

48



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"PLANEACION DE INSTALACIONES ELECTRICAS  
EN EDIFICIOS PARA EL AHORRO Y USO RACIONAL  
DE LA ENERGIA ELECTRICA"**

798046

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A N :**

**VICTOR HUGO HERNANDEZ CRUZ**

**SALVADOR VELAZQUEZ PONCE**

**ASESOR: ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA**

**CUAUTITLAN IZCALLI. EDO. DE MEXICO**

**2001.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA 14  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Planeación de Instalaciones Eléctricas en Edificios  
para el Ahorro y Uso Racional de la Energía Eléctrica"

que presenta el pasante: Victor Hugo Hernández Cruz  
con número de cuenta: 9035575-0 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

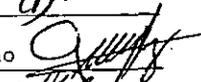
ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 03 de Abril de 2000

PRESIDENTE Ing. Aquiles Reyes Flores 

VOCAL Ing. Casildo Rodríguez Arciniega 

SECRETARIO Ing. Ma. de la Luz González Quijano 

PRIMER SUPLENTE Ing. Ramón Osorio Galicia 

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Oscar Cervantes Torres 



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
 FACULTAD DE ESTUDIOS  
 SUPERIORES - CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Planeación de Instalaciones Eléctricas en Edificios  
para el Ahorro y Uso Racional de la Energía Eléctrica"

que presenta el pasante: Salvador Velázquez Ponce  
 con número de cuenta: 9028006-3 para obtener el TÍTULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E,  
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 03 de Abril de 2000

PRESIDENTE Ing. Aquiles Reyes Flores

VOCAL Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

SECRETARIO Ing. Ma. de la Luz González Quijano

PRIMER SUPLENTE Ing. Ramón Osorio Galicia

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Oscar Cervantes Torres

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Ing. Casildo Rodríguez Arcieniega por su acertada y oportuna dirección en el desarrollo de este trabajo. A todos los profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (I.M.E.), quienes a lo largo de toda nuestra carrera compartieron con nosotros sus conocimientos teóricos y prácticos, los cuales tratamos de plasmar en esta tesis como un modesto reconocimiento a ellos.

Agradecemos a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, personal docente, administrativo y a toda la comunidad estudiantil, a quienes dedicamos este trabajo en agradecimiento al tiempo en que compartimos este recinto universitario.

Agradecemos de manera especial a la Universidad Autónoma de México, a toda la comunidad universitaria, por abrirnos sus puertas al conocimiento y permitarnos formar parte de la máxima casa de estudios de este país, a la cual damos todo nuestro reconocimiento y dedicamos con respeto y humildad este trabajo, esperando de esta manera contribuir en la tarea diaria que tenemos todos los universitarios, construir una mejor y más competente Universidad Autónoma de México.

A través de este trabajo rindo un pequeño tributo al esfuerzo incansable y apoyo incondicional, que me han brindado mis padres para la culminación de este objetivo.

Agradezco a mi familia por la confianza depositada en mí, y hago partícipes a todos y cada uno de ellos de la satisfacción que el día de hoy me concede la llegada a tan anhelada meta.

VICTOR HUGO HERNÁNDEZ CRUZ.

Con todo cariño dedico esta tesis a Dios, quien día con día ilumina con sus bendiciones mi camino, a mis padres por creer en mí, por su apoyo, atención, cariño y bendiciones, porque gracias a todo ello he logrado alcanzar la meta más deseada. A mis hermanos, por darme su compañía y por saber respetar mi forma de ser y pensar. A mis maestros por su enseñanza, la cual me ha formado profesionalmente. A todos ellos los quiero, porque estoy seguro que incondicionalmente estarán cerca de mí en los éxitos y fracasos que pudieran aparecer en mi vida.

SALVADOR VELÁSQUEZ PONCE.

# ÍNDICE

	PAG.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1. SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES	1
1.1.1. Legislación y control en materia eléctrica	3
1.1.2. Creación de la Comisión Federal de Electricidad	4
1.1.3. Integración de las empresas eléctricas	4
1.1.4. La nacionalización	5
1.2. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	9
1.2.1. Tecnologías para la generación de energía eléctrica	9
1.2.2. Capacidad instalada	28
1.2.3. Generación de electricidad	30
1.2.4. Consumo de combustibles	32
1.2.5. Principales centrales de generación	33
1.3. TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	35
1.4. SISTEMA INTEGRAL DE DISTRIBUCIÓN DE ENRGÁ ELÉCTRICA	38
1.4.1. Automatismo de la distribución	41
1.4.2. Electrificación rural	42
1.5. USUARIOS DEL SERVICIO ELÉCTRICO	44
1.5.1. Edificios: Objeto de estudio	46
<b>2. INSTALACIONES ELÉCTRICAS CONVENCIONALES</b>	<b>48</b>
2.1. CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UNA INSTALACION ELECTRICA	48
2.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA	51
2.2.1. Acometida	52
2.2.2. Equipo de servicio	53
2.2.3. Dispositivo principal de desconexión	54
2.2.4. Dispositivo principal de protección	54
2.2.5. Sistema de distribución	55
2.2.6. Cargas	60

	PAG.
<b>3. CRITERIOS, CONCEPTOS Y RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIOS</b>	<b>63</b>
3.1. DEFINICIONES	63
3.2. REQUISITOS TÉCNICOS DE CARACTER GENERAL	68
3.3. DISEÑO Y PROTECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	72
3.4. SUBESTACIONES: REQUISITOS GENERALES	76
3.5. ILUMINACIÓN	81
3.5.1. Niveles de iluminación en México	82
3.5.2. Selección de equipo	88
3.5.3. Dispositivos ahorradores de energía en iluminación	131
3.5.4. Principios de operación para detectores y temporizadores	133
3.5.5. Procedimiento general de los proyectos de iluminación en interiores	142
3.5.6. Proyecto de iluminación de una Oficina Institucional	152
3.6. APLICACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COSTRUCIONES PARA USO HABITACIONAL	165
3.6.1. Procedimiento simplificado para evaluar la eficiencia térmica de la envolvente de la edificación	168
3.6.2. Ejemplo de aplicación	178
3.6.3. Diseño bioclimático	198
3.6.4. Balance térmico en edificaciones	202
3.7. MOTORES ELÉCTRICOS EFICIENTES	205
3.8. TARIFAS	208
3.8.1. Conceptos generales	209
3.8.2. Tarifas actuales	211
3.8.3. Reducción del costo por consumo de energía	213
3.8.4. Factor de potencia	215
3.8.5. Factor de carga del servicio	216
3.9. ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA	219
3.10. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	223
3.10.1. Características constructivas del banco de capacitores RTC	225
3.10.2. Selección de capacitores RTC para la corrección del factor de potencia	230

	<b>PAG.</b>
<b>4. PROYECTOS REALIZADOS POR EL FIDE PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIOS</b>	<b>233</b>
4.1. FIDE: CONCEPTO Y OBJETIVOS	233
4.2. PROYECTO: EDIFICIO DELCOMITE ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA FEDERAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESCUELAS (CAPFCE)	237
4.3. PROYECTO: EDIFICIO DE INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS (ICA)	253
4.4. PROYECTO: HOTEL MIRAMAR MISIÓN CANCUN PARK PLAZA	272
4.5. PROYECTO: HOTELES CONTINENTAL	287
4.6. PROYECTO: EDIFICIO DEL PATRONATO DEL AHORRO NACIONAL	297
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>310</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>326</b>

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones políticas, económicas y sociales que prevalecen en el mundo, donde se presenta una mayor globalización de las economías nacionales y una interrelación más intensa, hacen necesario que cada país trate de alcanzar mejores niveles de eficiencia en todos los sectores productivos, para poder competir exitosamente en el contexto internacional.

El nivel de competitividad de los sectores productivos nacionales, dentro de los cuales el correspondiente a los energéticos desempeña un papel importante, en el que existen numerosas áreas de oportunidad, en virtud de los diversos grados de eficiencia existentes para su aprovechamiento.

En México, la eficiencia energética está por abajo de la alcanzada en los países desarrollados. Sin embargo, el país está en un proceso de modernización que permitirá establecer las bases para un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos durante el próximo siglo.

El desarrollo tecnológico alcanzado por la industria eléctrica, así como la ampliación de la cobertura de los programas para satisfacer las necesidades de energía eléctrica del país, tanto para su crecimiento como para su desarrollo, están modificando las condiciones de vida de la población. Un elemento de este proceso es el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, que es una tarea que ocupa un lugar prioritario en la política energética del país, por su contribución para aprovechar y conservar los recursos naturales, proteger el medio ambiente y garantizar la suficiencia energética.

Ahorrar energía es un paso importante que permitirá a todas las empresas de cualquier actividad económica del país, enfrentar el reto de la competitividad internacional.

La necesidad de ahorrar energía eléctrica, se sustenta en el hecho, de que vivimos en un mundo que enfrenta graves problemas de tipo económico, político, social y ecológico, y en el que la eficiencia energética se ha transformado en una necesidad que requiere una pronta y adecuada solución.

Por lo que el ahorro de energía no debe plantearse como una necesidad pasajera, sino como un propósito permanente que modifique hábitos de consumo para propiciar en nuestro país una cultura de ahorro y uso eficiente de la misma.

Esta Investigación plantea los siguientes objetivos generales:

- Establecer los elementos de la planeación de instalaciones eléctricas en edificios de uso residencial, comercial e Institucional para el ahorro y uso racional de la energía eléctrica.
- Determinar el ahorro de energía eléctrica mediante la planeación de una instalación eléctrica en edificios.
- El ahorro de energía eléctrica como actividad rentable para los diferentes usuarios del servicio eléctrico.

- Coadyuvar en los estudios relacionados con la utilización de energía eléctrica, así como la investigación, desarrollo y difusión de tecnología para el ahorro de energía eléctrica.

Pretendemos a la vez que esta investigación sirva como herramienta para concientizar a los usuarios, especialistas y profesionales en instalaciones eléctricas, en la importancia que representa el uso racional de la energía eléctrica a través de la planeación de instalaciones eléctricas en edificios.

El estudio se estructura en: introducción, 4 capítulos, conclusiones y bibliografía.

**CAPÍTULO 1.-** En este capítulo se presenta un panorama general del Sector eléctrico en México, así como datos representativos y actualizados sobre Generación, Transmisión y Distribución de energía eléctrica, además de conocer a los usuarios de este servicio, donde los edificios de uso residencial, comercial e Institucional representan nuestro objeto de estudio.

**CAPÍTULO 2.-** Comprende los aspectos generales que se deben considerar dentro de una instalación eléctrica, que junto con el análisis de los elementos principales que constituyen dicha instalación, conforman las bases de la planeación de una instalación eléctrica.

**CAPÍTULO 3.-** En este capítulo se aborda la parte medular de la tesis, ya que en el se determinan los criterios, recomendaciones y acciones a seguir en la planeación de una instalación eléctrica en edificios para el ahorro de energía eléctrica. Cabe mencionar que se incluyen ejemplos prácticos para el mejor entendimiento y comprensión de los temas que conforman este capítulo.

**CAPÍTULO 4.-** En el capítulo 4 se presentan cinco proyectos realizados por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en edificios de uso comercial e Institucional, para el ahorro de energía eléctrica, mediante los cuales se comprueba de forma práctica, la efectividad de los criterios, recomendaciones y acciones que se plantean en el capítulo 3 para el ahorro de energía eléctrica, lo cual se traduce en beneficios energéticos y económicos, que favorecen a las empresas generadoras y a los usuarios de la misma.

# 1. SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO

## 1.1. ANTECEDENTES

En México la evolución de la industria eléctrica se inicia en 1879, con la instalación de la primera planta termoeléctrica en la fábrica textil de Hayser y Portillo en León Guanajuato<sup>1</sup>. Para el año de 1881, se experimentaba en la ciudad de México la instalación de lamparas incandescentes para el alumbrado público, y ocho años después en 1889, se inauguraba en Batopilas, Chihuahua, la primera planta hidroeléctrica con una capacidad de 22 kW, destinada a satisfacer las necesidades mineras de la región. Otros esfuerzos que se realizaron para introducir energía eléctrica en la industria mexicana, se llevaron a cabo en 1892, en la mina Santa Ana de San Luís Potosí, en las minas El Boleo en 1897 y en las explotaciones mineras de Real del Monte en Pachuca, Estado de Hidalgo.

Las aplicaciones de la electricidad en las industrias textil y minera fueron imitadas posteriormente por toda la industria nacional en sus procesos de producción. La capacidad de las pequeñas plantas generadoras privadas fue superada por la creciente demanda de la industria, de los servicios municipales y de los transportes, lo que propició la formación de empresas específicas de producción de electricidad apoyadas en la capitalización de las fuentes de energía y de las concesiones, mismas que fueron adquiridas a costos muy bajos.

---

<sup>1</sup> El Sector Eléctrico de México. Comisión Federal de Electricidad

Se establecieron en el país un gran número de empresas de capital extranjero, como la Mexican Light and Power Company y la Río Conchis Electric Power and Irrigation Company. El interés de las empresas extranjeras, se reflejó de manera clara en la tendencia a concentrar el desarrollo eléctrico en los lugares con mayor densidad de población, sin considerar el renglón de la electrificación rural, por estimarlo poco redituable. En consecuencia, los beneficios de la industria eléctrica no llegaron a la mayor parte de la población, lo que propició, la intervención del Estado a través de medidas regulatorias del servicio.

### **1.1.1. Legislación y control en materia eléctrica**

La legislación y el control en materia eléctrica tuvieron un inicio incierto con la participación alterna de las entonces secretarías de Comunicaciones y Obras Públicas, Agricultura y Fomento, así como el Departamento de Industria y Comercio. Las atribuciones para desarrollar políticas, otorgar concesiones, reglamentar y supervisar las actividades desarrolladas por las empresas eléctricas concesionarias, cambiaban constantemente de una autoridad a otra provocando un desorden administrativo y la consolidación de los privilegios de los concesionarios.

En 1923 durante el gobierno del presidente Alvaro Obregón, se creó la Comisión Nacional de Fuerza Motriz<sup>2</sup>, lo que significó un primer intento del Estado mexicano por ejercer el control adecuado de la industria eléctrica, reconociendo la importancia y su trascendencia en el desarrollo económico y social del país.

La primera obra legislativa en esta materia, fue el Código Nacional Eléctrico, aparecido en 1926<sup>3</sup>, y la reforma a la fracción X del artículo 73 de la Constitución<sup>4</sup>, que otorgó al Congreso Federal la facultad para legislar sobre la energía eléctrica.

---

<sup>2</sup> Diario Oficial de la Federación del 2 de junio de 1923.

<sup>3</sup> Diario Oficial de la Federación del 11 de mayo de 1926.

<sup>4</sup> Diario Oficial de la Federación del 18 de enero de 1934.

## **1.1.2. Creación de la Comisión Federal de Electricidad**

El 14 de agosto de 1937 se crea la Comisión Federal de Electricidad (CFE)<sup>5</sup> y se expiden en 1939 la Ley de impuesto sobre Consumo de Energía Eléctrica<sup>6</sup> y la Ley de la Industria Eléctrica<sup>7</sup>.

Con la creación de la Comisión Federal de Electricidad, el crecimiento económico que se registraba en esas fechas y la consecuente demanda creciente de energía, determinaron que las empresas privadas disminuyeran sus inversiones y frenaran el desarrollo eléctrico hasta 1943. Prueba de ello es, el hecho de que la capacidad instalada de servicio público creció, entre 1937 y 1943, a menos de 1% anual.

## **1.1.3. Integración de las empresas eléctricas**

El proceso de integración de las empresas eléctricas que operaban en la República Mexicana, se dio en dos planos: la integración que lograron las empresas extranjeras más poderosas y la que inició el gobierno con la creación y desarrollo posterior de la Comisión Federal de Electricidad.

Las prácticas monopólicas de las empresas extranjeras, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza, de capital anglocanadiense y el grupo de Impulsora de Empresas Eléctricas, que estaba ligado a través de la American and Foreign Power Company, con la Electric Bond and Share de Estados Unidos de

---

<sup>5</sup> Diario Oficial de la Federación del 24 de agosto de 1937.

<sup>6</sup> Diario Oficial de la Federación del 16 de enero de 1939.

<sup>7</sup> Diario Oficial de la Federación del 11 de febrero de 1939.

América, lograron en un plazo no mayor de 30 años dominar el panorama de la industria eléctrica en México.

Por parte del Estado, la Comisión Federal de Electricidad y el grupo de la Compañía Eléctrica Chapala, S.A. (que fue adquirido en 1940), establecen el grupo que habría de competir con las empresas de capital extranjero, para prestar el servicio público de electricidad dentro del territorio nacional.

#### **1.1.4. La Nacionalización**

La iniciativa presentada en 1960 por el ejecutivo federal para adicionar el párrafo sexto del artículo 27 constitucional<sup>8</sup>, el cuál dispone que “corresponde exclusivamente a la Nación generar, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.

En su informe de gobierno de 1920, el presidente López Mateos dio a conocer al país la adquisición de la mayoría de las acciones de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, que se encontraba en poder de inversionistas de varias nacionalidades. La compra de las acciones se realizó a través del Banco de México y Nacional Financiera, con el auxilio de varias instituciones bancarias y financieras extranjeras. El gobierno mexicano, se convirtió así en accionista mayoritario de dicha empresa, al adquirir 95% de las acciones comunes y 74% de las preferentes.

Posteriormente, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A., y sus filiales L.M. Guibara Sucesores, S. en C. y Compañía Mexicana Hidroeléctrica y de Terrenos, S.A., fueron autorizadas para enajenar a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A.

La mayoría de las acciones de la Mexican Light and Power Company quedaron en propiedad del gobierno de México y a su vez, esta empresa continuó como propietaria de casi todas las acciones de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A., y sus asociadas: Compañía de Luz y Fuerza de Pachuca, S.A., Compañía de Luz y Fuerza Eléctrica de Toluca, S.A., y Compañía Mexicana Meridional de Fuerza, S.A.

Por otra parte, el 21 de abril del mismo año de 1960, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, suscribió el convenio de compraventa de los activos de las empresas eléctricas que hasta ese momento estaban bajo la propiedad de la American and Foreign Power Company, Inc., subsidiaria a su vez del consorcio norteamericano Electric Bond and Share.

La operación de compraventa surtió sus efectos retroactivamente al 31 de marzo de 1960 y el precio estipulado fue de 65 millones de dólares: cinco millones pagados en efectivo el 26 de abril de 1960 y el resto pagadero a 15 años, en forma semestral, con causa de intereses al 6.5% anual sobre saldos insolutos. Nacional Financiera asumió deudas contraídas por las compañías vendedoras, que ascendían a 32,099,715 dólares. Debe mencionarse que los

---

<sup>8</sup> Decreto de fecha 23 de diciembre de 1960, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre del mismo año.

sesenta millones que serían pagados en un plazo de 15 años, debían invertirse en negocios en México que impulsaran el desenvolvimiento de la economía nacional.

Con la compra de las acciones de las empresas integrantes de los dos consorcios más importantes en el país, en materia de generación y suministro de energía eléctrica, el proceso de integración tuvo un avance definitivo. El control del servicio público lo asumió el gobierno federal, a través de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, S.A., del Grupo Nacional Financiera-Empresas Eléctricas y de la propia Comisión Federal de Electricidad con 19 afiliadas.

Con fecha 19 de enero de 1962, se publicaron en el *Diario Oficial de la Federación* las primeras tarifas de aplicación nacional, eliminando así la existencia de 168 juegos de tarifas que se venían aplicando en diversas regiones del territorio de la República, lo que repercutió de manera positiva en un trato sobre bases de igualdad para los diferentes tipos de usuarios.

Desde el punto de vista técnico deben mencionarse dos hechos importantes: la interconexión de los sistemas eléctricos de las diversas empresas y la unificación de frecuencias.

Lograr el primero de estos dos objetivos requirió enfrentar y resolver la problemática derivada de la existencia de normas técnicas diferentes, que aplicaban las diversas empresas por la libertad de que gozaban para establecerlas. Así, existían cerca de 30 tensiones de distribución, siete de alta tensión para líneas de transmisión y dos frecuencias eléctricas, 50 ciclos en la

zona central y 60 en el resto del país. Una vez realizados los estudios necesarios, en cuanto a líneas de transmisión, algunas tensiones fueron suprimidas y otras estandarizadas, adicionando las que actualmente son utilizadas para transmisión de grandes bloques de energía a puntos distantes; en redes de distribución tan sólo se conservaron las de 13 200 y 20 000 volts.

Posteriormente, el 10 de mayo de 1972, se creó por decreto del Ejecutivo federal, el Comité de Unificación de Frecuencia como un Organismo Público Descentralizado, con el propósito de auxiliar a los usuarios del sistema central durante el proceso de cambio de frecuencia. El cambio de frecuencia inició en 1972 y terminó en noviembre de 1976, tres años antes de la fecha de terminación establecida en el cronograma original.

Estas acciones, han permitido la conformación de un sistema interconectado nacional, así como un mejor aprovechamiento de las instalaciones eléctricas y de los recursos naturales utilizados, haciendo posible la normalización de equipos y la reducción de costos.

## **1.2. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

La generación de energía eléctrica se realiza en centrales cuya denominación está ligada al energético primario utilizado, como son: las centrales termoeléctricas que trabajan a base de combustóleo, carbón o gas; las centrales de ciclo combinado, que operan con combustible diesel o gas; las centrales de combustión interna, con combustóleo y diesel; las centrales nucleoeeléctricas, a partir de la fisión atómica; las centrales hidroeléctricas, que aprovechan la energía potencial del agua; y las centrales geotermoeléctricas, que utilizan el vapor producido por la energía térmica de la tierra en mantos de agua subterráneos. Con excepción de las centrales hidroeléctricas, las geotermoeléctricas y las de combustión interna, el resto utiliza básicamente la transferencia de la energía del vapor de alta presión producido en generadores de vapor, al transformar su energía calorífica en energía cinética, la que a su vez transforma en trabajo mecánico al paso por la turbina, produciendo el movimiento necesario para que este trabajo sea aprovechado por el generador eléctrico acoplado a la turbina y por lo tanto, la etapa final de transformación de energía mecánica en energía eléctrica.

### **1.2.1. Tecnologías para la generación de energía eléctrica**

#### *a) Centrales hidroeléctricas*

La energía hidráulica, es la energía potencial de las masas de agua de los ríos y lagos. Para extraer esta energía y convertirla en energía mecánica utilizable, es preciso eliminar las pérdidas naturales creando un cauce artificial donde el

agua fluya con pérdidas mínimas y finalmente, convertir la energía potencial disponible en energía mecánica, por medio de máquinas apropiadas como turbinas o ruedas hidráulicas. Debido a esto, los aprovechamientos hidroeléctricos se realizan en lugares específicos que reúnan las características técnicas, económicas, ambientales y sociales para la construcción y operación de la central.

A pesar de la gran diversidad de esquemas hidráulicos empleados en los aprovechamientos hidroeléctricos, cada caso real puede ser una variante o combinación de dos tipos:

- a) Aprovechamiento por derivación.
- b) Aprovechamiento por retención.

En el aprovechamiento por derivación, las aguas se desvían en un punto determinado del río y se conducen por medio de un canal o túnel con una pequeña pendiente para que el agua pueda circular; al final del canal se instala una cámara de presión que sirve de arranque a la tubería forzada y esta conducción lleva el agua siguiendo el flanco del valle hasta las turbinas hidráulicas situadas en el extremo inferior donde se restituye el cauce al río.

En el aprovechamiento por retención, el agua se almacena en una presa creando un desnivel o carga hidráulica desde la superficie del agua hasta la base de la cortina. El agua se conduce a través de la tubería de presión hasta las turbinas localizadas a pie de presa. En la turbina, la energía cinética se transfiere al generador donde se transforma en energía eléctrica. La figura 1 muestra el esquema de un aprovechamiento hidroeléctrico.

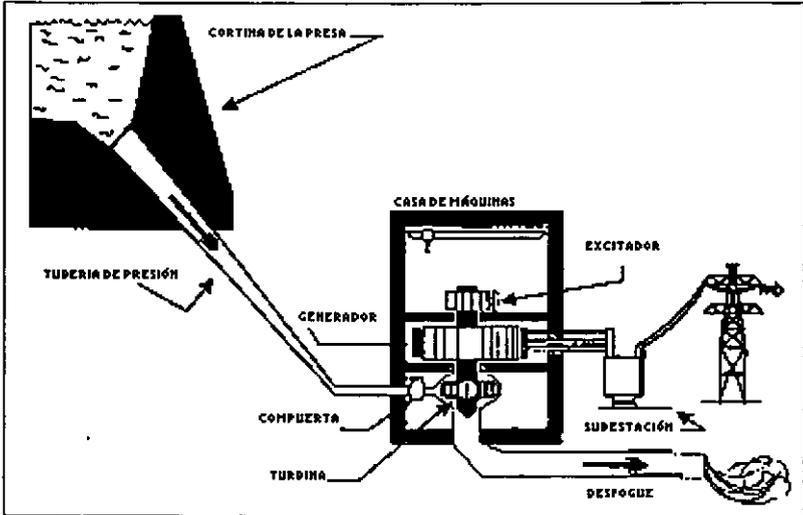


FIGURA 1. *Esquema de una central hidroeléctrica*

A lo largo de un río se suelen instalar varias centrales en cascada, con el fin de aprovechar el salto total disponible; cada una de ellas recibe directamente el agua turbinada por la central superior así como eventualmente las aportaciones de los afluentes intermedios. Como ejemplo de estos sistemas hidroeléctricos tenemos el río Grijalva; la cascada se inicia con la central hidroeléctrica Belisario Domínguez (La Angostura) en el alto Grijalva, con una capacidad útil de almacenamiento de 13,169 millones de metros cúbicos y una potencia total de 900 MW. La siguiente central aguas abajo es la Manuel Moreno Torres (Chicoasén) con un almacenamiento útil de 270 millones de metros cúbicos y una potencia de 1,500 MW. A continuación se encuentra Malpaso, cuya presa, Netzahualcóyotl, que es de usos múltiples, cuenta con una capacidad útil de 9,317 millones de metros cúbicos, y su central tiene una potencia instalada de 1,080 MW. Por último, se encuentra Peñitas, cuya

potencia instalada es de 420 MW. La potencia total de este conjunto es de 3,900 MW y representa 48% de la capacidad hidroeléctrica en operación a diciembre de 1993.

