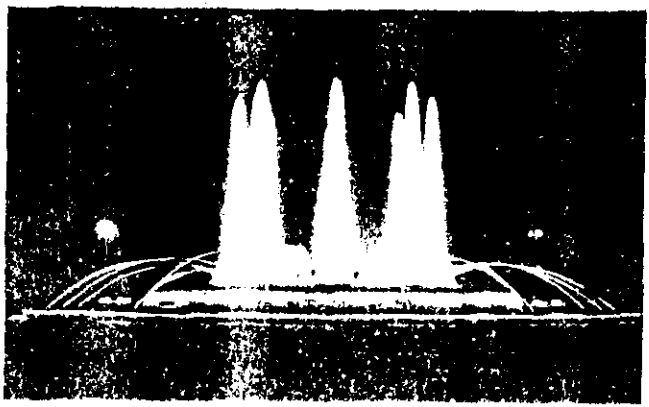


Fig. IV.57.- Fuente Circular de *"Casablanca"* (Marruecos). En el Interior de la Cabina, Bajo Claraboyas, Lámparas Protectoras de 500 Watts, Claras, con Prismas y Discos Portafiltros de Color, Desplazables por Telemando. En el Lago Inferior, Armaduras Estancas con Lámparas Proyectoras. En los Bordes del Estanque Lámparas Proyectoras de 150 Watts, con Portalámparas Herméticos Sumergibles. En el Pretil Exterior, Tubo Fluorescente de Alta Tensión, de Color Verde y Lámparas de Sofito de 100 Watts, Semiespejadas con Filtros de Color Verde y Lámparas de Sofito de 100 Watts, Semiespejadas con Filtros de Color. Control Automático Electromecánico y Electrónico con Sincronización Musical.

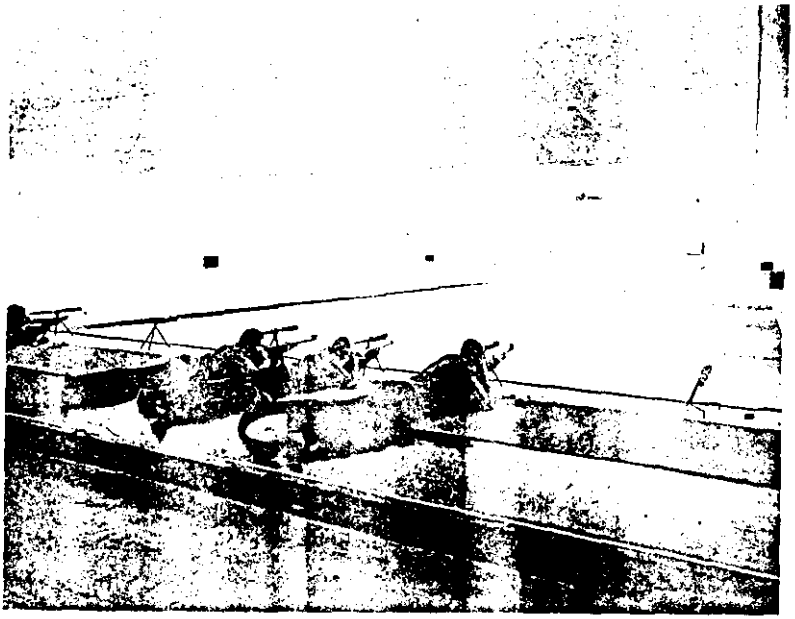


Fig. IV.58.- Polígono de Tiro en *"El Centro Shell"* de Londres (Reino Unido de la Gran Bretaña). El Techo en Diente de Sierra Esconde 4 Hileras de 8 Lámparas Fluorescentes de 40 Watts. Alumbrado de los Blancos, por una Hilera de 6 Lámparas Fluorescentes de 30 Watts, Montadas en una Garganta a Nivel de Suelo. Iluminación en los Blancos: 550 lux.

Fig. IV.59.- Iluminación de *"Las Ramblas"* de Barcelona (España). Para Destacar el Color Verde de la Vegetación, se han Instalado Proyectores Extensivos Sobre las Ramas de los Árboles, con Lámparas de Vapor de Mercurio sin Corrección de Color.