#### *b) Centrales termoeléctricas convencionales*

Este tipo de centrales utilizan como fuente energética primaria combustóleo o gas natural. En la actualidad, el sector eléctrico utiliza combustóleo en aquellas unidades alejadas de los centros urbanos y gas en las plantas cercanas a ciudades.

Siguiendo la figura 2, la caldera o generador de vapor transforma el poder calórico del combustible en energía térmica, la cual es aprovechada para llevar el agua a la fase de vapor. Este vapor, ya sobrecalentado, se conduce a la turbina, donde su energía cinética se convierte en mecánica, que se transmite al generador para producir energía eléctrica.

Estas centrales, requieren de cantidades importantes de agua. El sistema de enfriamiento con torres húmedas mecánicas consume agua debido, entre otras causas, a la evaporación provocada por las condiciones climatológicas y las purgas del sistema. El consumo se estima, en forma genérica, en un litro por segundo por MW de capacidad. En el sistema de torre seca, el consumo de agua disminuye sensiblemente, pero el costo de la inversión aumenta.

En México se tiene en operación unidades de diversas capacidades, por ejemplo: 37.5, 84, 160 y 350 MW.

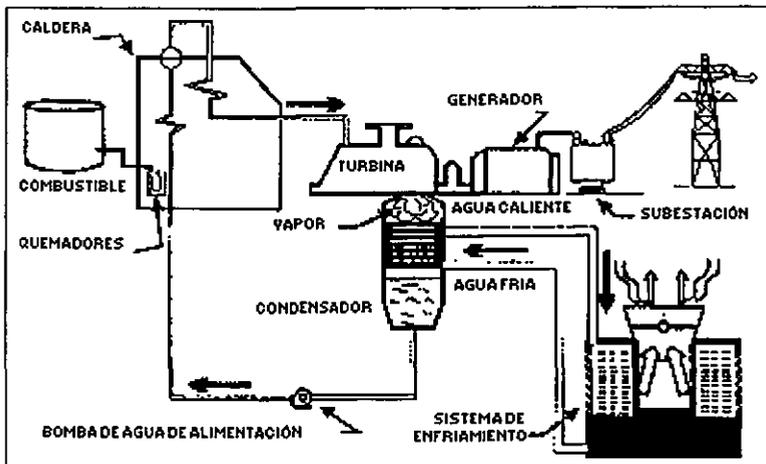


FIGURA 2. Esquema de una central termoeléctrica convencional

### c) Centrales turbogás

La generación de energía eléctrica en las unidades turbogás se logra aprovechando directamente, en los álabes de la turbina, la energía cinética que resulta de la expansión de aire y gases de combustión, comprimidos y altas temperaturas. La turbina está acoplada al rotor del generador dando lugar a la producción de energía eléctrica. En la figura 3, se muestra esquemáticamente este ciclo, como se observa, los gases de la combustión, después de trabajar en la turbina, se descargan directamente a la atmósfera.

Estas unidades emplean como combustible gas natural o diesel, y entre los modelos avanzados, se puede quemar combustóleo o petróleo crudo. En una máquina preparada para ello, el cambio de combustible se puede realizar en forma automática en cualquier momento; este cambio tiene efectos sobre la potencia y la eficiencia.

Desde el punto de vista de la operación, el breve tiempo de arranque y la versatilidad para seguir las variaciones de la demanda, hacen a las turbinas de gas ventajosas para satisfacer cargas de horas pico y proporcionar capacidad de respaldo al sistema eléctrico.

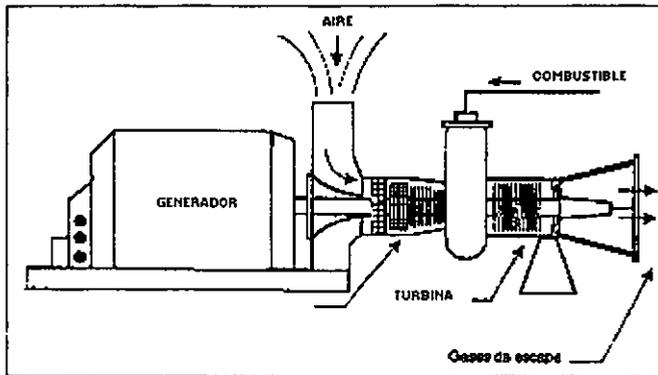


FIGURA 3. *Ciclo de la turbina de gas*

#### *d) Centrales de ciclo combinado*

Las centrales de ciclo combinado están integradas por dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbogás y vapor. Una vez terminado el ciclo de generación en las unidades turbogás, los gases desechados poseen un importante contenido energético, el cual se manifiesta en su alta temperatura. En las centrales de ciclo combinado, esta energía se utiliza para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica adicional, siguiendo un proceso semejante al descrito para las plantas térmicas convencionales (véase la figura 4).

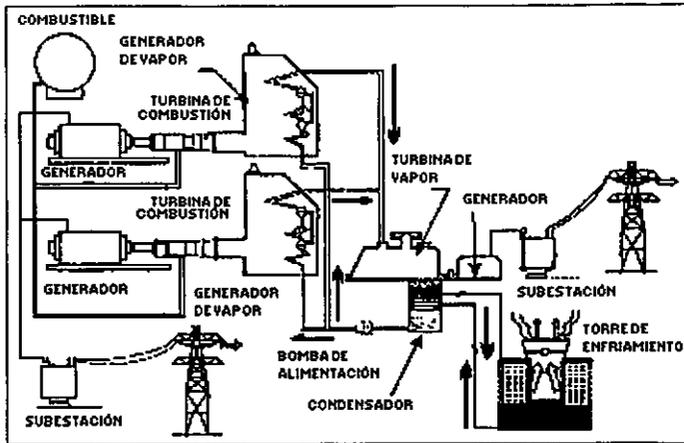


FIGURA 4. *Diagrama esquemático de un grupo de ciclo combinado*

El arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con las diversas posibilidades. El número de unidades turbogás por unidad de vapor varía desde uno a uno hasta cuatro a uno. En cuanto al criterio de diseño de la fase de vapor existen tres variantes:

- sin quemado adicional de combustible;
- con quemado adicional de combustible para control de la temperatura de rocío;
- con quemado adicional de combustible para aumentar la temperatura y presión del vapor.

Una ventaja de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas. La primera, turbogás, puede ser terminada en un plazo breve e inmediatamente iniciar su operación; posteriormente, se puede terminar la construcción de la unidad de vapor y completarse así el ciclo combinado.

Las unidades turbogás que operan en ciclo abierto, al integrarse al ciclo combinado sufren una reducción de potencia. También, es posible operar en ciclo abierto una unidad integrada en un ciclo combinado si así se desea. En estas unidades, el cambio de combustible también afecta a la potencia y la eficiencia.

#### *e) Central diesel*

La tecnología diesel sigue el principio de los motores de combustión interna: aprovecha la expansión de los gases de la combustión para obtener la energía mecánica, que es transformada en energía eléctrica en el generador. El esquema del ciclo de generación se presenta en la figura 5.

Actualmente, este tipo de motores consume una mezcla de combustóleo y diesel. De acuerdo con la información de los fabricantes de los equipos hoy en día y dependiendo de la calidad del combustóleo, las unidades pueden consumir este combustible puro o mezclado con diesel.

Un ejemplo de esta tecnología, es la central de San Carlos que se localiza en Comondú, Baja California Sur, consta de dos unidades de 37.5 MW cada una, que utilizan como combustible una mezcla de 15% de diesel y 85% de combustóleo.

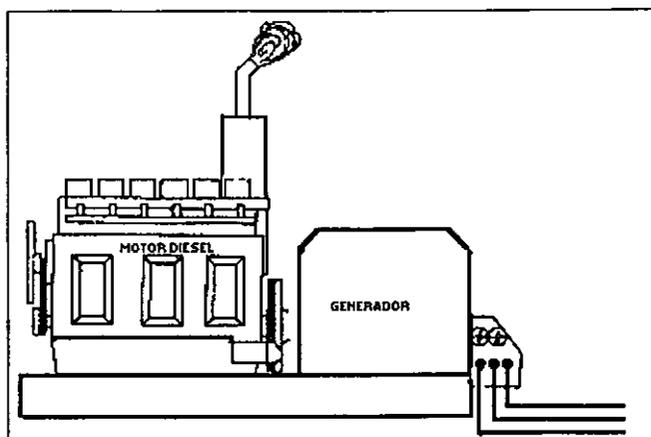


FIGURA 5. *Central diesel*

#### *f) Centrales carboeléctricas*

Las centrales carboeléctricas prácticamente no difieren en cuanto a su concepción básica de las termoeléctricas convencionales, el único cambio importante, es el uso del carbón como combustible y que los residuos de la combustión requieren de un manejo más complejo que en el caso de las termoeléctricas convencionales, que utilizan combustibles líquidos o gaseosos.

En las centrales que utilizan carbón con alto contenido de azufre es necesario instalar equipos de control de emisiones (desulfuradores). La figura 6 muestra una central carboeléctrica que no incluye equipos desulfuradores. Se definen tres centrales básicas:

- Carboeléctrica sin desulfurador y sin quemadores duales, utilizando carbón como el de Río Escondido con alto contenido de cenizas.

- Carboeléctrica sin desulfurador y con quemadores duales para carbón y combustóleo. El combustible primario, es carbón con un contenido de azufre de menos de 1 por ciento.

Carboeléctrica con desulfurador y quemadores duales para carbón y combustóleo. El combustible primario es carbón con un contenido de azufre de menos de 2.6 por ciento.

Una nueva central de este tipo, es Carbón II, que colinda con al central José López Portillo, que consta de cuatro unidades de 350 MW, cada una.

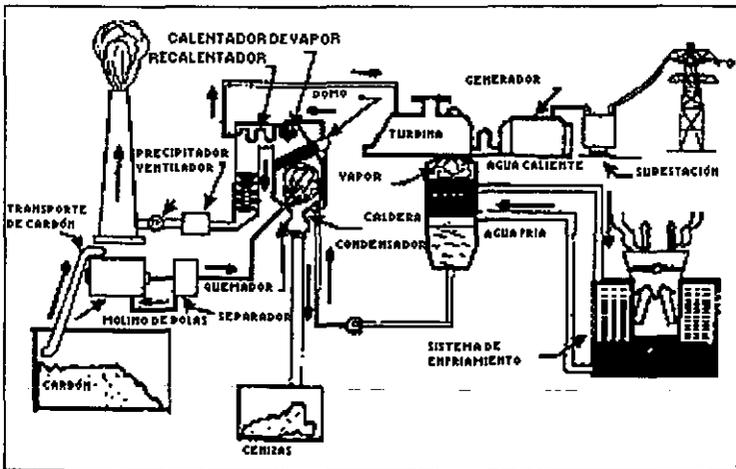


FIGURA 6. Esquema de una central carboeléctrica

### *g) Centrales núcleo eléctricas*

En una central nuclear, como en una central térmica convencional, la energía calorífica liberada por el combustible se transforma en energía mecánica y después en energía eléctrica. Sin embargo, en una central térmica clásica, el calor proviene de la combustión con el oxígeno del aire de un combustible fósil como el carbón, combustóleo, gas, etc., dentro de la caldera, mientras que en una central nuclear, el calor proviene de la fisión de los núcleos de uranio dentro de un reactor nuclear. El calor producido dentro del reactor es recogido por un fluido que pasa alrededor del combustible y que se llama “refrigerante” o fluido “portador de calor”.

El vapor que alimenta la turbina puede ser producido directamente dentro del reactor o mediante el uso de un intercambiador, pero en todos los casos ese vapor, después de entrar a la turbina, pasa por un condensador donde se enfría al entrar en contacto con los tubos dentro de los cuales pasa el agua de enfriamiento que se toma del mar, de un río o bien de los acuíferos subterráneos. El circuito agua-vapor es un circuito cerrado, completamente independiente del circuito de enfriamiento del mar, río o pozos.

Los componentes principales de un reactor nuclear son:

- Un núcleo compuesto básicamente por el combustible, el moderador y el refrigerante.

- Un sistema de control y seguridad para regular el ritmo de la liberación de energía.
- Un contenedor hermético, dentro del cual se encuentra el material nuclear, que constituye un blindaje biológico para la protección de los trabajadores.
- Un sistema de extracción de energía o sistema de enfriamiento para transportar el calor producido.

El núcleo del reactor, es la región donde tiene lugar la reacción nuclear exotérmica y es comparable al hogar de una caldera, ya que allí se produce el calor. Los principales elementos que constituyen el núcleo son el combustible, el moderador y el refrigerante. Las variantes que se presentan en estos tres elementos dan lugar a distintos tipos de reactores.

En las centrales nucleares el combustible utilizado con más frecuencia es el uranio. Éste puede ser utilizado ya sea en su forma natural que contiene 0.7% de uranio 235 y 99.3% de uranio 238, o bien, en una forma creada artificialmente que es el uranio enriquecido, en el cual se aumenta la porción del isótopo fisionable o sea el uranio 235. Esta proporción, es de aproximadamente 3% en los reactores de agua ligera, que son los que hoy en día están operando en mayor número.

Existen dos tipos de reactores de agua ligera, el de agua hirviente **BWR** y el de agua a presión **PWR**; las iniciales **BWR** y **PWR** vienen del idioma inglés

*boiling water reactor* y *pressurized water reactor*. La diferencia fundamental de estos reactores es la manera de producir el vapor que accionará la turbina.

Otros reactores son los llamados “de agua pesada”, éstos, se diferencian de los precedentes en que utilizan como combustible uranio natural y como moderador y refrigerante el agua pesada:  $D_2O$ , donde la D corresponde al isótopo deuterio del hidrógeno.

La primera central nucleoelectrónica instalada en México, es Laguna Verde; se encuentra localizada en la costa del Golfo de México, en el municipio de Alto Lucero, en el Estado de Veracruz, 70 km. al noreste del Puerto del mismo nombre. Consta de dos unidades de 675 MW cada una y los reactores son del tipo **BWR**.

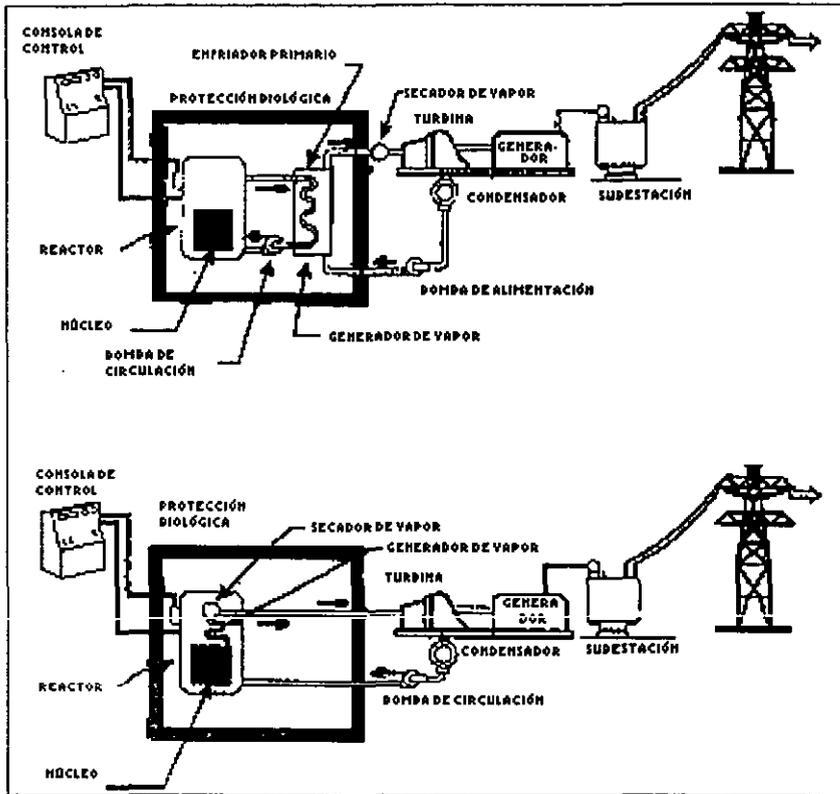


FIGURA 7. Diagrama esquemático de una central nucleoelectrica tipo PWR Y BWR

#### h) Centrales geotermoeléctricas

La energía geotérmica, como su nombre lo indica, es energía calorífica proveniente del núcleo de la tierra, la cual se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de las fisuras existentes en las rocas sólidas y semisólidas del interior de la tierra, alcanzando niveles cercanos a la superficie, donde, si se encuentran las condiciones geológicas favorables para

su acumulación, se mantiene y se transmite a los mantos acuíferos del subsuelo.

Por medio de pozos específicamente perforados, estas aguas subterráneas, que poseen una gran cantidad de energía térmica almacenada, se extraen a la superficie transformándose en vapor que se utiliza para la generación de energía eléctrica.

Este tipo de central opera con principios análogos a los de una termoeléctrica convencional, excepto en la producción de vapor, que en este caso se extrae del subsuelo. Como se muestra en la figura 8, la mezcla agua-vapor que se obtiene del pozo se envía a un separador; el vapor ya seco se dirige a la turbina donde se transforma su energía cinética en mecánica y ésta, a su vez, se transforma en electricidad en el generador.

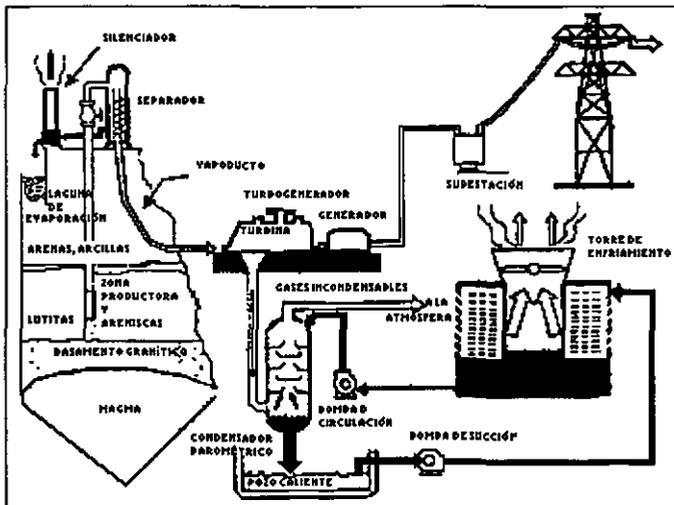


FIGURA 8. Central geotérmica

Existen unidades de 5 MW en las que el vapor, una vez trabajado en la turbina, se libera directamente a la atmósfera. En las unidades de 20, 37.5 y 110 MW, el vapor se envía a un sistema de condensación; el agua condensada, junto con la proveniente del separador, se reinyecta al subsuelo o bien se descarga en una laguna de evaporación.

El mayor desarrollo geotermoelectrico se encuentra en el campo de Cerro Prieto, localizado a unos 30 km. al sur de Mexicali, Baja California, con una capacidad total de 620 MW distribuidos en cuatro unidades de 110 MW cada una, cuatro de 37.5 MW y una de 30 MW.

#### *i) Sistemas de cogeneración*

La cogeneración, es la producción y aprovechamiento integral de energía eléctrica y calorífica mediante sistemas que permiten el uso óptimo del combustible. Hay dos tipos básicos de sistemas de cogeneración y su diferencia esencial radica en el tipo de energía que se obtiene primero. En el sistema de “ciclo superior”, primero se obtiene la energía eléctrica y la energía térmica sobrante se utiliza como calor de proceso en aplicaciones industriales o sistemas de calefacción. En el sistema de “ciclo inferior”, mediante el quemado de combustible, se produce energía térmica de alta temperatura para ser utilizada en procesos industriales, y el calor residual de tales procesos, se aprovecha en la generación de electricidad.

En la figura 9 se ilustra un sistema de cogeneración de ciclo superior; el proceso se inicia con el quemado de combustible en la caldera para producir vapor a alta temperatura, el cual se expande a su paso por la turbina. La turbina, hace girar un generador que produce la energía eléctrica.

En el sistema de cogeneración, el calor residual del vapor a la salida de la turbina es utilizado en el proceso industrial, mientras que en una central termoeléctrica convencional, el calor residual es descargado al ambiente a través del sistema de enfriamiento.

La ventaja de los sistemas de cogeneración, es que permite hacer un uso más eficiente del combustible debido al aprovechamiento de una porción importante del calor residual de la generación de energía eléctrica. Esto significa que el volumen de combustible utilizado por un sistema de cogeneración, es menor que el volumen total que se requeriría para producir la energía eléctrica y el vapor para procesos en sistemas separados. La eficiencia global de un sistema de cogeneración de ciclo superior, es del orden de 79%, mientras que la eficiencia combinada de la generación eléctrica y de la producción de vapor en sistemas separados es de 58 por ciento.

En México, se estima un potencial de cogeneración para los próximos 6 años, de 2,100 MW en la industria privada, 1,600 MW en Pemex Refinación y 900 MW en Pemex Petroquímica. La energía eléctrica excedente de las plantas de cogeneración, podrá ser adquirida por la Comisión Federal de Electricidad de acuerdo con la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.

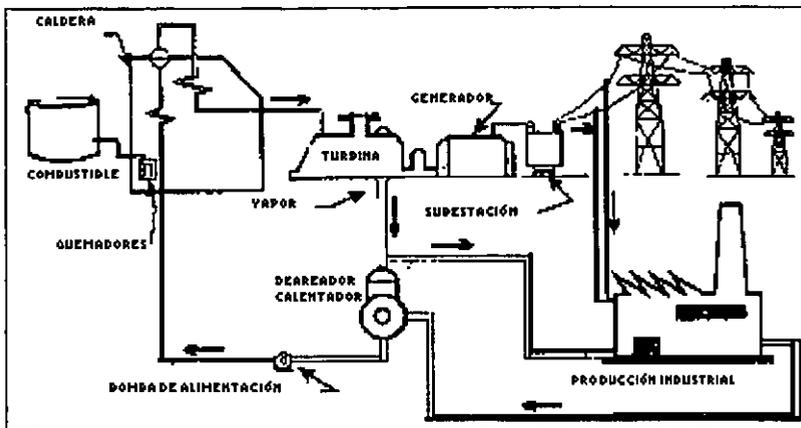


FIGURA 9. *Instalación de cogeneración*

*j) Sistema fotovoltaico*

Estos sistemas generan corriente continua al excitar la radiación solar los electrones de ciertos semiconductores como el silicio, el sulfuro de cadmio, el fosforo de indio, etc. La base de generación son las células fotovoltaicas, cuya corriente típica es del orden de 0.2 amperes a 0.5 volts. Conectando células en serie o en paralelo, se obtienen tensiones o corrientes mayores (figura 10).

Los elevados costos de las células fotovoltaicas y de las baterías para almacenar la electricidad, reducen por el momento las aplicaciones de estos sistemas a cubrir demandas de poca potencia en zonas muy alejadas de las líneas de transporte eléctrico.

Mediante estos sistemas, se proporcionan servicios como bombeo de agua, iluminación doméstica en comunidades rurales, telefonía rural, repetidoras de microondas, señalamiento terrestre y marítimo. De acuerdo con el balance nacional de energía, la capacidad instalada en 1992 es de 5.4 MW.

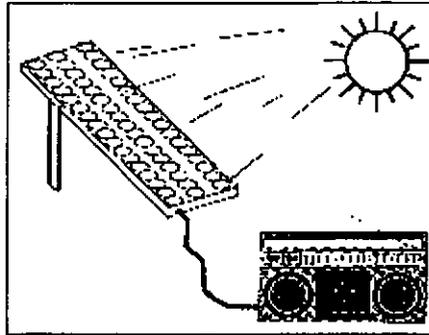


FIGURA 10. Sistema fotovoltaico

#### *k) Central eólica*

Este tipo de central, convierte la energía del viento en energía eléctrica mediante una aeroturbina que hace girar un generador (figura 11). La energía eólica está basada en aprovechar un flujo dinámico de duración cambiante y con desplazamiento horizontal. La cantidad de energía obtenida es proporcional al cubo de la velocidad del viento, lo que muestra la importancia de este factor.

El procedimiento no es viable más que para una gama de vientos comprendidos entre 5 y 20m por segundo. Con velocidades inferiores a 5m por segundo, el aparato no funciona y por encima del límite superior debe pararse para evitar daños a los equipos.

Las grandes dimensiones de las aspas de la turbina para alcanzar potencias superiores a 100 kW, constituye una limitación para estas máquinas. Las más extendidas son del orden de 10 kW, y son utilizadas para suministro eléctrico en zonas agrícolas aisladas, faros e instalaciones similares.

En México, la capacidad para generación a partir de aerogeneradores y bombes de agua eólicas, es del orden de 330 kW<sup>9</sup>.

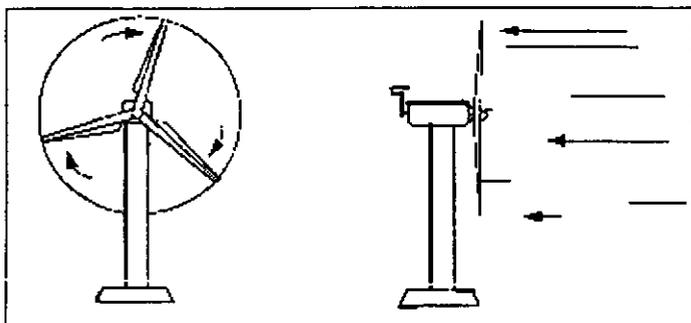


FIGURA 11. *Central eólica*

### 1.2.2. Capacidad instalada

La capacidad instalada está integrada por 147 centrales con un total de 511 unidades, las cuales utilizan diferentes fuentes de energía para producir electricidad (cuadro 1). Esta capacidad comprende 64 centrales hidroeléctricas, con 182 unidades; 28 centrales que operan con combustóleo y/o gas con 93 unidades; 31 centrales de turbogás con 63 unidades; ocho centrales de combustión interna con 41 unidades; seis centrales de ciclo combinado con 27 unidades; una central dual que puede utilizar combustóleo y/o carbón con seis unidades de 350 MW cada una, cinco centrales

geotérmicas con 28 unidades, dos centrales carboeléctricas con ocho unidades, una central nuclear con dos unidades y una central eoloelectrica con siete unidades. Además existen 43 unidades de emergencia y 11 unidades móviles de turbogás, cuya ubicación depende de las necesidades del servicio.