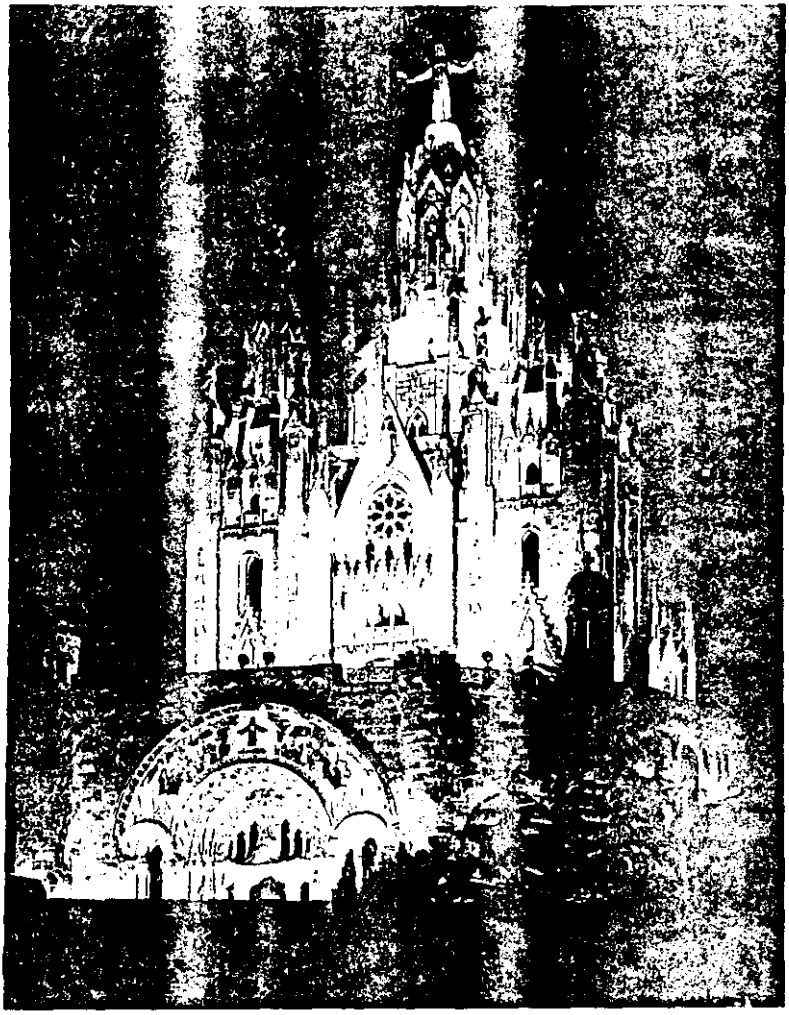


Fig. IV.60.- Iluminación Exterior de *"El Templo Expiatorio del Tibidabo"* en Barcelona (España). Reflectores con Lámparas Incandescentes de 500, 1 000 y 1 500 Watts.

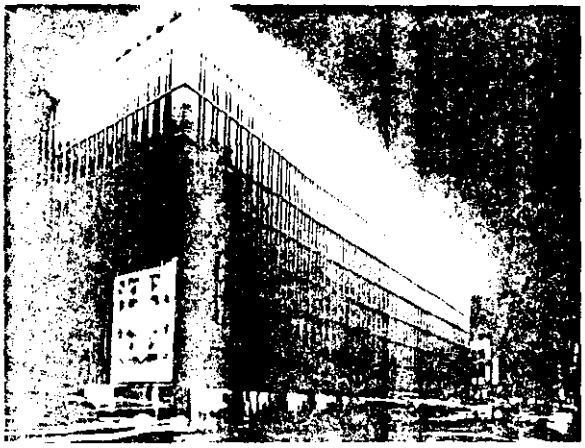


Fig. IV.61.- Iluminación Exterior de los Grandes *"Almacenes de Maruei"* en Nagoya (Japón). La parte Supeior de la Fachada del Edificio se Ilumina por Medio de 88 Lámparas Reflectoras de Vapor de Mercurio de 400 Watts, Montadas en Brazos Murales de 1,5 metros de Longitud, Separados por una Distancia de 1,5 metros. La Iluminación Vertical Media es de: 140 lux.