En el cuadro 2 se presentan las cifras de la capacidad de generación para los diferentes tipos.

Tipo de central	Combustible o fuente de energía primaria
Hidroeléctrica	Agua
Vapor convencional	Combustóleo y/o gas
Turbinas de gas	Gas o diesel
Ciclos combinados	Gas
Combustión interna	Diesel o mezcla
Carboeléctrica	Carbón
Geotérmica	Vapor endógeno
Nuclear	Uranio
Dual	Carbón o combustóleo

**CUADRO 1. Tipos de generación en el sistema eléctrico nacional**

<sup>9</sup> SEMIP, Balance nacional de energía, 1992.

Tipo	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998 <sup>1</sup>
<b>Hidrocarburos</b>	<b>15,673</b>	<b>15,933</b>	<b>17,120</b>	<b>18,600</b>	<b>18,797</b>	<b>19,504</b>	<b>20,102</b>	<b>20,120</b>
Combustóleo y/o gas	12,329	12,563	12,350	13,050	13,371	14,071	14,294	14,282
Dual <sup>1</sup>	0	0	1,400	2,100	2,100	2,100	2,100	2,100
Ciclo combinado	1,826	1,818	1,818	1,898	1,890	1,912	1,912	1,942
Turbogás	1,403	1,403	1,403	1,403	1,308	1,301	1,675	1,675
Combustión interna	115	149	149	149	129	121	121	121
<b>Fuentes alternas</b>	<b>10,253</b>	<b>10,263</b>	<b>11,213</b>	<b>12,178</b>	<b>13,369</b>	<b>14,416</b>	<b>14,689</b>	<b>14,695</b>
Hidroeléctrica	7,658	7,658	7,898	8,848	9,056	9,761	10,034	10,034
Carboeléctrica	1,200	1,200	1,900	1,900	2,250	2,600	2,600	2,600
Nucleoeléctrica	675	675	675	675	1,309	1,309	1,309	1,309
Geotermoeeléctrica	720	730	740	753	753	744	744	750
Eoloeléctrica	0	0	0	2	2	2	2	2
<b>Total</b>	<b>25,926</b>	<b>26,196</b>	<b>28,333</b>	<b>30,778</b>	<b>32,166</b>	<b>33,920</b>	<b>34,791</b>	<b>34,815</b>

<sup>1</sup> A partir del año 2000 podrá operar con carbón y/o combustóleo

<sup>2</sup> Al 31 de Enero de 1998

## CUADRO 2. Capacidad efectiva por tipo de central (MW)

### 1.2.3. Generación de electricidad

La generación de energía eléctrica alcanzó 150 Twh durante 1996, lo que equivale a un incremento de 6.5 % en comparación a 1995. En 1996 la participación de los hidrocarburos se redujo de 60.8% a 58.9%, en tanto la producción hidroeléctrica se incremento en 13.7%, además entrada en operación comercial de las unidades 3 y 4 de Carbón II aumentó la participación de este tipo de centrales, hasta alcanzar 11.8%. La central dual, respecto a las otras fuentes, contribuyó con 1.9%. La energía eólica mantuvo

su participación al 1.0%, con respecto a las otras tecnologías. La generación nuclear disminuyó en 6.7% debido a los programas de recargas y mantenimientos de las unidades; no obstante, la unidad 1 de Laguna Verde rompió su récord de generación continua al llegar a 353 días sin interrupción, lo cual la ubica dentro de las mejoras en la escala mundial de reactores tipo **BWR**. La energía geotérmica creció en 1.1% respecto a 1995.

Tipo	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<b>Hidrocarburos</b>	<b>78,308</b>	<b>77,186</b>	<b>78,750</b>	<b>93,800</b>	<b>85,586</b>	<b>88,336</b>
Combustóleo y/o gas	69,793	69,471	68,097	76,326	68,443	74,129
Dual <sup>1</sup>	0	0	2,148	7,770	6,053	2,775
Ciclo combinado	7,748	7,214	7,981	9,099	10,399	10,661
Turbogás	581	264	247	356	326	352
Combustión interna	186	237	277	249	364	419
<b>Fuentes alternas</b>	<b>38,307</b>	<b>42,945</b>	<b>46,332</b>	<b>42,007</b>	<b>55,234</b>	<b>61,634</b>
Hidroeléctrica	20,553	24,904	25,024	19,130	26,637	30,287
Carboeléctrica	8,077	8,318	10,500	13,036	14,479	17,735
Nucleoeléctrica	4,242	3,919	4,931	4,239	8,443	7,878
Geotermoeléctrica	5,435	5,804	5,877	5,598	5,669	5,729
Eoloeléctrica	0	0	0	4	6	5
<b>Total</b>	<b>116,615</b>	<b>120,131</b>	<b>125,082</b>	<b>135,807</b>	<b>140,820</b>	<b>149,970</b>

<sup>1</sup> A partir del año 2000 podrá operar con carbón y/o combustóleo

**CUADRO 3. Generación bruta por tipo de central (Gwh)**

## 1.2.4. Consumo de combustibles

Al cuantificar el consumo de combustibles en valores equivalentes de energía, el combustóleo fue el de mayor uso, con una participación del 61.7% al llegar a 17.2 millones de metros cúbicos en 1996, el segundo lugar lo ocupa el gas natural con 15.5%, y un volumen de 5,106 millones de metros cúbicos durante ese mismo año. En tercer lugar está el carbón, el cual tuvo un incremento de 19.0% respecto a 1995, para participar con 14.6% del total de los combustibles durante 1996. El uranio ocupa el cuarto lugar con 7.3%, a partir de 1995 el incremento en su consumo obedece a la entrada en operación de la segunda unidad de la central nuclear. En quinto y último lugar está el diesel, el cual ha disminuido su participación en forma paulatina durante el período, para llegar a una cifra menor al 1.0% (1996).

Tipo	Unidad	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Hidrocarburos							
Combustóleo	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	15.956	15.745	15.965	19.047	16.703	17.240
Diesel	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0.444	0.318	0.303	0.344	0.270	0.246
Gas	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	4,543	4,543	4,224	4,772	4,984	5,106
Carbón	10 <sup>6</sup> ton	4.097	4.097	5.393	6.696	7.550	8.984
Uranio	ton	13.971	13.971	16.148	14.538	28.282	26.039

CUADRO 4. *Consumo de combustibles*

### 1.2.3. Principales centrales de generación

En el cuadro 5 se da información de las centrales más importantes por su capacidad, tecnología de generación eléctrica o importancia regional; la localización de dichas centrales se representan en la figura 12.

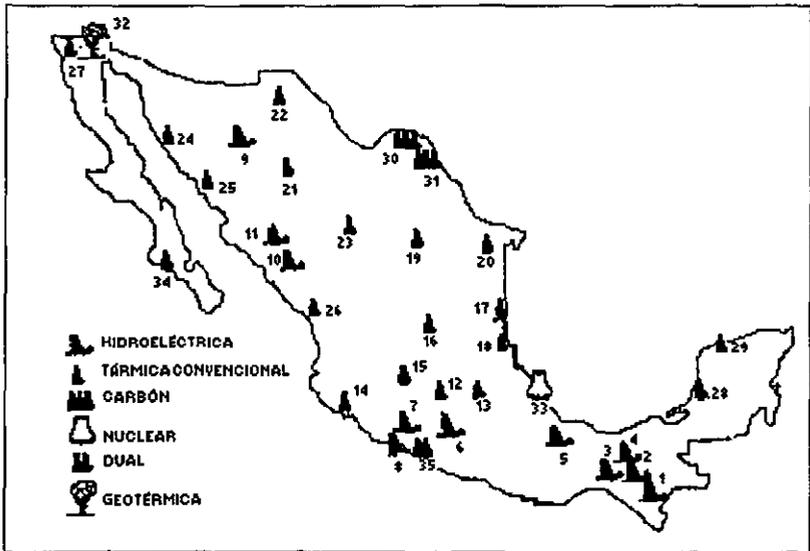


FIGURA 12. Principales centrales de generación (1993)

Central	Tipo	Capacidad (MW)	Combustible
1. Belisario Domínguez (Angostura)	Hidroeléctrica	900	
2. Manuel Moreno Torres (Chicoasén)	Hidroeléctrica	1,500	
3. Malpaso	Hidroeléctrica	1,080	
4. Ángel Albino Corso (Peñitas)	Hidroeléctrica	420	
5. Temascal	Hidroeléctrica	154	
6. C. Ramírez Ulloa (Caracol)	Hidroeléctrica	600	
7. Infiernillo	Hidroeléctrica	1,000	
8. Villita	Hidroeléctrica	295	
9. P. Elías Calles (El Novillo)	Hidroeléctrica	135	
10. Raúl J. Marsal (Comedero)	Hidroeléctrica	110	
11. Bacurato	Hidroeléctrica	92	
12. Francisco Pérez Ríos (Tula)	Combustóleo y ciclo combinado	1,994	Combustóleo y gas
13. Valle de México	Combustóleo y turbogás	838	Combustóleo y gas
14. Manzanillo	Combustóleo	1,900	Combustóleo
15. Salamanca	Combustóleo	866	Combustóleo
16. Villa de Reyes (San Luis Potosí)	Combustóleo	700	Combustóleo
17. Altamira	Combustóleo	770	Combustóleo
18. A. López Mateos	Combustóleo	700	Combustóleo
19. Monterrey	Combustóleo	465	Combustóleo y gas
20. Emilio Portes Gil (Río Bravo)	Combustóleo	375	Combustóleo y gas
21. Francisco Villa	Combustóleo	399	Combustóleo
22. Samalayuca	Combustóleo	316	Combustóleo y gas
23. Guadalupe Victoria (Lerdo)	Combustóleo	320	Combustóleo
24. Puerto Libertad	Combustóleo	632	Combustóleo
25. C. Rodríguez Rivero (Guaymas II)	Combustóleo	484	Combustóleo
26. José A. Pozos (Mazatlán II)	Combustóleo	616	Combustóleo
27. Presidente Juárez (Rosarito)	Combustóleo	620	Combustóleo
28. Lerma (Campeche)	Combustóleo	150	Combustóleo
29. Mérida II	Combustóleo	168	Combustóleo
30. Río Escondido	Carboeléctrica	1,200	Carbón
31. Carbón II	Carboeléctrica	700	Carbón
32. Cerro Prieto	Geotermoeléctrica	620	
33. Laguna Verde	Nuclear	675	Óxido de uranio
34. Agustín Olachea (San Carlos)	Combustión interna	65	Combustóleo y diesel
35. Petacalco	Dual	1,400	Combustóleo y/o carbón

CUADRO 5. Algunas centrales de generación (diciembre de 1993)

### **1.3. TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

La transmisión de energía eléctrica se realiza a través de líneas y subestaciones que conducen la energía desde las centrales generadoras hasta los centros de consumo para su distribución a los usuarios finales.

Las subestaciones se componen de diversos elementos, equipos y sistemas, que tienen como función elevar o reducir la tensión de acuerdo con las necesidades y transmitirla a los centros de consumo. Su equipo eléctrico está constituido por transformadores, interruptores, cuchillas desconectadoras, transformadores para instrumentos, apartarrayos, así como los sistemas de protección eléctrica, control y medición, equipos y redes de comunicaciones y sistemas de adquisición de datos, supervisión y telecontrol. Las líneas de transmisión son los elementos de enlace entre las subestaciones y su objeto es transportar la energía eléctrica; se diseñan tomando en cuenta el volumen de energía a transmitir, la distancia de sus extremos, el trazo geográfico, la naturaleza del terreno y el medio ambiente. Están constituidas, básicamente, por estructuras metálicas que soportan los conductores eléctricos aislados que se sujetan mediante cadenas de discos de porcelana, vidrio o materiales sintéticos (polímeros); además, en la parte superior de la estructura, se instalan uno o dos cables de acero o aluminio que sirven como blindaje de protección contra descargas atmosféricas.

El sistema interconectado nacional cubre casi todo el territorio de la República (véase el mapa A1 del Apéndice), con excepción de dos sistemas aislados en la

península de Baja California, que no pueden ser integrados debido a su ubicación geográfica, a la distancia con el sistema interconectado nacional, y al alto costo que representarían las obras necesarias. La red de transmisión y subtransmisión de CFE alcanzó una longitud de 66,416 km, de los cuales 31,116 km correspondieron a la red de transmisión en tensiones de 400, 230, 161 y 150 kV, en tanto que 35,300 km correspondieron a red de subtransmisión en tensiones de 138, 115, 85 y 69 kV. Por su parte, la red de distribución contó con 287,618 km en tensiones de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV.

Debido a las diversas tensiones del sistema de transmisión y distribución y después de realizar varios estudios, se determinó normalizar las tensiones de: 400, 230, 115 y 85 kV para transmisión y subtransmisión, procediendo a congelar el resto de las tensiones. Actualmente, existe un programa de modernización de las instalaciones para incrementar su confiabilidad.

El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) tiene la misión de administrar la operación y el control del sistema eléctrico nacional, el despacho de generación, las transacciones de energía y el acceso a la red de transmisión eléctrica.

Hubo durante el año de 1996, importantes logros en materia de capacitación y análisis del sistema eléctrico con el Simulador para Entrenamiento de Operadores, con el cual se recrean disturbios, situaciones de emergencia y la operación normal. Además, con el nuevo Sistema de Análisis de Confiabilidad, se cuenta con la capacidad de determinar costos marginales esperados de acuerdo a la disponibilidad de los elementos. Por otra parte, con

la puesta en marcha de nuevas aplicaciones, se planeó mejor la operación del sistema, reduciendo los costos variables en 2 por ciento.

Para hacer factible la transmisión de energía eléctrica a distancias considerables, y además disminuir las pérdidas de energía, es necesario elevar el voltaje obtenido en las terminales del generador. Esto se logra con las subestaciones elevadoras, localizadas en las centrales generadoras que permiten la transmisión de la energía eléctrica a las áreas de consumo, donde nuevamente es transformada a las tensiones adecuadas, por medio de subestaciones reductoras.

El sistema de transformación alcanzó durante 1996 una capacidad de 117,173 MVA, de los cuales 42,404 MVA corresponden a subestaciones elevadoras y 74,769 MVA a subestaciones reductoras. La capacidad total de transformación de CFE se incremento en 2.2 % con respecto a 1995.

Tipo	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Elevadoras	35,161	36,662	37,811	40,507	41,891	42,404
Reductoras	57,231	66,517	68,179	72,730	72,810	74,769
<b>Total</b>	<b>92,392</b>	<b>103,179</b>	<b>105,990</b>	<b>113,237</b>	<b>114,701</b>	<b>117,173</b>

CUADRO 6. *Capacidad en subestaciones (MVA)*

Nivel de tensión (kV)	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<b>Transmisión</b>	<b>27,964</b>	<b>28,415</b>	<b>29,238</b>	<b>30,033</b>	<b>30,412</b>	<b>31,116</b>
400	9,103	9,162	9,710	10,623	10,979	11,337
230	17,315	17,673	18,267	18,217	18,532	18,878
161	772	780	495	427	456	456
150	774	800	766	766	445	445
<b>Subtransmisión</b>	<b>35,304</b>	<b>35,416</b>	<b>35,430</b>	<b>35,867</b>	<b>36,262</b>	<b>35,300</b>
138	1,197	1,209	1,154	1,156	1,215	1,171
115	29,900	30,000	30,393	30,910	31,336	30,343
85	266	266	242	234	215	220
69	3,941	3,941	3,641	3,567	3,496	3,566
<b>Distribución</b>	<b>246,488</b>	<b>255,515</b>	<b>264,687</b>	<b>271,398</b>	<b>277,232</b>	<b>287,618</b>
44	8	8	8	0	0	0
34.5	49,129	51,138	51,832	52,508	55,600	54,897
23	16,915	17,783	18,924	19,510	19,928	20,505
13.8	178,539	184,822	193,019	198,609	200,988	211,533
6.6 <sup>1</sup>	1,897	1,764	904	771	716	683
<b>Total</b>	<b>309,756</b>	<b>319,346</b>	<b>329,355</b>	<b>337,298</b>	<b>343,906</b>	<b>354,034</b>

<sup>1</sup> Incluye tensiones de 4.16 y 2.4 kV

CUADRO 7. Longitud de líneas de transmisión, subtransmisión y distribución (km)

## 1.4. SISTEMA INTEGRAL DE DISTRIBUCIÓN

El sistema de distribución, que se inicia después de generada, transformada y transmitida la energía eléctrica, también ha tenido avances importantes. A partir del año de 1991 quedó definido, desde un punto de vista conceptual, que el sistema de distribución comprende todas las líneas de 115 kV y menores,

lo cual, por ejemplo, era considerado en otras épocas como parte del sistema de transmisión.

El proceso de distribución comienza en las subestaciones de potencia de donde parten las líneas de 115 kV y menores que alimentan a las subestaciones de distribución y termina con las líneas de servicio individual, e incluye la instalación del correspondiente equipo de medición.

La extensa red de distribución de energía eléctrica que se ubica en zonas urbanas y rurales, no sólo está instalada en distintos tipos de suelos, sino también en gran variedad de regiones, como llanuras, selvas y desiertos, y está expuesta a las diferentes condiciones climatológicas y agentes atmosféricos, por lo cual el sistema de distribución está sujeto a eventualidades muy variadas y es altamente dinámico para poder hacer frente al aumento de la demanda de energía y a la creciente electrificación del país.

Las instalaciones de distribución son aéreas en 97% de su extensión y están expuestas a los agentes externos naturales como tormentas, contaminación salina, descargas atmosféricas, fuertes vientos, etc., así como a los provocados de manera intencional o circunstancial por el hombre, como es el caso del vandalismo, daños a postes, papalotes o defectos de construcción, los cuales interrumpen en cualquier momento el servicio. Tales hechos han determinado la necesidad de contar con programas de mantenimiento permanentes para disminuir el número y tiempo de las interrupciones.

Las acciones prioritarias están dirigidas a mejorar en forma importante el suministro de energía eléctrica y el servicio que se brinda a los clientes. La

administración del sistema de distribución requiere una planeación moderna, así como un sistema administrativo de gestión basado en herramientas de informática y tecnología de vanguardia, que le permitan ser dinámico y congruente con su crecimiento diario, debido a los nuevos servicios o al aumento del consumo de los ya existentes. Planear y mantener con parámetros actualizados dentro de los límites de la calidad de servicio demanda un monitoreo permanente.

Para lograrlo se han desarrollado dos sistemas. El primero contempla digitalizar la cartografía y la red de todo el sistema de distribución a corto y largo plazo. En el corto plazo se iniciará un sistema de planeación y diseño utilizando técnicas avanzadas de ingeniería y optimización, como análisis de flujos de potencia en alimentadores balanceados o desbalanceados, ya sea radiales, de anillo o mallados, análisis de corto circuito, coordinación de protección, pérdidas, arranque de motores, optimización de la configuración para situaciones normales, de emergencia o futuras. A largo plazo, el pronóstico espacial y su carga, administración de la demanda, selección económica de conductor, evaluación de la planeación y su efectividad, así como la calidad del servicio.

El segundo sistema se iniciará en paralelo, con una base de datos, el sistema de información geográfica que administra los procesos comerciales, la operación, mantenimiento y construcción del sistema de distribución, además de la productividad de los recursos humanos, materiales y financieros. Con lo anterior se espera contar con un sistema integral de distribución que permita analizar y administrar, técnica y financieramente, todos sus procesos.

Los sistemas de transmisión y distribución de la CFE cumplen con las características de confiabilidad y capacidad que requiere el desarrollo de México hoy y para los siguientes años. Existen programas de desarrollo y modernización congruentes con las tecnologías de punta, que hacen que la CFE sea competitiva, por sus logros y resultados, con las mejores empresas del mundo.

#### **1.4.1. Automatismo de la distribución**

El programa tiene tres subprogramas simultáneos congruentes en sus resultados. El primero, es la operación de las líneas de subtransmisión y subestaciones en tiempo real para una o varias zonas colindantes, mediante la instalación de centros de operación de distribución regionales; el segundo, el automatismo de la red de distribución, y finalmente, el automatismo de subestaciones para realizar su propio monitoreo de operación, ajustes de sus sistemas de protección, control y medición, así como del registro histórico de la operación y mantenimiento del equipo instalado.

Los centros regionales de operación ayudan en las zonas de distribución a modernizar sistemas obsoletos. Un proyecto piloto estudia y aplica el automatismo a cinco o seis subestaciones y determina los criterios y políticas que se requieren aplicar a las más de 1,191 subestaciones de distribución.

A partir de 1990, los trabajos de automatismo de distribución integraron un software y sistemas de comunicaciones y control aplicados, en el interruptor del alimentador en la subestación, así como a los equipos de seccionamiento

en la red del circuito correspondiente en los puntos de enlace con otros circuitos. Esto da origen a un sistema que permite localizar y seccionar una falla en un máximo de dos minutos para restablecer inmediatamente las secciones de la falla, y con esto, reducir el tiempo de interrupción y el número de usuarios afectados.

Antes, la falla en un circuito afectaba a un promedio de 10,000 usuarios durante un tiempo aproximado de 120 minutos en áreas urbanas. Con el automatismo, el tiempo de localización de la falla se reduce de 60 a 2 minutos y el número de usuarios disminuye en aproximadamente 3,000 durante un tiempo promedio de 45 minutos que dura la reparación de la sección dañada. Este sistema ha incrementado la continuidad y confiabilidad, al mejorar las condiciones de operación, reduciendo el riesgo para el trabajador de campo y optimando la calidad del servicio a los clientes. Para 1996 se tenían 395 puntos de seccionamiento en 175 circuitos de 13 ciudades y poblaciones rurales.

#### **1.4.2. Electrificación rural**

Por ser una actividad estratégica en el desarrollo económico y social de México, la meta de los programas de electrificación rural para el año 2000 es garantizar el suministro de electricidad a todas las comunidades del país con más de 100 habitantes. Al 31 de diciembre de 1996, se concertaron acciones entre la CFE, gobiernos estatales y sector privado para realizar obras por \$ 431.9 millones, entre ellas destacan: la electrificación y ampliación de redes de distribución en 1,782 poblados rurales, electrificación de 572 colonias populares y 65 pozos para riego agrícola. Con estas acciones se amplió la

cobertura del servicio a 613,048 habitantes y se instalaron 53,984 postes en las redes de distribución de energía eléctrica y se construyeron de 2,135 Km. de líneas de distribución.

Los recursos presupuestales destinados a este rubro son del ramo 26 (erogaciones no sectorizables) y su aplicación compete a las autoridades estatales y municipales.

Concepto	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Habitantes beneficiados	1,999,090	1,252,069	959,009	1,082,665	421,741	613,048
Centros de población <sup>1</sup>	4,388	3,433	3,000	3,492	1,469	2,354
Longitudes de líneas (km)	4,376	3,263	2,880	3,551	1,411	2,135
Postes instalados	117,372	94,377	74,956	89,234	37,289	53,984
Módulos solares	1,202	72	2,721	7,623	730	1,653

<sup>1</sup> Se consideran poblados rurales, ampliaciones a poblados y colonias populares

#### CUADRO 8. *Electrificación rural (incrementos anuales)*

La obra de electrificación destacó en 16 estados de la República, beneficiando a 513 poblados rurales, donde habitan 129,484 personas; para lograrlo se tuvieron que instalar 14,270 postes y tender 840 km de líneas.

Estado	Poblados	Habitantes	Postes	Líneas km
Baja California	4	1,438	84	1.0
Chiapas	176	54,278	5,668	522.5
Chihuahua	15	2,783	387	28.7
Guanajuato	31	3,971	609	30.4
Guerrero	67	20,898	1,405	80.9
Hidalgo	28	8,513	1,176	28.8
Jalisco	3	618	83	
México	19	2,448	421	0.9
Michoacán	5	2,470	212	33.7
Morelos	18	3,226	402	
Oaxaca	52	4,759	677	36.0
Puebla	45	13,572	2,075	39.6
Querétaro	6	1,355	200	1.4
San Luis Potosí	6	1,590	187	3.0
Sinaloa	14	1,675	171	10.7
Veracruz	24	5,890	513	22.0
<b>Total</b>	<b>513</b>	<b>129,484</b>	<b>14,270</b>	<b>839.6</b>

CUADRO 9. *Electrificación de comunidades indígenas 1996*

## 1.5. Usuarios del servicio eléctrico

Como se mencionó anteriormente, el proceso de distribución termina con las líneas de servicio individual, que alimentan a los diferentes usuarios de este servicio.

De acuerdo al tipo de carga que los usuarios manejen podemos clasificar a estos en: residencial, comercial, industrial, servicios y agrícola.

En 1995 el 56% de la energía eléctrica consumida en nuestro país se debe a la industria, el 21% al sector doméstico, 16% a comercios y servicios y 7% al sector agrícola. En la distribución por uso final, el 60% corresponde a sistemas de fuerza, 30% a iluminación y el 10% restante a usos varios.

Sin embargo, la disponibilidad de energía eléctrica requiere de un complejo proceso para formar la cadena GENERACIÓN-DISTRIBUCIÓN-UTILIZACIÓN, que implica por un lado la necesidad de grandes inversiones por parte del sector eléctrico para satisfacer una demanda que crece en México a un ritmo de aproximadamente 5% anual y por otro lado representa un enorme consumo de recursos energéticos, la mayor parte de ellos no renovables. El 57% de la capacidad instalada de generación en nuestro país se basa en hidrocarburos, con el tremendo impacto ambiental por todos conocido.

De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y con las reservas probadas de hidrocarburos, nuestro país puede correr el riesgo de dejar de ser exportador de estos energéticos en el mediano plazo para convertirse en importador en el largo plazo.

Año	Residencial	Comercial <sup>1</sup>	Industrial	Servicios <sup>2</sup>	Agrícola	Total
1990	14,317	1,763	57	71	77	16,285
1991	15,098	1,845	60	73	77	17,153
1992	15,842	1,912	65	77	78	17,974
1993	16,494	1,967	69	81	79	18,690
1994	17,157	2,035	74	87	81	19,434
1995	17,808	2,086	78	91	81	20,144

<sup>1</sup> Incluye el servicio para molinos de nixtamal y tortillerías

<sup>2</sup> Incluye servicio temporal

CUADRO 10. *Usuarios promedio por tipo de servicio (Miles)*

### 1.5.1. Edificios: Objeto de estudio

El crecimiento económico de la ciudades más importantes del país, aunado al incremento en el costo de los terrenos, ha generado la necesidad de aprovechar al máximo el área de los mismos, con el consiguiente aumento en las construcciones de edificios “altos”. Esto trae consigo el requerimiento de grandes cantidades de energía eléctrica, además de otros servicios.

El enorme consumo de energía eléctrica en edificios representa una importante área de oportunidad para ahorro de energía eléctrica. El diseño de instalaciones eléctricas sin criterios luminotécnicos avanzados, la ausencia de normalización sobre eficiencia energética, la falta de observancia de las normas y recomendaciones vigentes, el continuo crecimiento de carga en instalaciones existentes y la falta de mantenimiento adecuado son algunas de las causas del uso ineficiente de la energía eléctrica en inmuebles. Aunque los problemas y por tanto las soluciones son particulares para cada unidad, algunos de estos

problemas se repiten frecuentemente. En esta investigación se estudian los problemas comúnmente detectados en edificios, así como las posibles soluciones.

Para efecto de esta investigación podemos considerar seis grupos principales de edificios:

- Edificios de oficinas
- Restaurantes y hoteles
- Educativos
- Deportivos y ocio
- Residenciales
- Almacenes y grandes almacenes

Aunque el potencial de ahorro de energía eléctrica está en estos tipos de edificios, diferentes estudios han mostrado que la mejor inversión para ahorro de energía eléctrica en edificios ha sido en los inmuebles para oficinas.

---

## **CAPITULO 2**

## **2. INSTALACIONES ELECTRICAS CONVENCIONALES**

### **2.1. CONDICIONES QUE DEBE DE CUMPLIR UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

Una instalación eléctrica puede ser tan complicada o tan simple que consiste en una sola carga, pero es importante que siempre sea adecuada. Los factores que hay que considerar para que una instalación eléctrica sea adecuada son:

- **SEGURIDAD**

De la vida de las personas y la preservación de la propiedad.

- \*Diseño del sistema para que no sea necesario trabajar con tensión.

- \*Canalización y gabinetes sin partes vivas y con las partes metálicas aterrizadas.

- \*Utilizar equipos adecuados para la protección de los circuitos.

- **CONFIABILIDAD**

La continuidad de servicio requerido depende del tipo de manufactura o proceso de la planta. Algunas plantas pueden tolerar interrupciones mientras que otras pueden requerir un alto grado de continuidad en el servicio. Un servicio confiable puede obtenerse mediante:

- \*Duplicado de líneas de alimentación de cargas donde se requiere confiabilidad.

\*Instalación de equipo eléctrico de la mejor calidad disponible y uso de los mejores métodos de instalación.

### • SIMPLICIDAD DE OPERACIÓN

La operación debe ser tan sencilla como sea posible encontrar los requerimientos del sistema. Debe considerarse en la operación el mantenimiento del sistema de potencia industrial lo siguiente:

\*La mayoría de interrupciones son el resultado de sistemas complicados.

\*Los operadores no tienen emergencias todos los días. La experiencia demuestra que en sistemas complicados se cometen errores en una emergencia.

\*El sistema debe ser simple en las condiciones normales y de emergencia.

### • REGULACIÓN DE TENSIÓN

\*Debe de proveer la máxima estabilidad del voltaje, o sea proporcionar la cantidad de energía necesaria en cada punto al voltaje requerido.

\*Deben por lo tanto considerarse la longitud de los conductores en relación con la localización de las cargas para definir caídas de voltaje aceptables.

\*Deben estudiarse las variaciones de las diferentes cargas en función con su concentración en alimentadores individuales. —

### • FLEXIBILIDAD

Adaptación del sistema al desarrollo, expansión y cambios requeridos durante la vida del edificio; deben considerarse la capacidad y espacio

suficiente para equipo adicional por incremento de carga. Se puede tender hacia la obtención de mayor flexibilidad mediante:

\*Sistema de “centros de carga”.

\*Sistema de distribución con flexibilidad como pueden ser los electroductos del tipo enchufable.

#### • **COSTOS INICIALES**

Los costos iniciales son las consideraciones básicas económicas en base a un análisis costo-beneficio y siempre bajo la misma base de comparación. El costo inicial debe incluir todas las partes del sistema a comparar.

\*Costo de operación y mantenimiento

\*Costo de fallas

\*En cualquier caso el costo debe ser coherente con el tipo y operación del edificio.

## **2.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE UNA INSTALACION ELECTRICA**

El término “Instalación Eléctrica” comprende el conjunto de aparatos, conductores y accesorios destinados a la producción, distribución y utilización de la energía eléctrica.

Este conjunto lo podemos considerar desde dos puntos de vista: externo e interno.

Desde el punto de vista externo, se deben considerar los siguientes elementos, generalmente formados por instalaciones de las compañías suministradoras del servicio de energía (C.F.E. y Luz y Fuerza del Centro):

- Fuente de energía
- Equipo de generación
- Sistema de Transmisión
- Sistema de Distribución

Desde el punto de vista interno, el concepto “Instalación Eléctrica”, restringe, de todos los elementos mencionados, es decir, conductores, aparatos y accesorios necesarios, aquellas instalaciones de la compañía suministradora, y abarca solamente las instalaciones del usuario, y esta integrado por los elementos generales que se detallan en la figura 2.1.

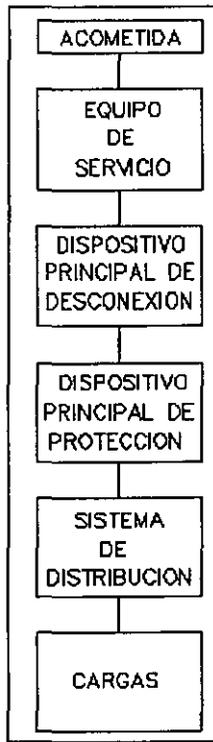


FIGURA 1. *Elementos principales constitutivos de una instalación eléctrica*

### 2.2.1. Acometida

Se denomina acometida (línea de servicio) a los conductores que ligan la red de distribución, del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación del usuario.

- Características
  - \* Una sola por inmueble (caso general)
  - \* Canalización exclusiva
  - \* No pasar por otro inmueble

- Clasificación
  - \* De acuerdo al tipo de línea (Aérea o Subterránea)
  - \* De acuerdo a la tensión (Baja tensión o Alta tensión)

### **2.2.2. Equipo de Servicio**

Es el conjunto de aparatos, propiedad del organismo suministrador, o bajo su cuidado, necesarios para el adecuado suministro del servicio, tal como equipo de medición, transformadores de instrumento y gabinetes que lo contienen, cuchillas auxiliares, etc., que se encuentran instalados en el extremo de la acometida más próximo al servicio.

- Características del local
    - \* Fácil acceso a personal de la compañía suministradora
    - \* Libre de material fácilmente inflamable
    - \* Dimensiones que permitan instalar, operar, mantener y retirar con facilidad y seguridad
- 
- Características
    - \* Partes “vivas” protegidas con cubiertas (salvo acceso restringido)
    - \* Gabinetes conectados a tierra

### 2.2.3. Dispositivo principal de desconexión

El objetivo principal de dicho dispositivo es poder independizar totalmente a la instalación servida.

- Características
  - \* Instalado después del equipo de servicio
  - \* Adecuado a tensión de suministro
  - \* Capacidad suficiente para la carga máxima
  - \* Apertura simultánea y manual de todos los conductores activos
  - \* Indicación de posición clara
  - \* Conexiones anteriores (Apartarrayos, alumbrado de emergencia, alarmas y sistemas contra incendio, todos con protección contra sobrecorriente)

### 2.2.4. Dispositivo principal de protección

El objetivo del dispositivo principal de protección contra sobrecorrientes es, desconectar automáticamente a la instalación servida de la red de suministro, cuando ocurre una sobrecorriente.

Donde :

$$\text{Sobrecorriente} = I_{\text{CIRCULANTE}} > I_{\text{DISEÑO}}$$

- Características

- \* Capacidad interruptiva adecuada al corto circuito máximo posible

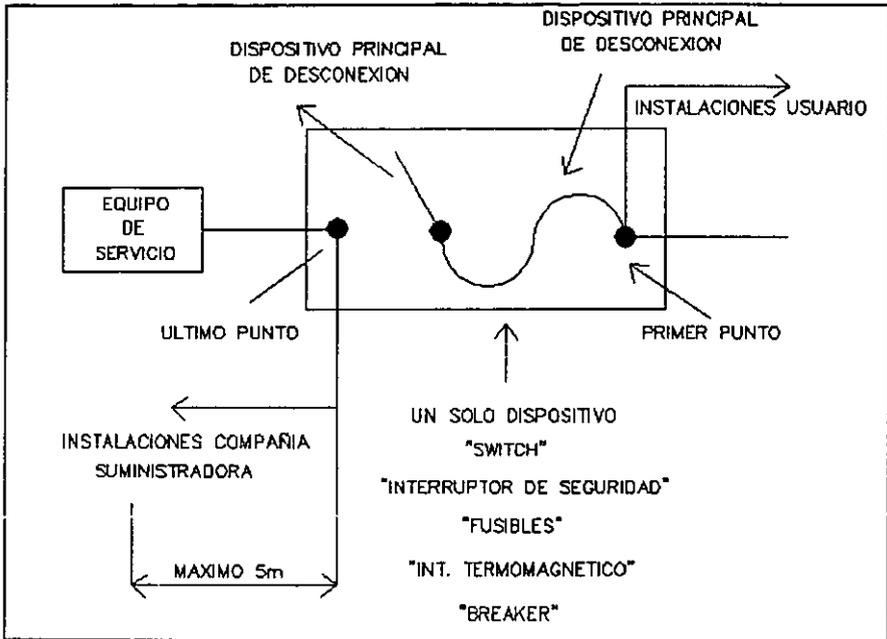


FIGURA 2. *Características generales de una instalación eléctrica*

### 2.2.5. Sistema de distribución

Los sistemas de distribución están formados por:

1. Circuitos Alimentadores
2. Centros de distribución (Tableros)
3. Circuitos derivados

## **1. Circuitos alimentadores**

Conjunto de conductores y demás elementos que se encuentran entre el medio principal de desconexión y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

- **Características**

- \* El calibre de los conductores debe tener una capacidad no menor a la demanda máxima<sup>1</sup> determinada (calibre mínimo # 10 AWG, 5.26 mm<sup>2</sup>)
- \* La caída de tensión en porciento de un circuito alimentador no deberá ser mayor del 3%.
- \* La suma de las caídas de tensión en porciento de un circuito alimentador y un circuito derivado no será mayor del 5 %, sin exceder el 3% en cada circuito.
- \* Si se tiene una derivación de un circuito alimentador con una longitud mayor a 10 m, la derivación tendrá la misma capacidad del circuito alimentador.
- \* Si se tiene una derivación de un circuito alimentador con una longitud igual o menor a 10 m, la derivación puede tener 1/3 de la capacidad del alimentador, pero con suficiente capacidad para la carga.

## **2. Tablero de distribución**

Tablero de circuitos derivados o tablero de distribución para alumbrado y aparatos, es aquél que tiene más del 10 por ciento de sus elementos de

protección contra sobrecorriente calibrados a 30 Amp. o menos y está dotado de barra para conexiones al neutro.

- **OBJETIVOS**

- \* Distribuir la energía eléctrica, por grupos o zonas de utilización, derivando de él los circuitos.

- \* Proteger a los circuitos derivados.

- \* Centro de operación de los circuitos derivados.

- **NORMAS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE UN TABLERO DE CIRCUITOS DERIVADOS**

- \* No más de 42 circuitos derivados monopolares de un solo tablero.

- \* La mayor distancia permitida en los conductores entre tablero y la primera salida es de 30m.

- \* Los tableros deberán instalarse en sitios de fácil acceso.

- \* Los tableros deberán instalarse tan cercanos como sea posible a su centro de carga

- \* Para interrumpir un circuito desde su tablero, deberá usarse un interruptor de cuchillas provisto de fusibles o un disyuntor termomagnético.

- \* Para la localización de los tableros, deberá considerarse la menor longitud posible de su alimentador y el mínimo de curvas en su recorrido.

---

<sup>1</sup> Demanda máxima es la suma de la carga de los circuitos derivados abastecidos, multiplicada por el factor de demanda. Consultar capítulo tres.

\* La capacidad de corriente mínima de las barras alimentadoras de los tableros, deberá ser igual o mayor a la mínima requerida por los cables alimentadores para abastecer la carga.

\* Un tablero para alumbrado y aparatos alimentado con una línea protegida a más de 200 Amp, debe contar en su alimentación con protección contra sobrecorriente con capacidad no mayor que la del tablero, sin exceder 200 Amp.

\* En edificios comerciales, institucionales y multifamiliares, incluyendo hoteles, se recomienda instalar por lo menos un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos en cada planta.

\* Una vez seleccionados los circuitos derivados para alumbrado y aparatos, así como el tamaño, tipo y localización de tableros, deberá consignarse en planos y una tabla que indique: designación de cada tablero, localización, número y capacidad de los circuitos derivados, su carga conectada, tipo y capacidad de sus elementos de protección, capacidad de los alimentadores, tamaño y tipo del interruptor general con su elemento de protección y todas aquellas indicaciones que sirvan para aclarar al instalador las intenciones del proyectista.

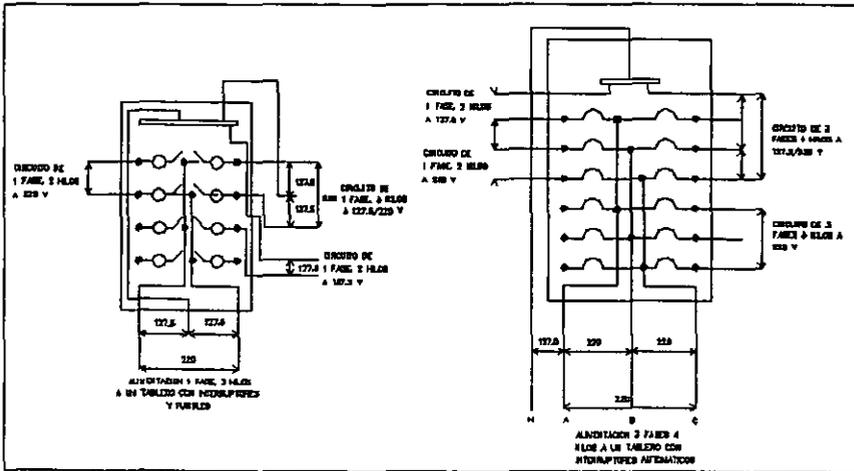


FIGURA 3. Características principales de los tableros de circuitos derivados

### 3. Circuitos derivados

Conjunto de conductores y demás elementos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección hacia las cargas.

- Clasificación de los circuitos de acuerdo a su conexión eléctrica
  - \* Circuito serie ( $I = cte$ ) con respecto a la carga
  - \* Circuito paralelo ( $V = cte$ ) con respecto a la carga
- Clasificación de los circuitos de acuerdo a su uso.
  - \* Uso general (circuito de alumbrado y contactos)
  - \* Uso para cargas individuales
  - \* Uso para motores

- **Características**

- \* La capacidad de un circuito derivado es igual a la capacidad de su protección.

- \* La capacidad comercial de los medios de protección es: 15, 20, 30, 40 y 50 Amps.

## **2.2.6. Cargas**

Dispositivo adecuado para absorber o transformar la energía eléctrica a otras formas de energía para su utilización:

Luminosa --- Lámparas

Mecánica --- Motores

Térmica --- Calefactores

- **Características**

- \* Parámetros eléctricos (Potencia, tensión, corriente demandada, corriente nominal, corriente de arranque, corriente a rotor bloqueado, factor de potencia, frecuencia, etc.)

- \* Localización (de la carga, de su control o de sus protecciones)

- \* Operación (Régimen de carga o tipo de servicio)

- Clasificación de las cargas de acuerdo a su fuente de alimentación
  - \* Servicio normal
  - \* Servicio de emergencia
  
- Clasificación de las cargas de acuerdo a su uso
  - \* Alumbrado (Utilitaria u ornamental)
  - \* Aparatos (Definida o indefinida)
  - \* Motores

---

## **CAPITULO 3**

### **3. CRITERIOS, CONCEPTOS Y RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIOS**

#### **3.1. DEFINICIONES**

El objetivo de este capítulo es describir los principales criterios y conceptos para el uso racional de la energía, así como proporcionar recomendaciones para la operación y el mantenimiento que permitan a los usuarios obtener ahorros de energía en las instalaciones eléctricas. A continuación se definen algunos de estos conceptos, que serán utilizados ampliamente en el desarrollo de este capítulo.

- a) Ahorro de energía eléctrica. Es la reducción del consumo y ó demanda de energía eléctrica mediante el uso eficiente y racional de las instalaciones, equipos, dispositivos y materiales que la generan, transmiten, distribuyen y utilizan.
  
- b) Equipos y dispositivos ahorradores de energía eléctrica. Equipos y dispositivos utilizados para reducir y optimizar el uso de la energía eléctrica.
  
- c) Equipo eléctrico. Término general que comprende aparatos, máquinas, dispositivos, etc., que se usan en instalaciones eléctricas, para generación, conversión, transformación o utilización de energía eléctrica, incluyendo instrumentos de medición, aditamentos de protección, equipos y dispositivos ahorradores de energía y aparatos accesorios.

d) Factor de potencia (F.P. o Cos  $\theta$ ). Es la relación que existe entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente total (kVA) y se puede determinar con la expresión:

$$\text{F.P.} = \cos \theta = \frac{kW}{kVA}$$

e) Factor de potencia adelantado. Cuando la intensidad de corriente está adelantada respecto a la tensión, tiene un factor de potencia adelantado. Esto se presenta en un circuito capacitivo.

f) Factor de potencia atrasado. Cuando la intensidad de corriente está atrasada respecto a la tensión, tiene un factor de potencia atrasado. Esto se presenta en un circuito inductivo.

g) Potencia reactiva (kVAR). La potencia reactiva (kVAR) es la potencia necesaria que utilizan entre otros, los aparatos eléctricos que tienen núcleo de hierro, para producir un campo magnético, siendo una de las principales causas del bajo factor de potencia, que también puede ser calculado a partir de la expresión siguiente:

$$\text{F.P.} = \frac{kW}{\sqrt{(kW)^2 + (kVAR)^2}}$$

h) Potencia activa (kW). Es la potencia real o activa que un aparato eléctrico transforma en energía mecánica, luminosa, calorífica, etcétera.

i) Potencia aparente (kVA). Es la potencia total a generar y transportar, es el módulo de la suma vectorial de las potencias activa y reactiva. Su valor es:

$$\text{kVA} = \sqrt{(\text{kW})^2 + (\text{kVAR})^2}$$

j) Alumbrado exterior. Alumbrado que se destina a áreas abiertas, entre los que destacan: estacionamientos, calles y avenidas, patios, fachadas de edificios, monumentos, áreas de material industrial, muelles de carga, obras, campos deportivos, estadios, etcétera.

i) Alumbrado interior. Alumbrado de espacios cubiertos, entre los que destacan: salas de espectáculos, naves industriales, centros comerciales, restaurantes, casas habitación, escuelas, etcétera.

l) Balastro. Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a estas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda.

m) Lámpara. Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

n) Lámpara fluorescente ahorradora. Es una lámpara con bajo consumo de energía eléctrica y un alto rendimiento luminoso.

o) Luminario. Es un aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una o varias lámparas, el cual contiene todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y desconexión al circuito alimentador.

p) Flujo luminoso. Cantidad de luz comprendida en un ángulo sólido, emitido por una fuente luminosa de una candela (cd) colocada en el centro de una esfera unitaria. Su unidad es el lumen.

$$\phi = I \times w \text{ [ lumen ]}$$

q) Cantidad de luz. Equivale al producto del flujo luminoso emitido por la unidad de tiempo, o sea:

$$Q = \phi \times t \text{ [ lumen-hora ]}$$

r) Eficacia o rendimiento luminoso. Es la relación entre el flujo emitido y la potencia demandada.

$$\eta = \frac{\phi}{P} \left[ \frac{\text{Lumen}}{\text{Watt}} \right]$$

s) Intensidad luminosa. Es la densidad de flujo a través de un ángulo sólido en una dirección determinada. Se denota por la letra I.

$$I = \frac{\phi}{w} \text{ [ candela ]}$$

t) Iluminancia. La iluminancia de una superficie es la relación entre el flujo luminoso incidente y el área correspondiente.

$$E = \frac{\phi}{S} \quad [\text{lux}]$$

u) Luminancia. Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente en la dirección determinada.

$$L = \frac{I}{S \times \cos \delta} \quad [\text{candela} / \text{m}^2]$$

MAGNITUD	SIMBOLOS	SISTEMA INTERNACIONAL	ECUACIÓN
FLUJO LUMINOSO	$\phi$	Lumen (lm)	$\phi = I \times \omega$
EFICACIA	$\eta$	Lumen/Watt	$\eta = \phi / P$
CANTIDAD DE LUZ	Q	Lumen-segundo Lumen-hora	$Q = \phi \times t$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	Candela	$I = \phi / \omega$
ILUMINANCIA	E	Lux	$E = \phi / S$
LUMINANCIA	L	Candela / m <sup>2</sup>	$L = I / S \cos \delta$

CUADRO 1. *Resumen de los parámetros luminotécnicos fundamentales.*

## 3.2. REQUISITOS TÉCNICOS DE CARÁCTER GENERAL

Esta apartado contiene requisitos de carácter general aplicables a las instalaciones eléctricas para el uso eficiente y racional de la energía eléctrica.

### a) Conexión eléctrica

- Conexión a terminales. La conexión de los conductores a terminales (de aparatos o dispositivos) debe asegurar un buen contacto sin dañar a los mismos conductores, ya que independientemente del deterioro que sufren estos cuando existen conexiones flojas o sueltas, existirán calentamientos en las propias terminales y por consiguiente, pérdidas de energía. En general, se recomienda emplear zapatas soldadas, de presión o cualquier otro medio que asegure una amplia superficie de contacto. En el caso de conductores de calibre No. 8 AWG ( $8.37 \text{ mm}^2$ ) o menor, puede hacerse la conexión mediante un tornillo que sea adecuado para el caso.
- Empalmes. Los conductores deben empalmarse o unirse de manera que se asegure una buena conexión mecánica y eléctrica. Se recomienda para ello el uso de dispositivos de unión adecuados, o bien aplicar soldadura sobre los empalmes o uniones y con esto evitar pérdidas de energía por calentamiento. Cuando se usen accesorios tales como conectores o uniones a presión o conectores terminales para soldar, deben ser apropiados para el material de los conductores que se unen y ser usados e instalados adecuadamente. No se recomienda conectar entre sí diferentes conductores de metales (como por ejemplo, cobre y aluminio), a menos que el accesorio

sea diseñado para el propósito y las condiciones de este uso. Cuando se utilicen soldaduras, fundentes o compuestas, deben ser adecuadas para tal uso y de un tipo que no dañe a los conductores o al equipo.

## **b) Diseño de instalaciones**

- Diseños amplios. Dentro de lo posible, se recomienda no limitar el diseño de la instalación a las condiciones iniciales de la carga, sino considerar un margen razonable de capacidad para tomar el aumento natural que tienen todos los servicios.
- Centros de distribución. Se recomienda localizar los tableros o centros de distribución en lugares fácilmente accesibles, para comodidad y seguridad de funcionamiento, tratando que estos lugares sean también los centros de carga.
- Limitación de daño por fallas. Se recomienda limitar el número de conductores y circuitos alojados en una canalización o cubierta, a fin de minimizar el daño que pueda ocasionar un corto circuito o falla a tierra producido en alguno de ellos.
- Es recomendable que toda instalación eléctrica deba ejecutarse de acuerdo con un plano previamente elaborado; además, cualquier modificación a la instalación debe anotarse en el mismo o en un nuevo plano. El plano actualizado de la instalación debe conservarse en poder del propietario del inmueble para fines de mantenimiento. Lo anterior es independiente de que cada caso particular, exista o no la obligación de presentar planos de la

instalación a la Secretaría de Energía, para su aprobación, según lo establezca la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento.

- Ahorro de energía eléctrica. En todos los proyectos e instalaciones eléctricas se recomienda aplicar medidas para la utilización de equipos y dispositivos eficientes y ahorradores de energía eléctrica.

### **c) Programa de mantenimiento**

- Se recomienda que toda instalación industrial ó comercial cuente con un programa de mantenimiento continuo de inspección y mantenimiento de su instalación eléctrica y registre su estadística. En el cuadro 2 se mencionan algunos de los puntos más importantes que se deben contemplar en un buen mantenimiento eléctrico, con la finalidad de obtener una operación eficiente y con esto evitar consumos innecesarios de energía.

**Equipo****Revisión****Contactos, conductores y aislamiento**

- Presión de contactos (falsos contactos)
- Arcos entre contactos
- Resistencia de uniones y contactos
- Puntos calientes
- Empalmes de conductores
- Resistencia de aislamiento
- Estado de aisladores
- Deposito de polvo sobre conductores aisladores y equipo en general

**Motores y transformadores**

- Resistencia de aislamiento
- Lubricación de rodamientos y partes móviles
- Evaluación de eficiencia de motores con diversas cargas
- Eliminación de polvo y evitar su acumulación
- Sistemas de enfriamiento
- Estado de aisladores en transformadores
- Dispositivos de protección

**Alumbrado**

- Niveles de iluminación. Compararlos con los recomendados para las distintas áreas, según la actividad
- Consumo de energía en iluminación
- Eficiencia de lámparas, luminarios y balastos
- Sustitución de lámparas y accesorios
- Limpieza de lámparas, luminarios, reflectores, difusores, pantallas, etcétera.
- Limpieza y pintura de paredes y techos
- Limpieza de vidrios de ventanas
- Control de las horas de uso

---

**CUADRO 2. Inspección y mantenimiento de instalaciones eléctricas**

### 3.3. DISEÑO Y PROTECCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

#### a) Alimentadores y circuitos derivados

- Optimización del uso de energía. Con el fin de reducir pérdidas y hacer un uso más eficiente de la energía, en toda instalación se debe hacer un estudio de las trayectorias de alimentación y circuitos derivados para eliminar recorridos innecesarios.
- Ahorro de energía en alimentadores y circuitos derivados. Se recomienda diseñar los alimentadores y circuitos derivados, con controladores para que puedan ser conectados y desconectados horariamente, por niveles de iluminación, carga, ocupación del local, etcétera.
- Calibre de los conductores. Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir, considerando además diseños amplios. Cuando se seleccione el calibre de un conductor con base en la caída de tensión, se recomienda calcularla utilizando el valor de la impedancia de dicho conductor independientemente de lo anterior, el calibre de los conductores alimentadores no debe ser menor que el No. 10 AWG (5.26 mm<sup>2</sup>) en los siguientes casos:
  - \* Cuando un alimentador bifilar abastezca a tres a dos o más circuitos derivados bifilares.