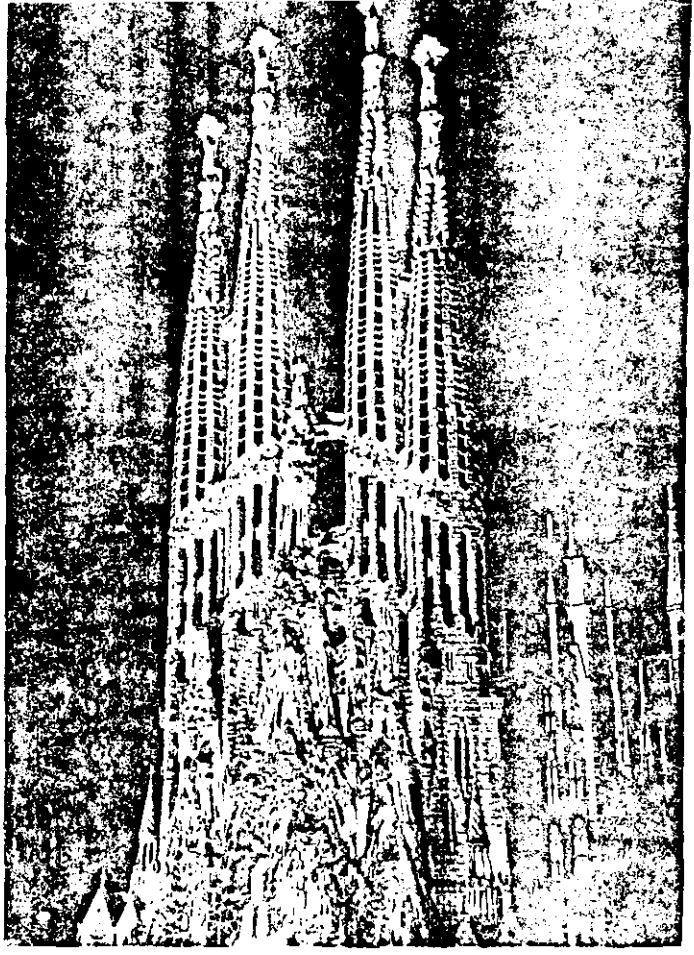


Fig. IV.62.- Iluminación Exterior de *"El Templo de la Sagrada Familia"* en Barcelona (España). Iluminación General con Dos Baterías: Una, Próxima a la Base del Edificio por Medio de 60 Proyectores con Lámparas de Cuarzo-Yodo de 1 000, 1500 y 2 000 Watts; Otra, a Distancia, para Refuerzo de las Torres y Vértices, por Medio de Proyectores con Lámparas Incandescentes Especiales de 1 000, 1 500 y 3 000 Watts. Iluminación Complementaria, para Destacar los Detalles Arquitectónicos y Escultóricos, Mediante Proyectores con Lámparas de Vapor de Mercurio sin Corrección de color de 250 y 400 Watts y con Lámparas Integrales de Vapor de Sodio de 45 y 140 Watts.

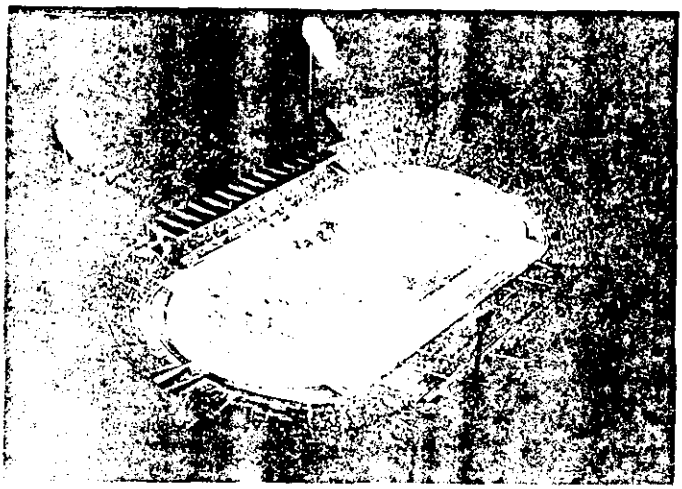


Fig. IV.63.- Vista Aérea de *"El Estadio Neckar"* en Stuttgart (Alemania). La Instalación de Alumbrado Está Especialmente Diseñada para Retransmisiones por Televisión en Color y Comprende 406 Proyectores con Lámparas de Vapor de Mercurio con Aditivos de Yoduros, de 2 000Watts/180,000 Lúmenes Repartidas Entre 4 Postes (94 Proyectores por Poste) y 30 Proyectores en el Borde Inferior del Voladizo Sobre el Campo de Juego. Iluminación Vertical: 1 200 lux. Iluminación Horizontal: 1 500 lux.

CONCLUSIONES

Es importante contar con fuentes luminosas eficientes, ya que la radiación de energía visible, está comprendida en un campo muy pequeño dentro del espectro electromagnético. También se debe iluminar cada superficie con el color de luz apropiado, ya que trae como consecuencia una mejor visión, una eficiente iluminación y una apreciaicón adecuada de los colores de los objetos.

Es importante en la práctica, saber usar el término temperatura de color, ya que por medio de él, se puede diferenciar la Calidad de color que proporcionan las diferentes fuentes de luz artificial. De igual forma, es importante conocer el funcionamiento del Ojo Humano, para poder proporcionarle a el Hombre los niveles de iluminación con los cuales trabaja eficientemente y además pueda descansar la vista en cada una de sus actividades. Dentro de este mismo rubro, se debe conocer de forma adecuada, la curva de sensibilidad luminosa del Ojo Humano, ya que cambia de acuerdo a los niveles de iluminación y trae como consecuencia que se pierda ó se gane habilidad para valorizar los colores.