- \* Cuando un alimentador trifilar abastezca a tres o más circuitos bifilares.
- \* Cuando un alimentador trifilar abastezca a dos o más circuitos derivados trifilares.
  
- Instalación de conductores. En la instalación de todo tipo de conductores, no se deben hacer dobleces bruscos o innecesarios, ya que éstos pueden producir puntos calientes y fallas de aislamiento y por consiguiente aumentar el consumo de energía.
  
- Demanda máxima. En toda instalación, principalmente industrial ó comercial, se recomienda mantener la demanda máxima, lo más baja y constante posible, controlando la carga por administración de consumo.
  
- Nivel de tensión. En industrias, comercios, hoteles, hospitales, etc., se recomienda elegir, y sostener valores nominales de tensión en las instalaciones eléctricas, para tener una buena distribución de energía y un uso más eficiente y racional de la misma.
  
- Regulación de tensión. Con objeto de optimizar el uso de la energía en toda la instalación, se recomienda ajustarla lo más posible a los valores nominales en las terminales de la carga, esto puede lograrse actuando sobre el cambiador de derivaciones de los transformadores, aumentando el calibre de los conductores ó por medio de dispositivos de tensión. En el alumbrado, una reducción de tensión, disminuye la intensidad luminosa y una tensión en exceso, reduce la vida útil de las lámparas. En un motor girando a una tensión reducida, la corriente se incrementa, en tanto que la velocidad, el par

y su capacidad de sobrecarga se pueden reducir significativamente, por lo tanto, una sobre tensión da lugar a una disminución del factor de potencia, y a un incremento de par y en la velocidad de operación.

- Protección. Es recomendable que en toda instalación eléctrica se disponga de equipos de interrupción contra fallas a tierra, para desconectar la instalación ó los equipos cuando esta falla se presente.
- Armónicas. Con objeto de lograr un uso óptimo de la energía, particularmente en aquellas instalaciones provistas de equipos eléctricos en sus procesos, se recomienda hacer un estudio de contenido de armónicas.
- Equipo diverso. En toda instalación eléctrica, (industrial, comercial, hotelera, de hospital, etc.) se recomienda utilizar equipo electromecánico (compresores, bombas, ventiladores, etc.) de alta eficiencia.

## **b) Puesta a tierra**

- Aplicación. El objeto de conectar a tierra un circuito eléctrico es limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el propio circuito o a contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal. Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra, contribuyendo así al uso eficiente de la energía eléctrica. Las canalizaciones, estructuras y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenas al circuito eléctrico) deben ser puestas a tierra con el objeto de evitar que éstas tengan un

potencial mayor que el de tierra en un momento dado, y representan riesgos para las personas.

### 3.4. SUBESTACIONES: REQUISITOS GENERALES

#### a) Instalación y mantenimiento del equipo eléctrico

- Equipo normal de uso continuo. Antes de ser puesto en servicio, debe comprobarse que el equipo cumple con los requisitos establecidos en este capítulo. Posteriormente, con la finalidad de resguardarlo en condiciones correctas de funcionamiento y aumentar la confiabilidad, la eficiencia y el ahorro de energía eléctrica, se recomienda un adecuado mantenimiento.
- Equipo de emergencia. El equipo y las instalaciones de emergencia se deben revisar y probar periódicamente para cerciorarse de que están en buenas condiciones de funcionamiento.
- Equipo de uso eventual. Se recomienda que el equipo o las instalaciones que se usen eventualmente, sean revisados y probados antes de usarse en cada ocasión.

#### b) Locales para subestaciones

- Iluminación. Las salas o espacios (interiores o exteriores) donde esté localizado el equipo eléctrico deben tener medios de iluminación artificial con intensidades adecuadas para las funciones que en cada caso se tengan que cumplir. Los medios de iluminación deben mantenerse listos para usarse en cualquier momento y por el tiempo que sea necesario. En el siguiente cuadro se muestran niveles de iluminación recomendados para locales interiores.

<b>LOCAL</b>	<b>ILUMINACIÓN LUXES</b>
<b>Frente de tableros de control con instrumento diversos, interruptores, etcétera.</b>	300
<b>Parte posterior de los tableros o áreas dentro de tablas "duplex"</b>	60
<b>Pupitres de distribución o de trabajo</b>	300
<b>Cuarto de baterías</b>	200
<b>Pasillos y escaleras (medida al nivel del piso)</b>	100
<b>Alumbrado de emergencia, en cualquier área</b>	20

**CUADRO 3. Niveles de iluminación recomendados para locales interiores**

Los valores de iluminación que se indican en este cuadro son los que se recomiendan sobre las superficies de trabajo en los lugares respectivos, excepto en el caso de pasillos y escaleras.

No se requiere iluminación permanente en celdas de desconectadores y pequeños espacios similares ocupados por aparatos eléctricos. donde dicha iluminación permanente es impráctica debido al consumo innecesario de energía.

Las subestaciones de usuarios de tipo poste o jardín quedan excluidas de los requerimientos a que se refiere esta parte y pueden considerarse iluminadas con el alumbrado existente para otros fines.

- Fuente de emergencia. Se recomienda proveer a las subestaciones de una fuente de emergencia para iluminación, por ejemplo, un generador independiente, el banco de acumuladores existente u otras fuentes apropiadas.
- Contactos y unidades de alumbrado. Los contactos para conectar aparatos portátiles deben situarse de manera que, al ser utilizados, no sea necesario agregar en forma peligrosa cordones flexibles a partes vivas. Las unidades de alumbrado deben situarse de manera que puedan ser controladas, repuestas y poder limpiarse desde lugares de acceso seguro; no deben instalarse usando conductores, que cuelguen libremente y que puedan moverse de modo que hagan contacto con partes vivas de equipo eléctrico.
- Circuito independiente. En subestaciones de usuarios, el circuito para alumbrado y contactos debe alimentar exclusivamente estas cargas y tener protección contra sobrecorriente independiente de los otros circuitos. De ser factible se recomienda que este circuito quede conectado antes del interruptor general de baja tensión, para que la apertura de éste no afecte al servicio de alumbrado de la subestación.
- Control de alumbrado. Con el propósito de reducir el consumo de energía y facilitar la visualización de fallas (los arcos eléctricos se detectan en la oscuridad) en el área de equipos, barras y líneas, el alumbrado debe

permanecer al menor nivel posible con excepción de los periodos de maniobras.

- Mantenimiento. Para asegurar el buen aprovechamiento de la energía eléctrica, reduciendo pérdidas por falsos contactos o fallas a tierra, los sistemas de alumbrado deben tener un mantenimiento periódico de limpieza, ajuste de conexiones y demás.

### c) Instalaciones de equipo eléctrico específico en subestaciones

- Transformadores de corriente. Los circuitos secundarios de los transformadores de corriente deben tener medios para ponerse en cortocircuito, conectar a tierra simultáneamente y aislar los transformadores del equipo normalmente conectado a ellos, mientras el primario esté conectado al circuito alimentador. El calibre mínimo que se recomienda utilizar en las conexiones de los secundarios de los transformadores de corriente, es del No. 10 ( $5.26 \text{ mm}^2$ ) para control y protección, y del No. 14 ( $2.08 \text{ mm}^2$ ) para señalización.
- Instalación de transformadores de potencia. Los siguientes requisitos se aplican a transformadores de potencia (o de distribución instalados al nivel del piso), en exteriores o interiores:
  - \* En la instalación de los transformadores deben cumplirse las disposiciones respecto a defensas y distancias para resguardo de partes vivas.

- \* En la instalación de transformadores sumergidos en aceite deben considerarse las recomendaciones sobre protección contra incendio.
- \* En edificios que no usen solamente para subestaciones, los transformadores deben instalarse en lugares especialmente destinados a ello, con ventilación apropiada hacia el exterior y que sean solamente accesibles a personas idóneas.
- \* Los transformadores de potencia deben ser seleccionados para trabajar lo más próximo al 100 por ciento de su capacidad, para obtener un máximo rendimiento. Se debe tomar en cuenta que pueden ser sobrecargados en los porcentajes indicados en el cuadro 4, dependiendo de su enfriamiento.

CLASE DE ENFRIAMIENTO	CAPACIDAD EN KVA			% DE SOBRECARGA	
	MONOFÁSICO	TRIFÁSICO	PROMER PASO	SEGUNDO PASO	
OA / FA	501 - 2,499	501 - 2,499	15	-	
OA / FA	2,500 - 9,999	2,500 - 11,999	25	-	
OA / FA	10,000 o más	12,000 o más	33	-	
OA / FA / FA	10,000 o más	12,000 o más	33	66	
OA / FA / FOA	10,000 o más	12,000 o más	33	66	
OA / FOA / FOA	10,000 o más	12,000 o más	33	66	

CUADRO 4. *Sobrecarga en transformadores por clase de enfriamiento*

### 3.5. ILUMINACIÓN

Uno de los desperdicios más comunes de energía eléctrica se da en la iluminación de plantas industriales y oficinas de las empresas. Este tipo de desperdicio es afortunadamente el más fácil de evitar.

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

Con el fin de optimizar los sistemas de iluminación se hacen las siguientes recomendaciones:

a) División de locales. Se sugiere que las divisiones de las áreas, con las mismas necesidades de iluminación, sean lo más grande posible ya que así se logra un uso más eficiente del flujo luminoso. Además se recomienda que la cancelería o paredes que se usen como divisiones en donde se requieran, no se levanten al techo y en caso necesario, es aconsejable utilizar material transparente para que exista un intercambio de luz entre las distintas áreas.

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

c) Reflectancias del local. Para mejorar reflectancias en interiores, se recomienda utilizar colores claros y superficies lisas.

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

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

f) Luz natural. Se debe utilizar y aprovechar al máximo la luz natural para iluminación de interiores. En todo el país se recomienda instalar ventanas de dimensiones adecuadas, domos y cualquier otro medio para introducir luz natural, además de hacer una distribución funcional del mobiliario.

### **3.5.1. Niveles de iluminación en México**

**Niveles de iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C. - Illuminating Engineering Society - México Chapter., como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D.F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena iluminación.**

La primera columna lleva por en encabezado I.E.S. 99% y esta formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H.R. Blacwell, publicadas por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959., con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95%, está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y las otras 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión (1.75), que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell, para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo, usando como parámetro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en porciento.

De estos factores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisores valores de (b) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así

la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el del 99% son iguales significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

A continuación se presentan los niveles recomendados para Oficinas, Escuelas Públicas, Hospitales, Restaurantes, Tiendas y Residencias, por ser estos los casos de interés en esta investigación.

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %
<b>OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PÚBLICOS</b>		
<b>AUDITORIOS</b>		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
<b>BANCOS</b>		
Vestíbulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900
Gerencia y correspondencia	1500	900
<b>BIBLIOTECAS</b>		
Sala de lectura	700	400
Anaqueles	300	200
Reparación de libros	500	300
Archiveros y catalogar	700	400
Mesa checadora de salidas y entradas de libros.	700	400
<b>CENTRAL DE BOMBEROS</b> (Véase Edificios Municipales)		
<b>CLUBES</b>		
Salas de descanso y de lectura	300	200
<b>CORREOS</b>		
Vestíbulos, sobre mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
<b>CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)</b>		
Áreas de asientos (público)	300	200
Áreas de actividades propias de la corte	700	400

---

**EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA**

<b>Policia:</b>		
Archivos de identificación	1500	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
<b>Bomberos:</b>		
Dormitorios	200	100
Sala recreativa	300	200
Garage carros bomba	300	200
<b>ESCUELAS</b>		
Salones de clases	700	400
Salones de dibujo (sobre restirador)	1000*	600*
Lectura de movimientos de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura	1500a	900A
<b>GALERÍAS DE ARTE</b>		
Iluminación general:	300	200
Sobre pinturas (localizado)	300	200
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
<b>IGLESIAS</b>		
Altar, retablos	1000e	600e
Coro (D) y presbiterio	300e	200e
Púlpito (iluminación adicional)	500e	300e
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150e	100e
<b>Ventanales emplomados:</b>		
Color blanco	500	300
Color mediano	1000	600
Color oscuro	5000	3000
Ventanal muy denso	10000	6000
<b>MERCADOS</b>		
Bodegas y cuartos de almacenamiento:		
Activos	200	100
Inactivos	50	50
Carnicerías, Barbacoa, Pescaderías	500	300
Cocinas (áreas de trabajo)	500	300
Comedores	300	200
Cuartos de máquinas	300	200
Ferreterías y accesorios eléctricos	500	300
Lavadoras para verduras y varios	500	300
Mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
Mueblerías y artículos par el hogar	500	300
Papelerías, libros y juguetes	500	300
Plataformas de descarga	200	100
Sanitarios y baños	100	100
Verduras, frutas, flores y plantas	500	300
<b>MUSEOS (Véase Galerías de Arte)</b>		
<b>OFICINAS</b>		
Proyectos y diseños	2000	1100
Contabilidad, auditoria, máquinas de contabilidad	1500	900
Trabajos ordinarios de oficina selección de correspondencia, archivado activo o continuo	1000	600
Archivado intermitente o descontinuado	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de receso, archivos de poco uso o sea las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
<b>PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA</b>	1000	600

---

---

**TEATROS Y CINES**

Sala de espectáculos:		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestíbulo	200	100
Sala de descanso (foyer)	50	30

**HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS****AUTOMOVILES, SALA DE EXHIBICIÓN**

(Véase tiendas)

**CASAS (Véase residencias)**

Zonas comerciales principales:

General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000

Zonas comerciales secundarias

General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000

**COCINAS (Véase restaurantes o residencias)****ESCAPARATES**

Alumbrado diurno:

General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000

**GASOLINERIAS**

Áreas de servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600

**HOTELES**

Recamaras:

Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300h	200h
Administración	500	300

Vestíbulo:

Áreas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300

**JOYERIA Y RELEJOS, MANUFACTURA DE****RESIDENCIAS**

Tareas visuales específicas (1):

Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio (sobre escritorio)	700	400
Costura	1000	600
Iluminación general:		
Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras	100m	60m
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo o juego	100m	60m
Cocina, lavandería, cuarto de baño	300	200

**RESTAURANTES Y CAFETERIAS**

Área de comedor

Cajera	500	300
--------	-----	-----

---

Del tipo íntimo:		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario		
Con ambiente ligero	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo de servicio rápido:		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
<b>SALONES DE BAILES</b>	<b>50</b>	<b>30</b>
<b>TIENDAS</b>		
Áreas de circulación	300	200
Áreas de mercancías:		
Con servicio de vendedores	1000	600
Autoservicio	2000	1100
Mostradores y vitrinas en muro:		
Con servicio de vendedoras	2000	1100
Autoservicio	5000	3000
Atracciones principales:		
Con servicio de vendedoras	5000	3000
Autoservicio	100000	6000

## NOTAS

- a. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- b. Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.
- c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas
- d. La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación
- e. Si los acabados interiores son oscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiobscuro que lo rodea.
- h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 Luxes.
- m. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

## 3.5.2. Selección de equipo

### a) Fuentes de luz

Es importante desde el punto de vista de ahorro de energía, seleccionar las fuentes de luz de mayor eficacia evaluando conceptos como: rendimiento luminoso, color, características ópticas, vida útil, eficacia inicial y depreciación.

A continuación se presentan las características de los distintos tipos de lámparas que se utilizan en el alumbrado de interiores y exteriores.

- Lámparas incandescentes. Es un dispositivo para transformar energía eléctrica en energía luminosa. Esto se logra calentando un filamento hasta la incandescencia, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de él.

Con el paso de la corriente el filamento de tungsteno se calienta “al blanco”, alcanzando una temperatura de 2482° C, que equivale al doble del punto de fusión del acero. El resplandor radiado por ese gran calor es la incandescencia, que la vista percibe como luz

A pesar de esa alta temperatura el filamento no se funde por que la temperatura de fusión del tungsteno es superior. No puede haber combustión por que la atmósfera carece de oxígeno, puesto que previamente se hizo el vacío y se lleno con gases inertes.

*Eficacia.* La eficacia de una lámpara es la cantidad de luz (medida en lúmenes) emitida por unidad de energía consumida (watts). Por ejemplo una lámpara normal de 60 watts con una producción lumínica nominal de 820 lúmenes tiene una eficacia de 13.66 lúmenes por watt, resultado de la división de la producción lumínica entre el número de watts de la lámpara.

Las lámparas incandescentes modernas de 25 a 100 watts tiene una eficacia de 10 a 16 lúmenes por watt. En tamaños mayores, de 150 a 1500 watts, la eficiencia es de 18 a 22 lúmenes por watt. Mientras más alta la potencia, mayor la eficacia en lúmenes por watt.

*Vida de la lámpara.* Tanto el flujo luminoso como la vida de la lámpara están determinados por la temperatura de trabajo de su filamento. A mayor temperatura en una lámpara dada, mayor será su eficacia (lúmenes por watt) y más corta su vida. Vida y eficacia son inversamente proporcionales. una lámpara puede ser proyectada para una vida larga a expensas de la eficacia y viceversa.

#### *Ventajas de la lámpara incandescente*

- \* Fuente de luz concentrada, la cual es fácil de dirigir hacia el lugar u objeto que se quiere iluminar.
- \* Trabaja eficientemente cualquiera que sea la temperatura de operación.
- \* Encendido instantáneo.

- \* Adaptable a cualquier necesidad gracias a su gran variedad de modelos.
- \* Excelente definición de colores en la mayor parte de las aplicaciones ópticas.
- \* Muy fácil reemplazo.
- \* Se puede aumentar o reducir su intensidad luminosa por medio de reóstatos o variando la tensión.
- \* Trabaja indistintamente con corriente alterna o continua.
- \* Bajo costo de lámpara y de instalación.

## DATOS DE LÁMPARAS INCANDESCENTES

WATTS	VOLTS (TENSIÓN DE OPERACIÓN)	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/ WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.D.D.)	BASE	BULBO	ACABADO PERLA O CALRO	LONGITUD EN CENTIMETROS
40	125	465	1,500	12	0.875	MEDIA (E -26)	A-19	"	11.3
60	125	890	1,000	15	0.930	MEDIA (E -26)	A-19	"	11.3
60	220	588	1,000	10	0.930	MEDIA (E -26)	A-21	"	11.3
75	125	1,190	750	16	0.920	MEDIA (E -26)	A-19	"	11.3
100	125	1,750	750	18	0.905	MEDIA (E -26)	A-19	"	11.3
100	220	1,085	2,500	11	0.900	MEDIA (E -26)	A-21	"	13.5
150	125	2,780	750	19	0.895	MEDIA (E -26)	A-23	"	16
150	220	2,060	1,000	14	0.870	MEDIA (E -26)	PS-25	"	15
200	125	3,750	750	19	0.850	MEDIA (E -26)	PS-25	"	17.6
200	220	3,040	1,000	15	0.900	MEDIA (E -26)	PS-30	"	20.5
300	125	6,103	1,000	20	0.825	MEDIA (E -26)	PS-30	"	20.5
300	220	4,735	1,000	16	0.890	MEDIA (E -26)	PS-30	"	20.5
500	125	10,100	1,000	20	0.890	MOGUL (E-40)	PS-40	"	24.8
500	220	9,270	1,000	18	0.870	MOGUL (E-40)	PS-40	"	24.8
1000	220	17,800	1,000	18	0.820	MOGUL (E-40)	PS-52	"	33.1

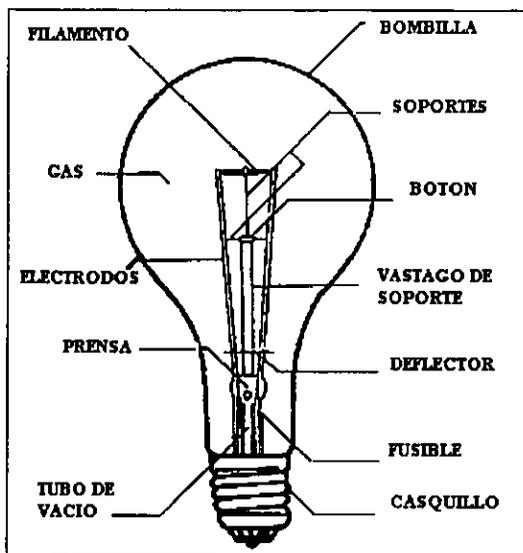


FIGURA 1. *Partes de la lámpara incandescente.*

• Lámparas fluorescentes. El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular casi desde su descubrimiento en 1938. Este nuevo tipo de alumbrado no produce luz desde un solo centro o núcleo luminoso, sino que la radia suave y difusamente por toda la extensión de sus tubos sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Esta luz más fresca y más eficiente reduce el esfuerzo visual y facilita el ver y trabajar mas que cualquier otra antes disponible.

La lámpara fluorescente es una fuente que produce luz por medio de una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión. La radiación de mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de

onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible (luz).

La cromaticidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes para cada lámpara en particular; así una lámpara de luz de día hará resaltar los colores azules, opacando los rojos, una de blanco frío resaltarán los colores naranja, amarillo y verde y opaca los colores azules y los rojos; una blanco cálido hará que se vean más vivos los colores rojos y que los azules se vean grisáceos. Para lograr una respuesta de color uniforme a lo largo de todo el espectro, se ha desarrollado el color natural, con el cual se tiene la mejor respuesta de color, es decir toda la gama de colores se observa con igual intensidad.

Cuando se aplica la tensión conveniente, se produce un flujo de electrones que se desplazan a gran velocidad entre los cátodos. La colisión entre estos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación cuyo resultado es la emisión de radiaciones, principalmente en la región ultravioleta del espectro, a 253.7 Nanómetros. Los polvos fluorescentes transforman esta energía ultravioleta en energía visible (luz).

Los cátodos son de hilo de tungsteno doblemente espiralizado (cátodo caliente), y están recubiertos de una materia emisiva (óxido de bario, estoncio y calcio), que cuando se calienta emite electrones, a este proceso se le llama emisión termoiónica por que los electrones son emitidos mas como resultado del calor desarrollado que de la tensión aplicada. Se crea una zona caliente en el cátodo, en el punto en que el arco salta y se produce un flujo continuo de electrones.

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

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

<b>FLUORESCENTE TRADICIONAL CON BALASTRO TRADICIONAL</b>	<b>Vs</b>	<b>FLUORESCENTE AHORRADORA CON BALASTRO AHORRADOR</b>
75 W	=	60 W
40 W	=	34 W
39 W	=	30 W

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

— — Veamos un ejemplo, al comparar una lámpara ahorradora de 60 Watts contra una normal de 75 Watts, ambas proveen aproximadamente el mismo nivel de iluminación en interiores, suponiendo que éstas se encienden unas 3,600 horas al año, se estará ahorrando 15 Watts por hora tomando en cuenta las propiedades de los balastos, el ahorro total será de 54,000 Watts por año (54 kWh).

Si una oficina tuviera 20 lámparas en uso, el ahorro llegaría a los 1,080 kWh al año, ahorro que justifica plenamente la pequeña inversión adicional de estas lámparas, recuperando el costo adicional que significan estas lámparas y balastros con los ahorros de energía eléctrica.

### *Ventajas de la lámpara fluorescente*

- \* Tres veces más luz por Watt de energía consumida conservando su brillo más tiempo.
- \* Dura más de siete veces que la lámpara incandescente de igual potencia.
- \* Mayor cantidad de luz visible y menor calor radiante que la lámpara incandescente.
- \* Luz cómoda y fresca.
- \* Menos resplandor y sombras más suaves.
- \* No necesita pantalla.
- \* Mayor variedad de matices cromáticos para fines decorativos.
- \* Mayor rendimiento, gran duración y perdurable potencia lumínica comparada con una lámpara incandescente.

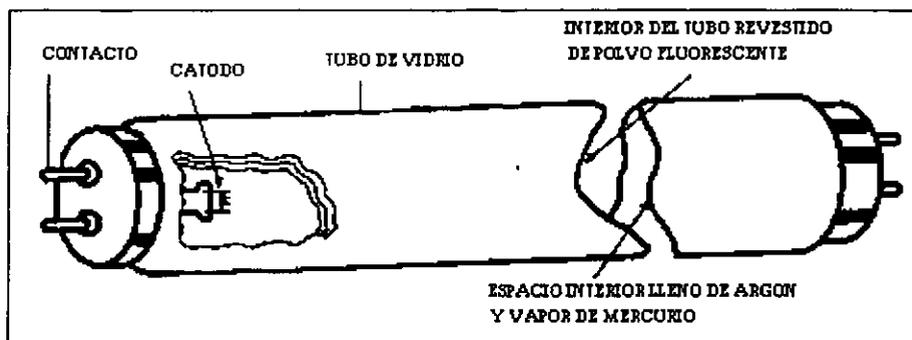


FIGURA 2. *Partes principales de una lámpara fluorescente*

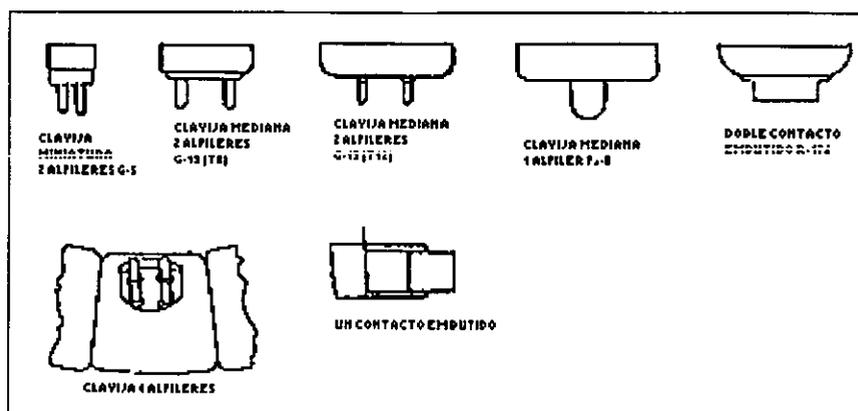


FIGURA 3. *Bases para lámparas fluorescentes*

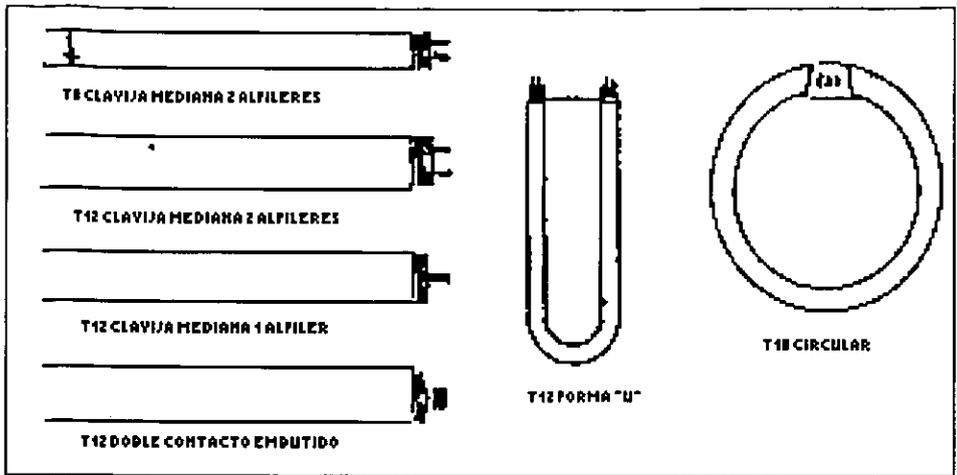


FIGURA 4. *Bulbos para lámparas fluorescentes*

**DATOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES**

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DÍA	895	2,000	41	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. FRIO DE LUJO	875	2,000	40	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
22	CIRCULAR	B. CALIDO DE LUJO	785	2,000	36	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96 Ø	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1,850	2,000	58	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 Ø	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DÍA	1,590	2,000	50	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48 Ø	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2,650	2,000	66	0.77	4 ALFILERES	T-9	40.64 Ø	RAPIDO

17	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
17	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,400	20,000	82	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.20	RAPIDO
20	TUBULAR	BLANCO CALIDO	1,300	9,000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADOR
20	TUBULAR	BLANCO FRIO	1,300	9,000	65	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADPR
20	TUBULAR	LUZ DE DÍA	1,075	9,000	54	0.85	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	60.96	CON ARRANCADPR
21	TUBULAR	LUZ DE DÍA	1,030	7,500	49	0.81	SLIMS UN ALFILER	T-12	60.96	INSTANTANEO
30	TUBULAR	LUZ DE DÍA	1,900	7,500	63	0.81	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	60.00	CON ARRANCADPR
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	20,000	95	0.82	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	RAPIDO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,050	15,000	95	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	122.00	INSTANTANEO
32	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMS UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
32	TUBULAR	BLANCO CALIDO	2,700	12,000	84	0.84	SLIMS UN ALFILER	T-12	116.80	INSTANTANEO
34	TUBULAR	BLANCO LIGERO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.90	RAPIDO
34	TUBULAR	BLANCO FRIO	2,700	20,000	79	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
39	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	B. CALIDO DE LUJO	3,200	12,000	82	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	117.00	INSTANTANEO
39	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,100	12,000	77	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
39	TUBULAR	LUZ DE DÍA	2,600	12,000	64	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
40	TUBULAR	BLANCO FRIO	3,150	12,000	79	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
40	TUBULAR	LUZ DE DÍA	2,600	12,000	65	0.83	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	121.92	RAPIDO
31	TIPO "U" S	BLANCO FRIO	2,800	20,000	90	0.90	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
32	TIPO "U" S	BLANCO FRIO	3,000	20,000	94	0.80	MEDIANA 2 ALFILERES	T-8	57.15	RAPIDO
40	TIPO "U" S	BLANCO FRIO	2,900	12,000	73	0.84	MEDIANA 2 ALFILERES	T-12	57.15	RAPIDO
59	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,000	15,000	102	0.81	SLIMS UN ALFILER	T-8	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	B. FRIO DE LUJO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
60	TUBULAR	BLANCO CALIDO	6,100	12,000	102	0.82	SLIMS UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,300	12,000	84	0.89	SLIMS UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
75	TUBULAR	LUZ DE DÍA	5,450	12,000	73	0.89	SLIMS UN ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS**

WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS	ENCENDIDO
9	TUBO	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
9	TUBO	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23	T-4	16.70	RAPIDO
13	TUBO SENCILLO	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
13	TUBO	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23	T-4	17.70	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
9	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	600	10,000	67	0.87	G23-2	T-4	11.10	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO CALIDO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
13	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	900	10,000	69	0.87	GX23-2	T-4	12.30	RAPIDO
18	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,250	10,000	69	0.87	G242, 2 PINES	T-4	17.00	RAPIDO
26	TUBO DOBLE	BLANCO FRIO	1,800	10,000	69	0.87	G242, 3 PINES	T-4	19.00	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO CALIDO	1,250	12,000	69	0.84	2G11	T-5	22.50	RAPIDO
18	LARGE	BLANCO FRIO	1,250	12,000	69	0.84	2G11	T-5	22.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO CALIDO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	CON ARRANCADOR
36	LARGE	BLANCO FRIO	2,900	12,000	80	0.84	2G11	T-5	41.50	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO CALIDO	3,200	20,000	80	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO
40	LARGE	BLANCO FRIO	3,500	20,000	87	0.84	2G11	T-5	57.20	RAPIDO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES ALTA CARGA H.O. 800 m. A.**

60	TUBULAR	BLANCO FRIO	4,300	12,000	72	0.82	3 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
85	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,650	12,000	78	0.82	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
110	TUBULAR	BLANCO FRIO	8,800	12,000	80	0.82	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO
110	TUBULAR	LUZ DIA	7,800	12,000	70	0.82	2 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

**DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES MUY ALTA DESCARGA H.O. 1500 m. A.**

110	TUBULAR	BLANCO FRIO	6,250	10,000	57	0.69	1 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	121.92	RAPIDO
165	TUBULAR	BLANCO FRIO	9,900	10,000	60	0.72	1 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	182.88	RAPIDO
215	TUBULAR	BLANCO FRIO	14,500	10,000	67	0.72	1 CONTACT. EMBUTIDA	T-12	243.84	RAPIDO

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

La lampara de vapor de mercurio de uso práctico fue construida por Peter Cooper Hewitt en el año de 1901. Era de forma tubular y medía 1.22 m (aprox. 4 pies) de largo. Producía una luz de color característico verdeazulado de gran eficacia, en comparación con las lámparas incandescentes de aquellos días. La primera lámpara de vapor de mercurio de lata presión, similar a las usadas en la actualidad hizo su aparición en el año de 1934 en la potencia de 400 Watts. La potencia de las lámparas actuales fluctúa entre 40 y 1,500 Watts.

Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular, para ajustar el voltaje de distribución del circuito de alumbrado al voltaje que requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento. Este control de la corriente es necesario debido a que la lámpara de vapor de mercurio, como todas las fuentes de luz de descarga, tiene la característica de “resistencia negativa”. Una vez encendida, el arco se desboca tomando excesiva corriente la cual destruiría la lámpara sino se controla por medio de un balastro.

Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque. Lo anterior ioniza el gas Argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el de operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque.

Cuando hay suficiente Argón ionizado y vapor de mercurio, distribuido ambos a lo largo del tubo de arco se establece una descarga entre los electrodos de operación. Esto vaporiza más mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable.

### *Recomendaciones*

- \* La lámpara de vapor de mercurio debe usarse solamente en luminarios con circuitos equipados apropiadamente.
- \* La operación con equipo incompatible puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.
- \* A pesar de que la lámpara de vapor de mercurio de base media puede usarse en portalámparas ordinarias (base media), nunca deberán instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado, requerida para la operación de lámparas de vapor de mercurio.
- \* Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.

- \* Si el bulbo exterior se rompe deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y piel.
- \* No deberá de someterse el bulbo a ninguna presión debido a que puede causar su ruptura.
- \* A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie se requiere de una protección externa para la lámpara con el objeto de minimizar el riesgo de ruptura y evitar el contacto con el agua durante su funcionamiento.

#### DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
100	BLANCO DE LUJO	4,400	24,000	44	0.82	MOGUL	BT-25	19.10
175	BLANCO DE LUJO	8,500	24,000	49	0.89	MOGUL	E-28	21.00
250	BLANCO DE LUJO	12,775	24,000	51	0.84	MOGUL	E-28	21.00
400	BLANCO DE LUJO	23,000	24,000	58	0.86	MOGUL	BT-37	29.20
1000	BLANCO DE LUJO	63,000	24,000	63	0.77	MOGUL	BT-56	39.00

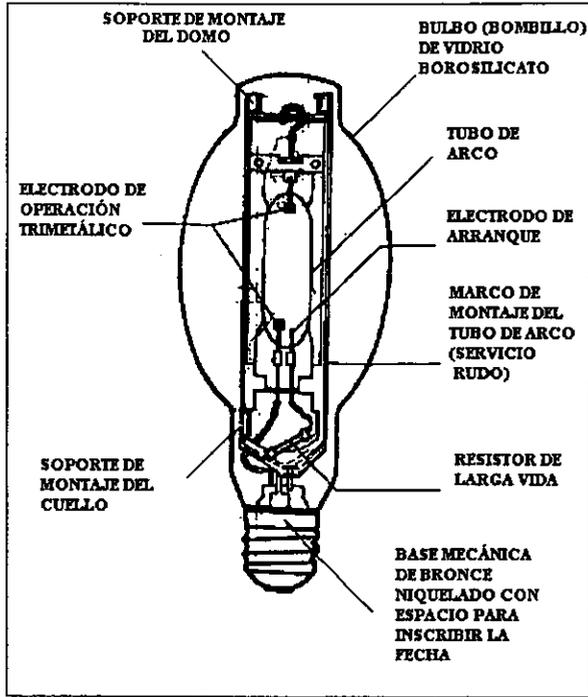


FIGURA 5. Partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio

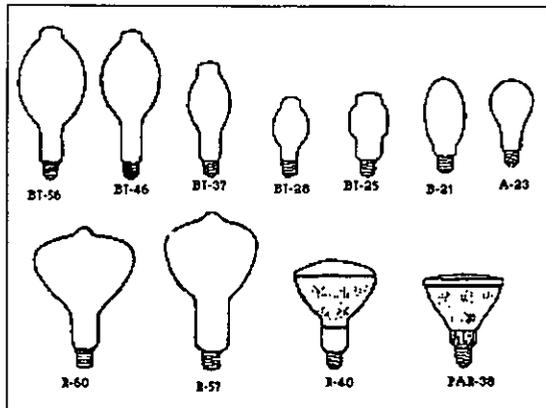


FIGURA 6. Tamaños y formas de bulbos de lámparas de vapor de mercurio

- Lámparas de vapor de sodio. La lámpara de vapor de sodio es el tipo más eficaz de la familia de las lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura, sus características físicas, eléctricas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámparas de descarga de alta intensidad.

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

Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos, debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficacia y, además al hecho de no usar electrodos de arranque sino únicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor), que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El ignitor provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo de voltaje de alimentación. El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y, de esta forma iniciar la secuencia de arranque de la lámpara.

La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio. Después de un período de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde en el flujo del arco,

a través de varios mecanismos. Debido al cambio de la relación de presiones de sodio y vapor de mercurio, el voltaje de arco se incrementa.

Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que le balastro pueda sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará, calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue.

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

### *Recomendaciones*

- \* La lámpara de vapor de sodio debe usarse solamente en luminarios con circuitos equipados apropiadamente.

- \* La operación con equipo incompatible puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.
- \* A pesar de que la lámpara de vapor de sodio de base media puede usarse en portalámparas ordinarias (base media), nunca deberán instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado, requerida para la operación de lámparas de vapor de sodio.
- \* Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.
- \* Si el bulbo exterior se rompe deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y piel.
- \* No deberá de someterse el bulbo a ninguna presión debido a que puede causar su ruptura.
- \* A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie se requiere de una protección externa para la lámpara con el objeto de minimizar el riesgo de ruptura y evitar el contacto con el agua durante su funcionamiento.

### DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN (STANDART)

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
35	CLARO	2,250	16,000	64	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81
50	CLARO	4,000	24,000	80	0.90	MEDIUM	ED-17	13.81
70	CLARO	6,300	24,000	90	0.90	MOGUL	DE-23 1/2	19.70
70	DIFUSO	6,000	24,000	86	0.86	MOGUL	DE-23 1/2	19.70
100	CLARO	9,500	24,000	95	0.90	MOGUL	DE-23 1/2	19.70
100	DIFUSO	8,800	24,000	88	0.90	MOGUL	DE-23 1/2	19.70
150(55V)	CLARO	16,000	24,000	107	0.90	MOGUL	E-28	19.70
150(55V)	DIFUSO	15,000	24,000	100	0.90	MOGUL	E-28	19.70
250	CLARO	27,500	24,000	110	0.90	MOGUL	E-18	24.80
250	DIFUSO	26,000	24,000	104	0.90	MOGUL	E-28	22.90
400	CLARO	50,000	24,000	125	0.90	MOGUL	E-18	24.80
400	DIFUSO	47,500	24,000	119	0.90	MOGUL	E-37	28.70
1000	CLARO	140,000	24,000	140	0.90	MOGUL	E-25	38.30

### DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESIÓN

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATTS	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
18	CLARO	1,800	18,000	100	1.00	BY22d	T-17	21.60
35	CLARO	4,800	18,000	137	1.00	BY22d	T-17	31.10
55	CLARO	8,000	18,000	145	1.00	BY22d	T-17	42.50
90	CLARO	13,500	18,000	150	1.00	BY22d	T-21	52.80
135	CLARO	22,500	18,000	167	1.00	BY22d	T-21	77.50
180	CLARO	33,000	18,000	183	1.00	BY22d	T-21	112.00

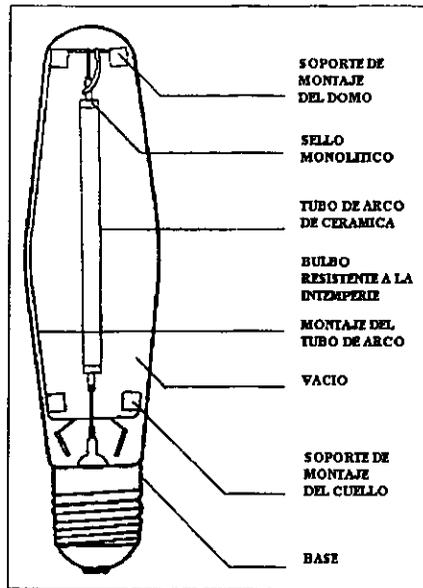


FIGURA 7. *Componentes básicos de la lámpara de vapor de sodio*

- Lámparas de aditivos metálicos. La lámpara de aditivos metálicos corresponde a la familia de las lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.) y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficiencia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes.

Fisicamente, la lámpara de aditivos metálicos es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones exteriores correspondientes a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. Internamente difieren considerablemente de estas últimas. En la actualidad estas lámparas se encuentran disponibles en potencias de 175 a 1,500 Watts, en paquetes desde 14,000 a 155,000 lúmenes.

La descarga de la lámpara de aditivos metálicos, difiere en forma significativa del sistema de vapor de mercurio. En una lámpara de vapor de mercurio, todo el material de descarga se encuentra en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio.

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

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

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara tiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y adicionalmente, mucha de la energía radiada se desplaza a áreas del espacio donde la lámpara de vapor de

mercurio es deficiente, debido a que todas las longitudes de onda o colores están presentes en el balance aceptable, la apariencia del color de la lámpara es blanco, dando como resultado un excelente rendimiento cromático.

La segunda ventaja de la lámpara de aditivos metálicos, en comparación con la lámpara de vapor de mercurio, es su eficacia sustancialmente mayor. En general, sobre la base de las lámparas de la misma potencia, la lámpara de aditivos metálicos tiene una eficacia superior entre 65 y 70 por ciento.

*Posición de operación.* Las lámparas de aditivos metálicos, en su mayoría se fabrican en dos tipos: "Base Horizontal" (BU-HOR) y "Base Abajo" (BD). Para potencias de 250, 400, 1,000 y 1,500 Watts, las lámparas base arriba, están diseñadas para operar en posiciones que varían de base arriba a horizontal; la lámpara base abajo de la posición base abajo hacia arriba, pero sin llegar a la horizontal.

La lámpara de 175 Watts base arriba y base abajo deberá operarse únicamente en posiciones que estén de los 15 grados vertical. Los tipos de lámparas base arriba (BU) y base abajo (BD) difieren en la localización del bimetálico y del electrodo de arranque.

Las lámparas de 175 y 250 Watts deberán operarse en luminarios cerrados. Las lámparas de 400 y 1,000 Watts, cuando operan en posición horizontal o dentro de los 60 grados de la horizontal, deberán instalarse en luminarios cerrados. Así mismo, la lámpara de 1,500 Watts deberá operarse solamente en luminarios cerrados, independientemente de su posición de operación.

*Efecto de la posición de operación.* Los datos característicos de las lámparas de aditivos metálicos se establecen con la lámpara operada en posición vertical y horizontal, cuando es operada en otra posición diferente a la vertical, los Watts y la producción lumínica decrecen ligeramente, así como el mantenimiento de lúmenes y los lúmenes medios a través de las horas de vida. Las posiciones de operación que producen la menor emisión lumínica (y deberán por tanto evitarse) son aproximadamente entre 20-30 grados horizontal (60-70 grados de la vertical). En posiciones de operación diferentes a la vertical, el arco tiende a colocarse en la parte superior, de tal modo que producirá una distribución de temperatura uniforme en las paredes del tubo de arco, dando como resultado una operación menos eficiente.

*Producción lumínica y mantenimiento.* El sistema de la lámpara de aditivos metálicos resulta químicamente complejo y requiere de un periodo de operación para que todos sus componentes se estabilicen. Se requiere de un lapso de funcionamiento de 100 horas para que la lámpara alcance todas sus ventajas que, a la vez, son la base de sus características de comportamiento a través de sus horas de vida. Todas las especificaciones publicadas de las lámparas se basan en mediciones realizadas después de 100 horas.

La lámpara de aditivos metálicos cuenta con características excelentes en lo referente al mantenimiento de lúmenes. El decremento en la producción lumínica se produce en forma muy gradual, a través de las horas de vida de la lámpara. Las tres mayores causas de éste decremento en la emisión lumínica son: el deterioro de los electrodos a medida que pasa el tiempo, la pérdida de transmisión del tubo de arco, debido al ennegrecimiento y el cambio en el balance químico de los aditivos metálicos. El mantenimiento de los lúmenes es

mejor cuando la lámpara se opera en largos periodos, por arranque; por lo tanto el mejor mantenimiento de lúmenes se obtiene cuando su operación es de ciclo continuo. El mantenimiento de lúmenes varía de acuerdo con la potencia de la lámpara.

*Vida de la lámpara.* La vida de la lámpara de aditivos metálicos se define como el lapso en horas, en el cual el 50% de una muestra representativa de la producción llega al final de la vida normal, cuando se opera con un voltaje controlado nominal de alimentación al balasto, en ciclos de 10 horas en posición vertical.

Al final de su vida nominal, se caracteriza cuando la lámpara falla en el arranque o bien cuando se acerca a su potencia de diseño. Lo anterior es causado por el deterioro de los electrodos de la lámpara a lo largo de las horas de vida. El deterioro de los electrodos es más severo durante el periodo de arranque. Mientras más largo sea el ciclo de operación, mayor será la vida de la lámpara y mejor el mantenimiento en lúmenes.

*Recomendaciones:*

- \* La lámpara de aditivos metálicos debe usarse solamente en luminarias que se encuentren equipados apropiadamente. La operación con equipo inadecuado podría destruir la lámpara, provocando, incluso heridas al personal o daños al equipo.
- \* La lámpara opera sobre presión y alta temperatura, pudiendo destruirse cuando se opera horizontalmente o dentro de 60 grados de

la posición horizontal. En tal posición la lámpara debe instalarse en luminarios cerrados. La lámpara de 250 y 1,500 Watts debe usarse en luminarios cerrados para cualquier posición.

- \* Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara. Si el bulbo exterior se rompe, el circuito de la lámpara deberá desconectarse inmediatamente para prevenir la exposición a la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina para los ojos y la piel. No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causarse su ruptura.
  
- \* A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con el objeto de minimizar el riesgo de ruptura y evitar su contacto con el agua durante su operación.

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS**

WATTS	ACABADO	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICIENCIA LUMENES/ WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD EN CENTIMETROS
70	CLARO	5,200	13000V-10000H	74	0.81	E-26	ED-17	14.60
70	FOSFORADO	4,800	13000V-10000H	74	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	CLARO	7,800	10000V-7500H	78	0.75	E-26	ED-17	14.60
100	FOSFORADO	8,000	15000V-10000H	78	0.73	E-26	ED-17	14.60
175	CLARO	14,000	10000V-7500H	80	0.77	MOGUL	BT-28	21.10
175	FOSFORADO	13,000	10000V-7500H	80	0.73	MOGUL	BT-28	21.10
250	CLARO	22,000V-20,000H	10,000	82	0.83	MOGUL	BT-28	21.10
250	FOSFORADO	22,000V-20,000H	10,000	82	0.78	MOGUL	BT-28	21.10
400	CLARO	36,000V-32,000H	20,000V-15000H	90	0.75	MOGUL	BT-37	29.20
400	FOSFORADO	36,000V-32,000H	20000V-15000H	90	0.72	MOGUL	BT-37	29.20
400	CLARO	40,000	20,000	100	0.80	MOGUL	BT-37	29.20
1000	CLARO	119000V-167000H	12000V-9000H	110	0.80	MOGUL	BT-56	39.00
1000	FOSFORADO	109000V-100000H	12000V-9000H	105	0.78	MOGUL	BT-56	39.00
1500	CLARO	155,000	3,000	103	0.92	MOGUL	BT-56	39.00
1500	CLARO	55,000V-150,000H	2,000	102	0.92	MOGUL	BT-56	39.00

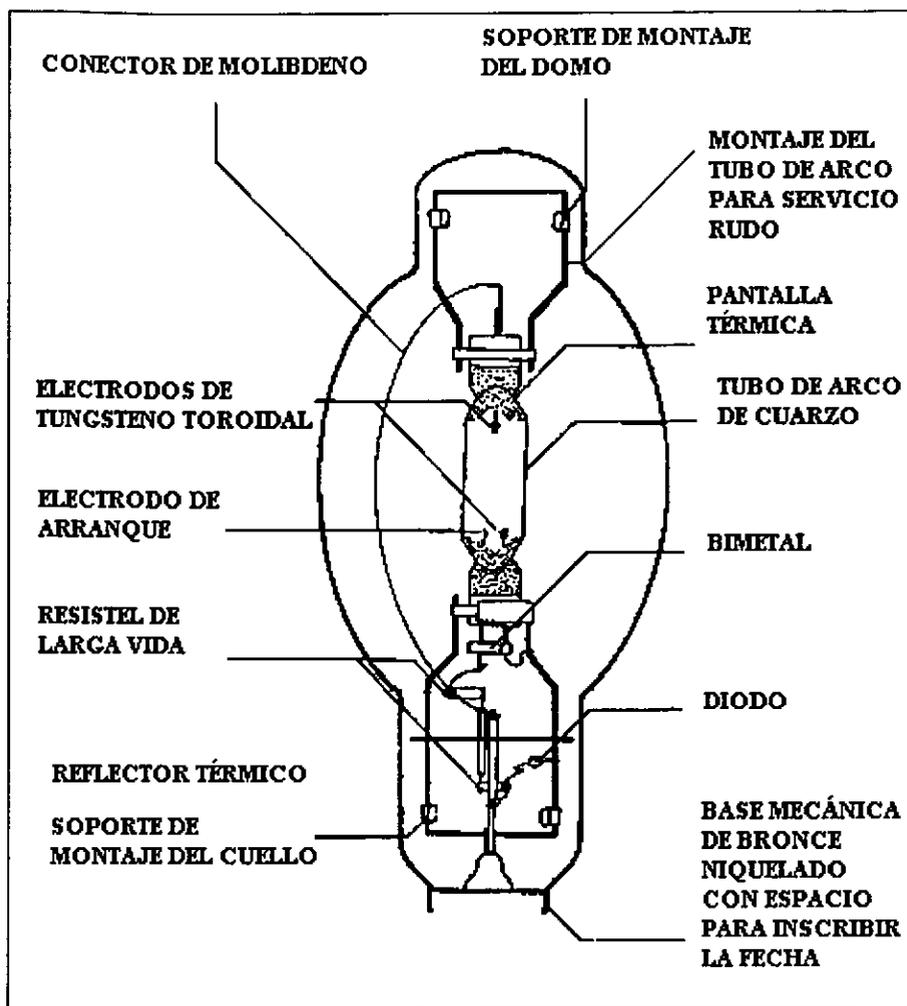


FIGURA 8. Construcción de la lámpara de aditivos metálicos

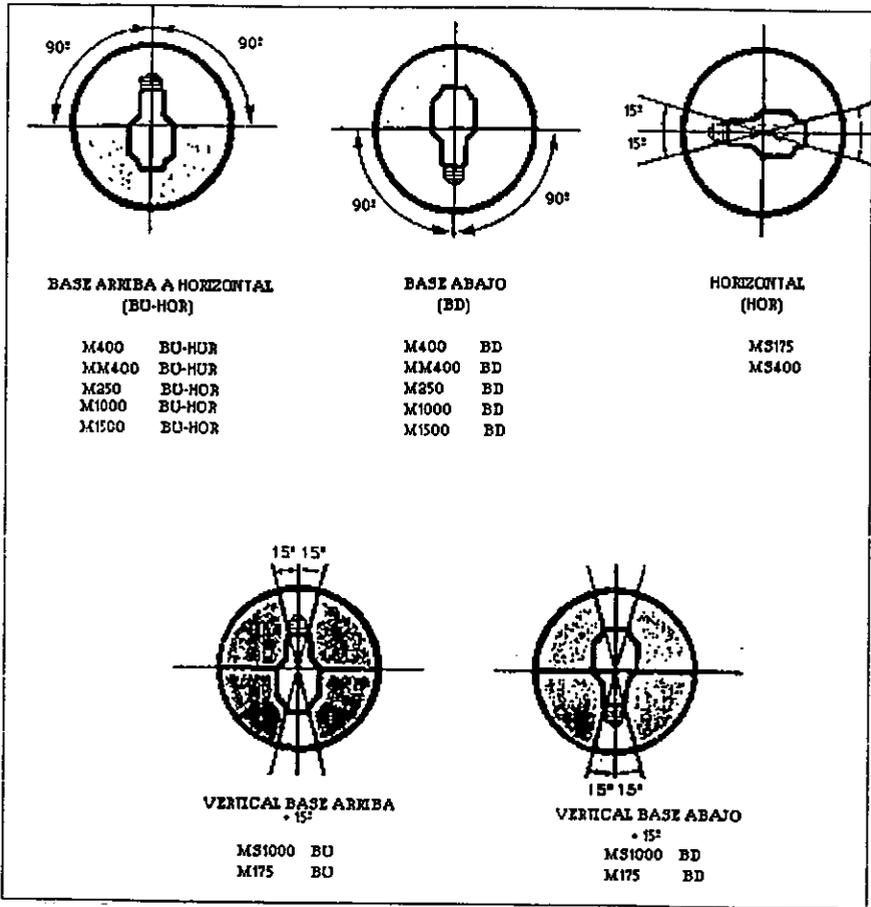


FIGURA 9. Posición de operación de las lámparas de aditivos metálicos

En el cuadro 5 se presenta una guía que recomienda el tipo de lámpara que debe emplear de acuerdo con el lugar requerido.