Otro concepto importante para manejar y conocer correctamente es el que se refiere a las Curvas de Distribución Luminosa, ya que por medio de éstas se puede calcular el nivel de intensidad de iluminación sobre las superficies. Se debe manejar correctamente la idea de Intensidad Luminosa Media esférica, ya que en una luminaria la distribución luminosa entre la semi-esfera superior y la inferior, sirve de base para clasificar la luminaria como directa, semi-indirecta, general difusa, etcétera.

También se deben conocer los tipos de lámparas existentes y saber sus características de funcionamiento, de construcción y de iluminación, para utilizar la lámpara adecuada en cada ocasión. Es de mucha utilidad saber cómo se verán los colores de los objetos iluminados con cada tipo de lámpara, para crear un ambiente adecuado a las necesidades del local a iluminar. Ya que se debe aprovechar el elevado rendimiento luminoso de algunas lámparas para utilizarlas en lugares donde la seguridad es más importante que el rendimiento de color. Adicional a lo anterior, se debe aprovechar la larga vida útil de algunas lámparas, haciéndolas funcionar en lugares poco accesibles para que al término de su vida, la reposición resulte económica, ya que se realiza por tiempos largos. De lo anterior se concluye, que es necesario contar con una lámpara que tenga buen aspecto de color, buena reproducción de color en los objetos, elevado rendimiento lumínico, larga vida útil y que además sea económica.

Finalmente, es muy importante saber aplicar el método de cálculo de iluminación adecuado porque cada caso varía de acuerdo a la importancia del local y a la dificultad que presenta para su alumbrado, ya que se tendrá que iluminar desde pequeñas oficinas ó talleres, hasta grandes almacenes comerciales ó teatros, los cuales requieren mayor planificación para desarrollar un proyecto satisfactorio. Pero no hay que olvidar, que por muy sencillo que parezca el problema, la iluminación de todo local requiere de una planificación adecuada, si se requiere proporcionar la buena Calidad de ésta. Por lo que, es conveniente tomar en consideración las Normas que se deben seguir en todo proyecto de iluminación, ya que de esto depende que pueda proporcionar seguridad y ambientes agradables, y que además permita al ojo humano trabajar eficazmente, descansando la vista en todas sus actividades.

BIBLIOGRAFÍA

" ELEMENTOS DE ALUMBRADO "

Juan Ignacio Lima Velasco. Edit. Instituto Politécnico Nacional.

" INSTALACIONES ELÉCTRICAS PRÁCTICAS "

Diego Onésimo Becerril. Edit. Instituto Politécnico Nacional.

" PROTECCIÓN DE SISTEMAS DE POTENCIA E INTERRUPTORES "

Ravindranath Chander. Edit. LIMUSA.

" SISTEMAS DE ILUMINACIÓN. PROYECTOS DE ILUMINACIÓN "

José Ramírez Vazquez. Edit. CEAC.

ÍNDICE

JUSTIFICACIÓN 1

OBJETIVO GENERAL 2

OBJETIVOS PARTICULARES 2

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN 3

CAPÍTULO II.- PROTECCIONES PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN 10

II.1.- Introducción 10
II.2.- Naturaleza y Causas de las Fallas 11
II.3.- Consecuencias de las Fallas 13
II.4.- Cualidad Esenciales de la Protección 14
II.4.1.- Confiabilidad 14
II.4.2.- Selectividad 15
II.4.3.- Rapidez de Operación 15
II.4.4.- Discriminación 16
II.5.- Principio Básico de Operación del Sistema de Protección 17
II.6.- Consideraciones Económicas 18
II.7.- Terminología Básica 19
II.8.- Protección Contra Sobrecorriente 23
II.8.1.- Generalidades 23
II.8.2.- Ubicación 27
II.8.3.- Cubiertas 28
II.8.4.- Desconexión y Resguardo 29
II.8.5.- Construcción e Identificación 30

CAPÍTULO III.- ILUMINACIÓN DE EXTERIORES 33

III.1.- Conceptos Generales 33
III.2.- Alumbrado Público 34
III.2.1.- Intensidad de Iluminación 34
III.2.2.- Características de las Lámparas 36
III.2.3.- Características de los Aparatos de Alumbrado ... 38
III.2.4.- Altura y Separación de los Aparatos de Alumbrado 48

CAPÍTULO V.- APLICACIONES 54

IV.1.- Casos Especiales de Aplicaciones 54
IV.2.- Proyectos de Alumbrado Público 61

CONCLUSIONES 120

BIBLIOGRAFÍA 122

ÍNDICE 123