TIPO DE LÁMPARA	UTILIZACIÓN
<i>Sodio alta presión</i>	Alumbrado interior, donde el índice de rendimiento de color no es crítico - Alumbrado industrial de media y gran altura - Alumbrado público – Estacionamientos - Alumbrado de seguridad - Alumbrado de pasos peatonales.
<i>Sodio baja presión</i>	Alumbrado de carreteras con neblina - Alumbrado exterior, donde la identificación de colores no es necesaria.
<i>Aditivos metálicos</i>	Alumbrados deportivos y en interiores de gran altura, donde los procesos a realizar impliquen una buena discriminación de colores - Alumbrado industrial - Centros comerciales - etcétera.
<i>Fluorescente</i>	Iluminación de interiores en general
<i>Lámpara fluorescente compacta (ahorradora de energía)</i>	Ideales para hoteles, restaurantes, hospitales, casas-habitación, etc. Puede ser instalada en lugar de la iluminación incandescente.

CUADRO 5. *Tipos de lámparas y su utilización*

## b) Balastro

El balastro tiene un considerable impacto en los lúmenes de salida de las lámparas de descarga y en el consumo de energía. Su selección requiere considerar algunos aspectos importantes como : Factor de balastro, Factor de potencia, Factor de eficacia de balastro etcétera.

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

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

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

### **c) Reflectores ópticos**

Una manera realmente simple de reducir los consumos de energía y el número de lámparas a la mitad, consiste en la utilización de reflectores. Esto implica utilizar superficies reflejantes en los gabinetes de las lámparas fluorescentes. La reflexión lograda, permite utilizar el 50% de lámparas y balastos, lo que significa ahorros de 50% de consumo y 50% de gasto de reposición de lámparas.

Parte de la luz emitida por la fuente va hacia arriba y puede ser redirigida hacia abajo por acción de la reflexión. Hay dos métodos básicos para reflejar la luz: espectacular y difuso.

Cuando un rayo de luz choca contra una superficie, como un espejo, una parte de la luz rebota como una pelota arrojada contra una pared. Si la superficie es plana, específicamente, el ángulo de incidencia ( $I$ ) es igual al ángulo de reflexión ( $R$ ).

La intensidad del rayo reflejado depende del factor de reflexión de la superficie. El color del rayo reflejado también puede ser diferente del color del rayo incidente si la superficie tiene propiedades selectivas de color. Por ejemplo un reflector amarillo impartirá un tinte amarillento aun rayo de color blanco.

Resumiendo, las superficies de tipo espectacular alteran la intensidad y el color del rayo incidente dependiendo de la eficiencia de reflexión y su color. En la práctica, un reflector plano tiene muy pocos usos, se emplean superficies curvas de distintas formas para crear resultados específicos. La figura 10 muestra las propiedades reflectantes de varias formas geométricas.

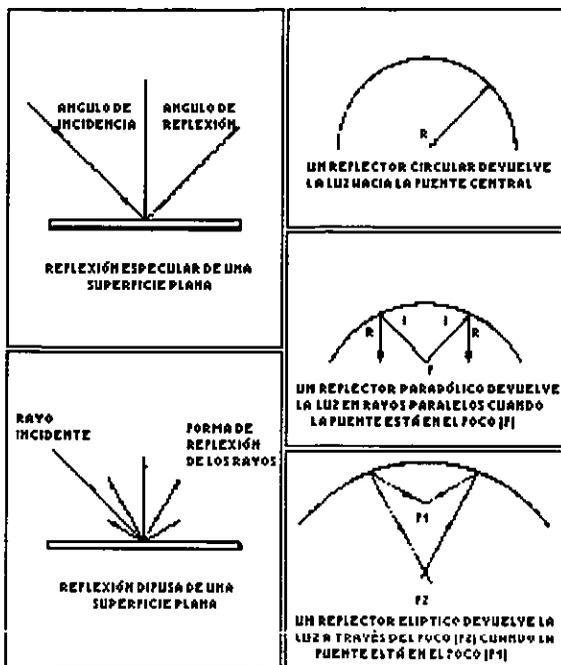


FIGURA 10. *Propiedades reflectantes de figuras geométricas distintas*

Los efectos descritos hasta ahora están basados en reflectores de tipo especular. Si esta superficie se esmerila con un polvo abrasivo, o si está compuesta por pequeñas fibras (como un papel secante), o si tiene un acabado mate, sus propiedades reflectantes se alteran. En lugar de un rayo reflejado bien definido, como se ve en la parte superior de la figura 11, la reflexión es como la que se muestra en la parte inferior izquierda de la misma figura, independientemente de la dirección del rayo incidente.

De hecho, la reflexión especular y la difusa representan límites teóricos; en la práctica todas las superficies reflectoras presentan un cierto grado de estos

dos tipos. Es bien sabido que el reflector más eficiente no es ninguno de los tipos mencionados, sino un medio óptico: el prisma reflector.

En la reflexión prismática un rayo entra por una cara del prisma y sale por otra cara, o por otra parte de la misma cara y en dirección opuesta, con una insignificante pérdida de intensidad (figura 11). Esto es porque la reflexión se produce en el interior del propio prisma de cristal o plástico transparente. De hecho el polvo y la suciedad sobre las caras posteriores del prisma no tienen efecto sobre las propiedades de reflexión porque la reflexión es interna.

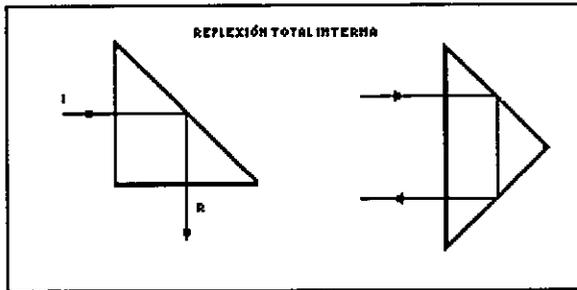


FIGURA 11. *Acción de la reflexión prismática*

Un reflector bien diseñado, redirige los rayos luminosos de la fuente hacia abajo, en una forma útil. Para un mejor control de la luz es necesario manejar los rayos luminosos que no son interceptados por el reflector. La figura 12 muestra que en esta zona pasa casi la mitad de la luz emitida.

El control de esta luz hacia abajo se consigue mediante una pantalla refractora colocada debajo de la lámpara y del reflector. Esta pantalla o lente también

volverá a redirigir los rayos provenientes del reflector. Sus principales propósitos son:

- \* Complementar la acción del reflector.
- \* Impedir una visión directa de la propia fuente de luz.
- \* Distribuir o igualar la brillantez sobre la superficie de la pantalla.
- \* Crear cualquiera de una gran variedad de distribuciones fotométricas para satisfacer requerimientos de visión.

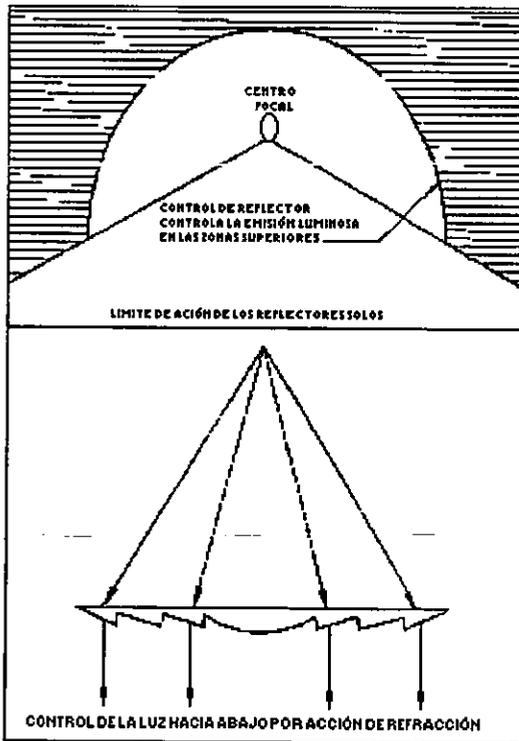


FIGURA 12. *Control de la luz hacia abajo por acción de refracción.*

Es importante aclarar que el uso de reflectores para disminuir al 50% el número de lámparas, no proporciona el mismo nivel de iluminación, por lo que este se podría incrementar mediante el pintado de las paredes a colores más claros y el uso de tubos fluorescentes de las mismas dimensiones pero de mayor emisión luminosa.

#### **d) Luminarias**

Una luminaria debe poseer una serie de cualidades que lo haga idóneo para la misión que tiene que cumplir, podemos dividir estas cualidades en tres clases que son:

#### OPTICAS

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

#### MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS

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

## ESTÉTICAS

- \* Las luminarias apagadas durante el día o encendidas durante la noche, no deben desentonar con el medio ambiente en el cual se incluyen.

Las luminarias en general se pueden clasificar de la siguiente manera:

## CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS POR SU USO

Las luminarias de acuerdo a su uso se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Comerciales
- Industriales
- Decorativos
- Alumbrado Público
- Exteriores

Luminarias comerciales. Debido a que normalmente las luminarias del tipo comercial, son instalados en interiores como: Aulas, oficinas, tiendas, salas de exposición, etc. Estas luminarias deben proporcionar las siguientes características:

- \* Buena difusión de luz.
- \* Baja brillantez.
- \* Alta eficiencia.
- \* Ocultamiento de las lámparas.
- \* Apariencia distinguida y moderna.
- \* Facilidad de montaje y limpieza.

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

- \* Buena difusión de luz.
- \* Curva de distribución adecuada a la altura de montaje.
- \* Alta eficiencia.
- \* Resistencia mecánica.
- \* Construcción de un material adecuado a su función.
- \* Facilidad de mantenimiento.

Luminarias para decoración. Este tipo de luminarias deben ayudar a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico decorativo del interior a iluminar, encendidos o apagados deben crear la misma apariencia. Las luminarias para decoración, deben tener las siguientes características:

- \* Iluminación uniforme
- \* Apariencia agradable y moderna
- \* Construcción de acuerdo a las necesidades
- \* Fáciles de limpiar

## CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS DE ACUERDO A LA DISTRIBUCIÓN DEL FLUJO LUMINOSO QUE EMITEN

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que sale de la luminaria tomado como base una línea horizontal imaginaria que pase por el centro focal del luminaria. Esta clasificación consiste en cinco grupos que son:

- **Directo.** Son los que dirigen del 90% al 100% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal y de 0 al 10% hacia arriba, estas luminarias son las que proveen iluminación más eficiente en las superficies de trabajo.

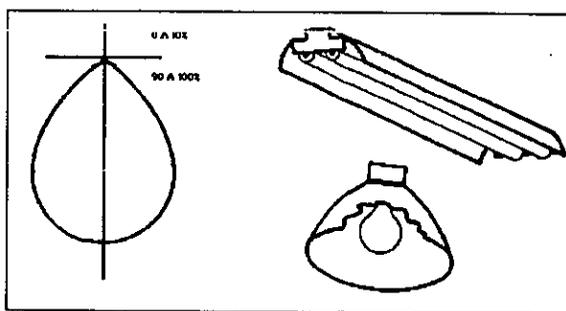


FIGURA 13. *Luminarias con flujo luminoso directo*

Dentro de estas luminarias también tenemos cinco tipos de clasificación en términos de la relación de espaciamiento permisible con la altura de montaje que se muestra a continuación.

RELACIÓN ESPACIAMIENTO A ALTURA DE MONTAJE ARRIBA DEL PLANO DE TRABAJO		CLASIFICACIÓN DE LUMINARIAS
HASTA	0.5	ALTAMENTE CONCENTRADA
0.5	0.7	CONCENTRADA
0.7	1.0	INTENSIVA
1.0	1.5	EXTENSIVA
ARRIBA DE 1.5		SUPER EXTENSIVA

CUADRO 6. *Clasificación de luminarias con flujo luminoso directo*

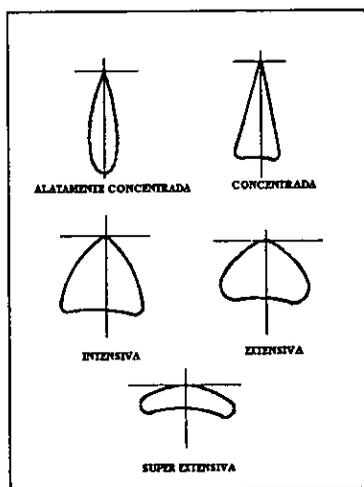


FIGURA 14. *Clasificación de luminarias con flujo luminoso Directo*

- **Semi-directa.** Las luminarias dentro de esta clasificación se definen como aquellas que dirigen del 60-90% de su flujo luminoso hacia abajo del centro focal de la luminaria. La utilización de la luz de estas luminarias depende en gran parte de la reflectancia del techo.

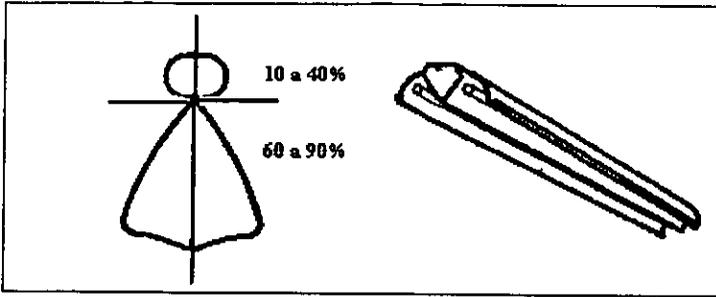


FIGURA 15. *Luminarios con flujo luminoso semi-directo*

- General difusa o directa-indirecta. Esta clasificación se refiere a luminarios en los cuales los componentes del flujo luminoso hacia arriba y hacia abajo del centro focal del luminario, son aproximadamente las mismas cada una de 40 a 60% del flujo luminoso total del luminario. El luminario General Difuso emite luz casi igualmente en todas direcciones.

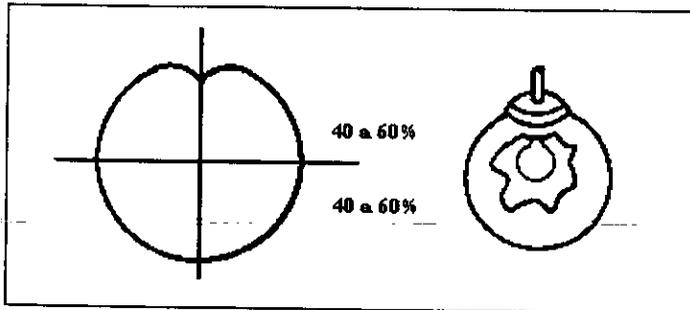


FIGURA 16. *Luminarias con flujo luminoso General Difuso*

Los luminarios Directo-Indirecto emiten luz en menor cantidad en ángulos cercanos a la horizontal.

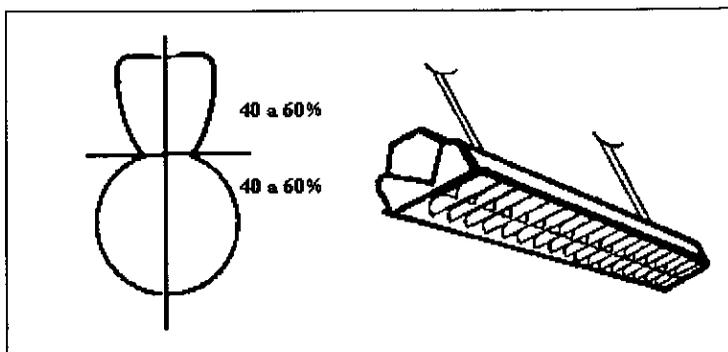


FIGURA 17. *Luminarias con flujo luminoso Directo-Indirecto*

- Semí-Indirectos. Los luminarios Semí-Indirectos dirigen de 60 a 90% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario. La mayor parte de la luz alcanza el plano de trabajo por reflexión en el techo y la parte alta de las paredes, por tanto es imperativo que las reflectancias sean mantenidas tan alto como sea posible.

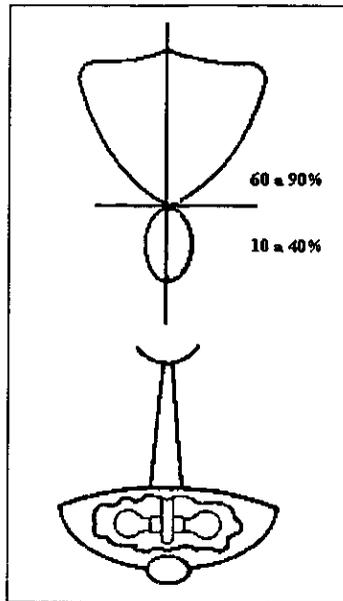


FIGURA 18. *Luminarias con flujo luminoso Semi-Indirecto*

- Indirecta. Los luminarios de este tipo emiten de un 90 a un 100% de su flujo luminoso total hacia arriba del centro focal del luminario. La utilización de la luz de este tipo de luminarios depende en su totalidad de las reflectancias del techo y de la parte alta de las paredes.

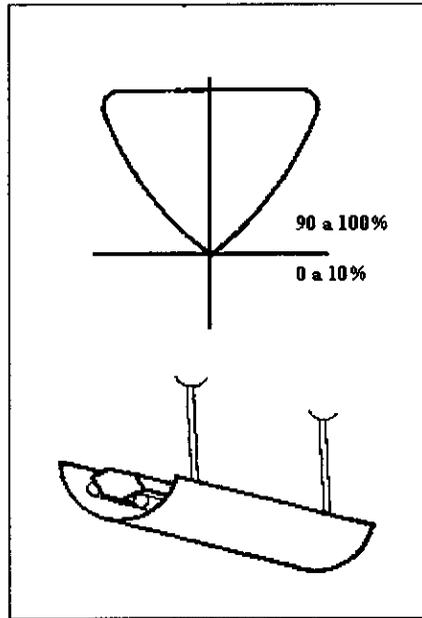


FIGURA 19. *Luminarias con flujo luminoso Indirecto*

### 3.5.3. Dispositivos ahorradores de energía en iluminación

La optimización del uso de la energía en sistemas de iluminación depende, en gran medida, de los dispositivos utilizados para controlar dicha iluminación en respuesta a los siguientes factores:

- Cambio y tareas múltiples
- Disponibilidad de luz natural
- Horario de presencia (en el área de utilización)
- Facilidad de limpieza
- Mantenimiento del sistema de iluminación

Se recomienda utilizar equipos y dispositivos que permitan el control de la iluminación automáticamente, en las instalaciones de alumbrado, con base en las necesidades de las diferentes áreas y en función de los niveles de iluminación adecuados a la utilización de esos lugares.

Algunos de los dispositivos y equipos de control para el ahorro de energía eléctrica recomendados para alumbrado son:

a) Dispositivos de control

- Sensores de presencia, infrarrojos y de ultra-sonido
- Fococeldas para alumbrado fluorescente con balastro electrónico para regular la intensidad luminosa
- Fococeldas para control de alumbrado fluorescente (encendido o apagado)
- Temporizadores
- Control del nivel de iluminación para alumbrado público

b) Equipos para el ahorro de energía eléctrica

- Lámparas ahorradoras de energía eléctrica
- Balastos
  - \* Electrónicos
  - \* Electromagnéticos de bajas pérdidas
  - \* Híbridos
- Luminarios con reflectores espectaculares

**DISPOSITIVOS****APLICACIÓN**

<b>Sensores (fotoceldas de movimiento, etc.)</b>	Monitorean las condiciones de iluminación, presencia, movimiento, temperatura, etc. del espacio o área que cubren, para mantener por medio de controles, esas condiciones en los niveles, situaciones o valores deseados. Se pueden utilizar en oficinas centros y edificios comerciales, industrias, restaurantes, hospitales, escuelas, hoteles, casas habitación, vías públicas, etcétera.
<b>Atenuadores o reguladores de iluminación</b>	Controlan sistemas de iluminación incandescente, fluorescente y de alta intensidad de descarga. Se pueden utilizar en centros comerciales, teatros, salas de conferencias, etcétera.
<b>Temporizadores (Timers)</b>	Controlan el encendido y apagado automático de alumbrado en base a horarios preestablecidos.

---

**CUADRO 7. Aplicaciones de dispositivos ahorradores de energía**

### **3.5.4. Principios de operación para detectores y temporizadores**

#### **a) Detectores**

Son dispositivos electrónicos empleados para el control de presencia, ausencia, fin de recorrido, etc., sin necesidad de entrar en contacto físico con los objetos. Su uso es cada día más frecuente en la etapa de detección, tanto en los automatismos eléctricos como electrónicos.

En la figura 19 se aprecia en forma gráfica las partes fundamentales de que se compone un detector.

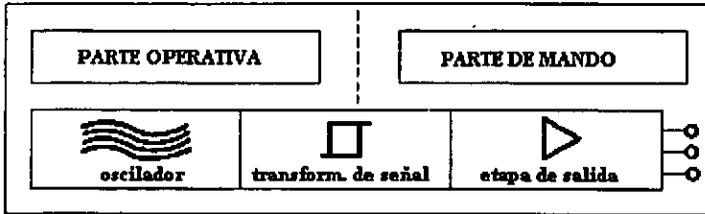


FIGURA 19. *Composición de un detector*

- Detector inductivo. Elemento cuyo principio de funcionamiento se fundamenta en la variación de un campo electromagnético, al acercarse un objeto metálico a su cara sensible. Está compuesta esencialmente por un oscilador, en el cual un bobinado (cara sensible) crea un campo magnético alterno. Cuando un objeto metálico se coloca dentro de este campo, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que ocasiona la interrupción de las oscilaciones. En esas condiciones, un circuito de conmutación genera una señal de salida, equivalente a un contacto cerrado y/o abierto, que se usarán para controlar la bobina de un contactor, en forma parecida a los contactos de un pulsador o un interruptor de posición. Existen detectores en variedad de formas y diversidad de alcances, así como detectores que deben trabajar necesariamente en serie con la bobina de un contactor auxiliar.

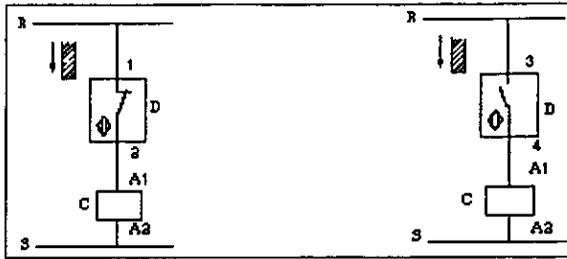


FIGURA 20. *Diagrama elemental de un detector inductivo*

- Detector capacitivo. Están basados en la variación de un campo electrostático que se produce cuando se acerca a ellos cualquier objeto, se emplean especialmente para detectar cuerpos no metálicos.

Los aspectos referentes a su conexión son semejantes al de los detectores inductivos, pero su uso es más restringido que el de aquellos.

Detectores fotoeléctricos. Son dispositivos electrónicos que pueden abrir y/o cerrar un circuito eléctrico por acción de un haz de luz y un elemento fotosensible. Los detectores fotoeléctricos tienen una configuración muy parecida a la de los detectores inductivos y capacitivos.

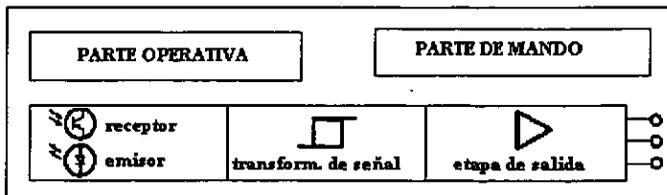


FIGURA 21. *Composición de un detector fotoeléctrico*

El detector fotoeléctrico se compone fundamentalmente de un emisor y un receptor:

El emisor tiene como objeto emitir un rayo de luz infrarrojo modulado (invisible al ojo humano), producido por un diodo electroluminiscente (LED). La emisión modulada garantiza una gran inmunidad a las luces parásitas y ambientales, así como una vida prácticamente ilimitada.

El receptor compuesto de un elemento sensible a la luz infrarroja (cuerpo fotosensible), tiene como función captar la luz del emisor. Cada vez que recibe dicho haz, entrega una señal de salida equivalente a un contacto abierto y/o cerrado, o bien acciona un pequeño relé con un contacto abierto y/o cerrado, que controla la bobina del contactor. La detección de un objeto se realiza en la medida en que el haz de luz incide en el receptor con mayor o menor intensidad, por lo cual debe cuidarse:

- \* La contaminación de las lentes por el entorno (polvo, lluvia, humo, etc.) que se traducirá en una disminución del nivel de detección, pudiendo llegar incluso a anularlo completamente.
- \* El alcance útil, o sea la distancia máxima entre el emisor, receptor y objeto a detectar.

Para elegir el tipo de detector más conveniente para determinadas aplicaciones es recomendable seguir el siguiente proceso:

- \* Determinar la naturaleza, velocidad y cadencia de paso, tamaño, forma y distancia del objeto al detector.
- \* Elegir el tipo de detección que mejor se adapte.
- \* Verificar la influencia del entorno y determinar el tipo de montaje.
- \* Elegir la forma, dimensiones, el cuerpo, grado de protección correspondiente al alcance útil deseado.
- \* Elegir el tipo y las características del circuito de mando.

## **b) Reles de tiempo o temporizadores**

Son aparatos en los cuales se abre o cierran determinados contactos, llamados temporizados, al cabo de un tiempo, debidamente preestablecido, de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación.

Estos dispositivos se pueden clasificar por su forma de temporizar:

- Temporizador “al trabajo”. Es aquel cuyos contactos temporizados actúan después de cierto tiempo de haber sido energizado. En el momento de energizar el temporizador, los contactos temporizados que tiene, siguen en la misma posición de estado de reposo, y solamente cuando haya transcurrido el tiempo programado, cambian su posición, es decir que el contacto NA se cierra y el contacto NC se abre.

- Temporizador “al reposo”. En este tipo de temporizador, los contactos temporizados actúan como tales, después de cierto tiempo de haber sido desenergizado. Al energizar el temporizador, los contactos temporizados actúan como contactos instantáneos, pero cuando el temporizador se desenergiza, dichos contactos no retornan inmediatamente a su estado de reposo, sino que lo hacen una vez haya transcurrido el tiempo prefijado.

También por sus técnicas constructivas y de funcionamiento los temporizadores se pueden clasificar en:

- \* Temporizador con mecanismo de relojería
- \* Temporizadores neumáticos
- \* Temporizadores electrónicos

Para fines de esta investigación solo se analizarán los temporizadores electrónicos.

Temporizadores electrónicos. Son aquellos cuyo sistema de funcionamiento, está constituido por circuitos electrónicos. Existe una amplia gama en cuanto a su funcionamiento, tiempo de temporización y precisión, por lo cual su uso se va extendiendo cada vez más, a pesar de ser más delicados que los anteriores. El funcionamiento de los temporizadores electrónicos puede ser completamente autónomo, o trabajar en serie con la bobina de un contactor auxiliar, en este último caso, los contactos del contactor actuarán como si fueran contactos temporizados. A continuación se explica brevemente su funcionamiento.

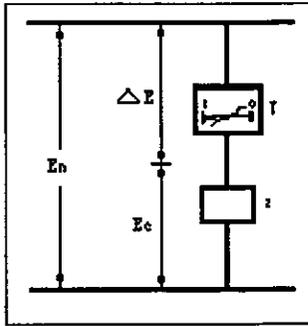


FIGURA 22. *Diagrama elemental de un temporizador electrónico*

donde:

- ⇒ E<sub>n</sub> = tensión de alimentación total
- ⇒ E<sub>e</sub> = tensión que debe recibir la bobina Z para su funcionamiento normal
- ⇒ Δe = tensión que debe recibir el temporizador T para que temporice

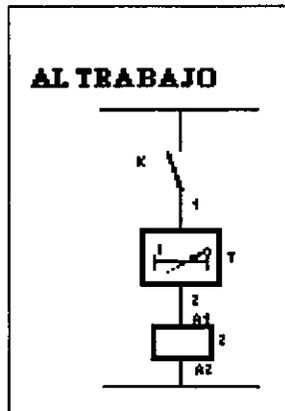


FIGURA 23. *Diagrama elemental de un temporizador tipo al "trabajo"*

Al cerrarse el circuito en k (figura 24), T recibe la tensión Δe y Z recibe una tensión muy pequeña, por lo cual únicamente actuará el temporizador.

Transcurrido cierto tiempo se invierte el proceso, es decir que Z recibirá la tensión Ee y T una tensión muy pequeña, de manera que ahora actuará solamente la bobina, es decir el contactor, por lo cual sus contactos actúan como si fueran temporizados.

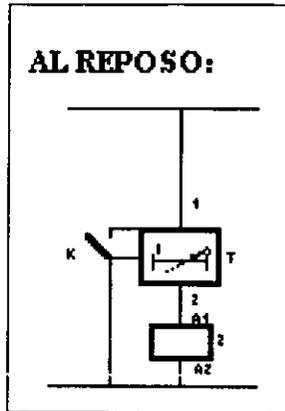


FIGURA 24. *Diagrama elemental de un temporizador electrónico tipo "al reposo"*

En el manejo de cualquier tipo de temporizador se deben tener en cuenta los siguientes aspectos básicos:

- \* Antes de conectar un temporizador es necesario ver si tiene solamente contactos temporizados, o si por el contrario posee contactos instantáneos y temporizados, para darles el uso correcto a cada uno de ellos.
- \* Si un temporizador requiere de un contacto auxiliar de sus elementos, pero no tiene contactos instantáneos, se debe conectar en paralelo con él un contacto auxiliar, para que cubra dicha necesidad.

- \* Como norma general, tan pronto un temporizador cumpla plenamente su función, este debe ser desenergizado.
- \* Al realizar un diseño es necesario tener presente si los contactos temporizados son de apertura lenta o brusca y si están o no completamente separados.
- \* Por lo general, los bloques temporizados se asocian a contactores auxiliares (excepcionalmente a contactores principales). En estos casos, los contactos temporizados se identifican con la misma marca del contactor.
- \* En los casos en que el temporizador tiene su propio elemento motor o de alimentación, puede identificarse con la letra T y un subíndice (sí son varios).
- \* Finalmente, tengamos presente lo dicho sobre la función y conexión de pulsadores de conexión-desconexión, ya que los contactos temporizados tienen gran similitud en estos aspectos.

### **3.5.5. Procedimiento general de los proyectos de iluminación en interiores**

Para el cálculo de iluminación en interiores se debe partir de los siguientes datos:

- a) Objetivos y Especificaciones
- b) Factores de Depreciación No Recuperables
- c) Factores de Depreciación Recuperables
- d) Cálculos

#### **a) Objetivos y especificaciones**

- Tarea visual
- Calidad requerida
- Cantidad requerida
- Atmósfera del área
- Descripción del área
- Selección del luminario-lámpara

#### **b) Factores de Depreciación No Recuperables**

- Temperatura ambiente. La variación de temperatura mayor o menor de lo normal que encontramos en los interiores, toma muy poco efecto en las lámparas incandescentes y en las lámparas de alta intensidad de descarga, pero si tiene un efecto mayor en lámparas fluorescentes.

- Tensión de alimentación. La regulación de tensión es difícil de predecir, pero al subir o bajar esta, afecta la salida del flujo luminoso emitido por las lámparas. Para lámparas incandescentes por cada 1% de variación de tensión, causa aproximadamente un 3% de variación en el flujo luminoso, para lámparas mercuriales por cada 1% de variación de tensión, causa aproximadamente un 3% de variación de flujo luminoso, para lámparas fluorescentes habrá un cambio de 1% del flujo luminoso por cada 2.5% de variación de tensión.
- Factor de balastro. Este factor deberá ser consultado con el fabricante de los mismos (normalmente se toma 0.93)
- Depreciación en las superficies del luminario. Este factor resulta de cambios adversos en el metal, la pintura y los componentes plásticos, que nos da como resultado una reducción en la salida del flujo luminoso. Superficies como el vidrio no tiene casi depreciación, mientras que la pintura horneada y otros tipos de pintura tienen una permanente depreciación, ya que normalmente se hacen porosas a algunas temperaturas.

### **c) Factores de Depreciación Recuperables**

- Depreciación por suciedad en las superficies del cuarto. La acumulación de polvo en las superficies del cuarto reduce la reflexión del flujo luminoso y la inter-reflexión al plano de trabajo.
- Lámparas quemadas. Las lámparas fundidas o quemadas disminuyen el nivel de iluminación promedio. La estadística de mortalidad por cada

lámpara deberá ser consultada con los fabricantes para planear el programa de mantenimiento. Si las lámparas no son repuestas propiamente después de quemarse, el promedio de iluminación bajará proporcionalmente. Para efecto de cálculo, se considera de un 5% de lámparas quemadas

- Depreciación por Lúmenes de la lámpara. La información acerca de la depreciación de los lúmenes de las lámparas, existe en tablas y gráficas de los fabricantes.
- Factor de Depreciación por suciedad en el luminario (L.D.D.). Luminaire Dirty Depreciation, la acumulación de suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y por lo mismo pérdidas de iluminación en el plano de trabajo. La suciedad en la atmósfera se considera que proviene de dos fuentes. Aquella que pasa de atmósferas adyacentes al local donde se encuentra el luminario y la que se genera por el trabajo realizado en la atmósfera circundante al luminario. La suciedad puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes.
  - \* La suciedad adhesiva se colgará de las superficies del luminario debido a lo pegajoso de su naturaleza. Algunos ejemplos de suciedad adhesiva son: grasa producida al cocinar, partículas generadas por la operación de máquinas transportadas por vapores aceitosos, partículas transportadas por vapor de agua como lavanderías.

- \* La suciedad atraída se mantiene por efecto de fuerzas electrostáticas. Algunos ejemplos de suciedad atraída son: cabello, pelo, pelusa, fibras o partículas secas cargadas electrostáticamente debido a operaciones de máquinas.
- \* La suciedad inerte variará en la acumulación desde como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación de aire. Algunos ejemplos de suciedad inerte son: partículas no pegajosas sin carga electrostática (harina seca, aserrín, cenizas finas etc.)

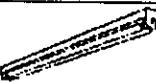
Para determinar este factor es necesario conocer el tipo de categoría de mantenimiento de acuerdo a su construcción.

	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
<b>SUCIEDAD GENERADA</b>	NINGUNA	MUY POCO	NOTORIA PERO NO PESADA	SE ACUMULA CON RAPIDEZ	ACUMULACIÓN CONSTANTE
<b>SUCIEDAD AMBIENTE</b>	NINGUNA O NO SE LE PERMITE ENTRAR	ALGUNA (CASI NO ENTRA NADA)	ALGO ALCANZA A ENTRAR EN EL ÁREA	GRANDES CANTIDADES	EXISTE DE TODO
<b>REMOCIÓN O FILTRACIÓN</b>	EXCELENTE	MEJOR QUE EL PROMEDIO	MAS BAJO QUE EL PROMEDIO	SOLO VENTILADORES SI ES QUE HAY	NINGUNA
<b>ADHESIÓN</b>	NINGUNA	LIGERA	SUFICIENTE PARA QUE SEA VISIBLE DESPUES DE ALGUNOS MESES	ALTA PROBABLEMENTE CAUSADO POR ACEITES, HUMEDAD O ESTÁTICA	ALTA
<b>EJEMPLOS</b>	OFICINAS DE ALTA CATEGORÍA ALEJADAS DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN, LABORATORIOS, QUIRÓFANOS, SALAS DE COMPUTO	OFICINAS EN EDIFICIOS VIEJOS O CERCANOS A LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN, ENSAMBLE SENCILLO, INSPECCIÓN, SALAS GENERALES	OFICINAS DE MAQUINADO Y MOLINOS, PROCESAMIENTO DE PAPEL Y MAQUINADO LIGERO	TRATAMIENTO TÉCNICO, IMPRESIÓN A ALTA VELOCIDAD, PROCESAMIENTO DE HULES, FUNDICIÓN, TUNELES DE MINAS	SIMILAR A SUCIO PERO LOS LUMINARIOS SE ENCUENTRAN INMEDIATAMENTE AL LADO DE LA FUENTE DE CONTAMINACIÓN

**CUADRO 8. Determinación de suciedad en los luminarios**

<b>CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO</b>	<b>ENVOLVENTE SUPERIOR</b>	<b>ENVOLVENTE INFERIOR</b>
<b>I</b>	1) NINGUNA	1) NINGUNA
<b>II</b>	1) NINGUNA 2) TRANSPARENTE CON 15% O MÁS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO CON 15% O MÁS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS 4) OPACO CON UN 15% MÁS DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS O DEFLECTORES)
<b>III</b>	1) TRANSPARENTE CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO CON MENOS DE 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS 3) OPACO CON 15% DE COMPONENTE DE LUZ HACIA ARRIBA A TRAVÉS DE ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS O BAFLES (REJILLAS O DEFLECTORES)
<b>IV</b>	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) NINGUNA 2) LOUVERS (REJILLAS)
<b>V</b>	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS
<b>VI</b>	1) NINGUNO 2) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 3) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 4) OPACO SIN ABERTURAS	1) TRANSPARENTE SIN ABERTURAS 2) TRANSLUCIDO SIN ABERTURAS 3) OPACO SIN ABERTURAS

**CUADRO 9. Categorías de mantenimiento**

LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y X DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y X DE LUMENES		LUMINARIO TÍPICO	CURVA DE DISTR. Y X DE LUMENES	
	CAT.	ESP. MAX		CAT.	ESP. MAX		CAT.	ESP. MAX
 <p>CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	I	1.4/1.1	 <p>UNIDAD PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES TIPO EMPOTRAR O SOBREPONER CON CONTRALENTE DE ACRILICO PRISMATICO</p>	V	1.4/1.1	 <p>UNIDAD PARA CUATRO LAMPARAS FLUORESCENTES CON LAMPER DE PLASTICO 45°</p>	IV	1.8
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 38 X 51</p>	II	1.8	 <p>UNIDAD PARA 1 LAMPARAS FLUORESCENTES CON DIFUSOR PLANO OPALINO</p>	V	1.8			
 <p>UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 X 45</p>	III	1.8	 <p>UNIDAD PARA 1 LAMPARAS FLUORESCENTES CON REFRACTOR PRISMATICO DE BAJA LUMINANCIA</p>	V	1.4/1.1			
 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTRALENTE PRISMATICO ENVOLVERTE</p>	V	1.5/1.2						
 <p>UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES</p>	V	1.8						

CUADRO 10. Clasificación de luminarios de acuerdo a su construcción

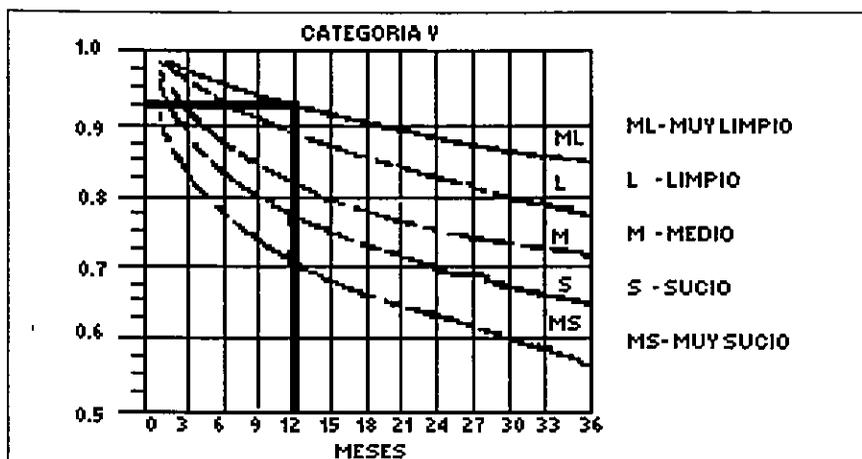


FIGURA 25. Curva de degradación por suciedad en el luminario

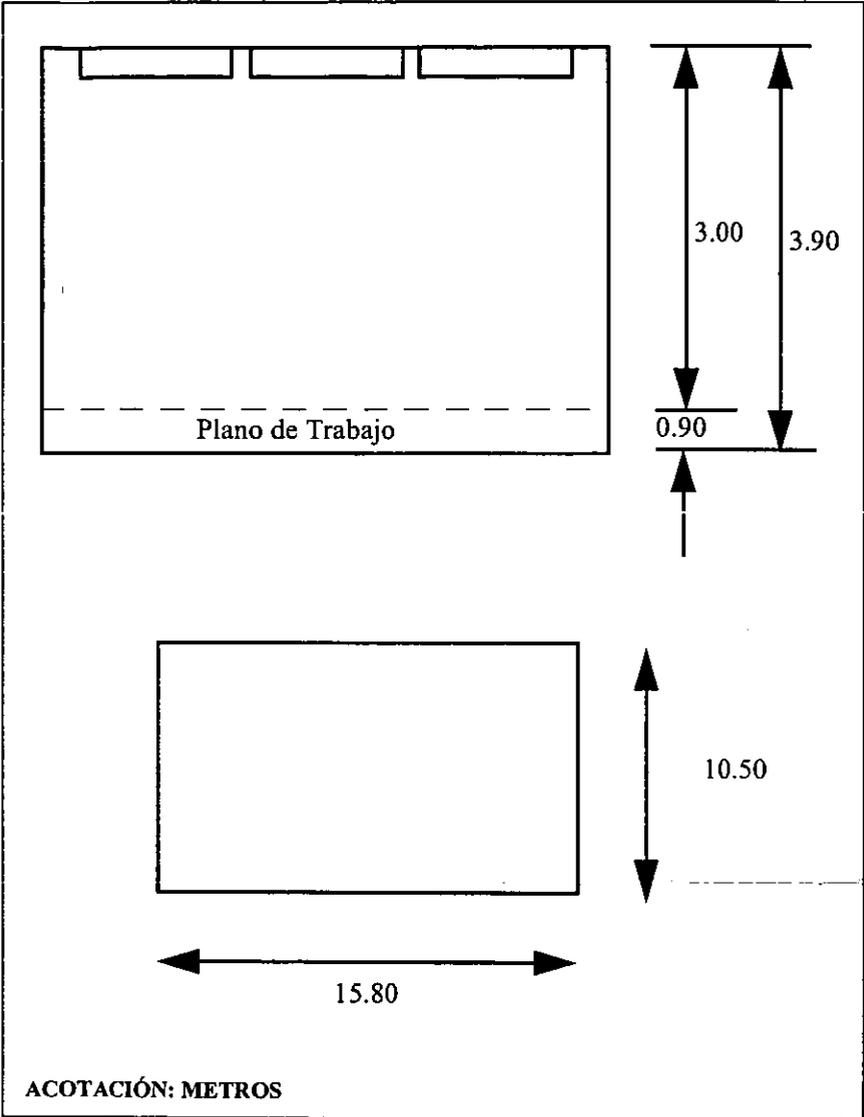
I. SUPERFICIES DE PINTURA		
TONO	COLOR	REFLEXIÓN EN %
MUY CLARO	BLANCO NUEVO	88
	BLANCO VIEJO	76
	AZUL VERDE	76
	CREMA	81
	AZUL	65
	MIEL	76
	GRIS	83
CLARO	AZUL VERDE	72
	CREMA	79
	AZUL	55
	MIEL	70
	GRIS	73
MEDIANO	AZUL VERDE	54
	AMARILLO	65
	MIEL	63
	GRIS	61
OSCURO	AZUL	8
	AMARILLO	50
	CAFE	10
	GRIS	25
	VERDE	7
	NEGRO	3
II. SUPERFICIES DE MADERA		
COLOR	REFLEXIÓN EN %	
MAPLE	43	
NOGAL	16	
CAOBA	12	
PINO	48	
III. ACABADOS METÁLICOS		
COLOR	REFLEXIÓN EN %	
BLANCO POLARIZADO	70-85	
ESMALTE HORNADO		
ALUMINIO PULIDO	75	
ALUMINIO MATE	75	
ALUMINIO CLARO	79	
IV. ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN APARENTE		
TIPO	REFLEXIÓN EN %	
ROCA BASALTICA	18	
CANTERA CLARA	18	
TABIQUE MUY PULIDO	48	
TABIQUE ROJO VIDRIADO	30	
TABIQUE PULIDO	40	
TABIQUE ROJO BARNIZADO	30	
CEMENTO	27	
CONCRETO	40	
MARMOL BLANCO	45	
VEGETACIÓN	25	
ASFALTO LIMPIO	7	
ADOQUIN	17	
DE ROCA IGNEA	13	
GRAVA	6	
PASTO VERDE OSCURO	8	
PIZARRA		

CUADRO 11. Reflexiones aproximadas

#### **d) Cálculos**

- Factor Total de Pérdida de Luz o Mantenimiento. Es el producto de los factores anteriormente mencionados (Factores de Depreciación No Recuperables y Factores Recuperables).
- Cálculos
- Arreglo o disposición de luminarias
- Revisión del proyecto de acuerdo con los objetivos

### 3.5.6. Proyecto de iluminación de una Oficina Institucional



## **DATOS DEL PROYECTO**

- LARGO = 15.80 m
- ANCHO = 10.50 m
- ALTURA = 3.90 m
- ALTURA DEL PLANO DE TRABAJO = 0.90 m
- NIVEL DE ILUMINACIÓN RECOMENDADO = 400 LUXES
- REFLECTANCIA DE TECHO = 80%
- REFLECTANCIA DE LA PARED = 50%
- REFLECTANCIA DE PISO = 20%
- TIPO DE AMBIENTE = MUY LIMPIO
- TRABAJO A DESARROLLAR:
  - \* TRABAJO ORDINARIO DE OFICINA
  - \* SELECCIÓN DE CORRESPONDENCIA
  - \* ARCHIVADO CONTÍNUO
  - \* MANEJO DE SUMADORA, PC, FAX, ETC.
- ALTURA DEL LUMINARIO AL PUNTO A TRATAR = 3.00 m

## **ACABADOS**

- TECHO: PINTURA COLOR BLANCO
- PISO: MARMOL BLANCO
- PARED: PINTURA COLOR BLANCO

## SELECCIÓN DEL LUMINARIO

- Una vez establecidos los parámetros mencionados anteriormente se procede a seleccionar el tipo de luminario(s) a utilizar, por el Método de Lumen. Se debe de encontrar la curva de distribución más adecuada, que nos dé aproximadamente abajo del luminario el nivel de iluminación deseado ( en este caso 400 Luxes).

$$E = I / H^2$$

donde:

⇒ E = Nivel de iluminación en Luxes

→ I = Potencia en candelas

⇒ H<sup>2</sup> = Altura del luminario al punto a tratar

$$\Rightarrow I = E \times H^2$$

$$I = 400 \text{ LUXES} \times (3.00 \text{ METROS})^2 = 3,600 \text{ CANDELAS}$$

- Con este valor en candelas se busca en la información técnica (curvas de distribución vertical) que a cero grados vertical, nos dé un valor lo-más aproximado en candelas al valor calculado.
- Para este caso, utilizando información técnica del fabricante de luminarios (**Holophane**), se elige el luminario **Refractogrid** serie tipo Institucional Cat. IF-81-240 BT, de 4 x 40 Watts para cuatro lámparas fluorescentes blanco frío con 2 balastos de 2 x 40 Watts y controlente 8124.

# DATOS FOTOMETRICOS

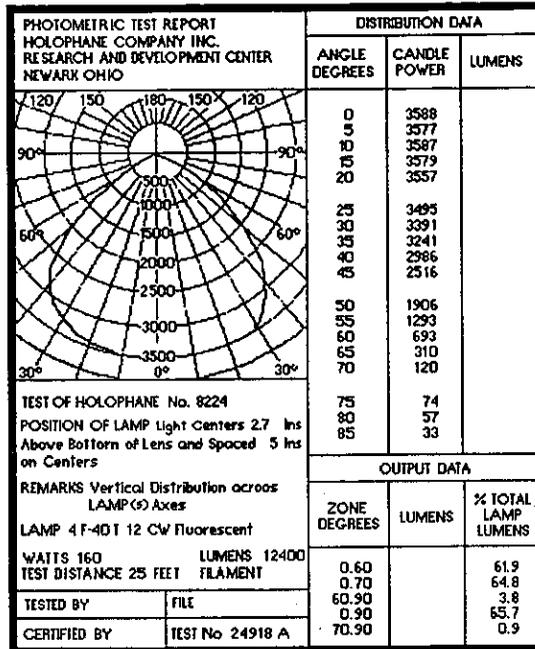


FIGURA 27. Curva de información fotométrica

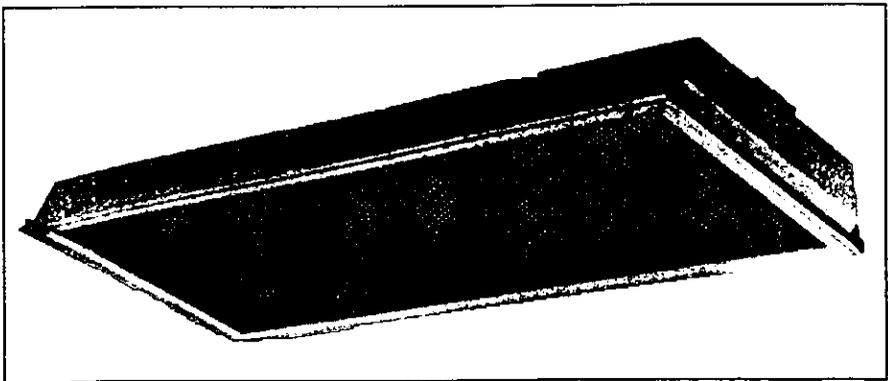


FIGURA 28. Luminario Refractogrid serie tipo Institucional

## CALCULOS

- Utilizando el Método de Lumen

$$\text{No. de luminarios} = \frac{E \times \text{AREA}}{\text{LUMENES POR LUMINARIO} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

donde:

⇒E = Nivel de iluminación en Luxes

⇒C.U. = Coeficiente de Utilización

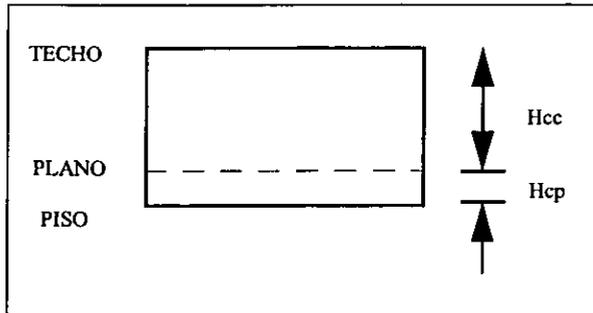
⇒F.M. = Factor de Mantenimiento de Pérdidas de Luz

⇒Lúmenes por luminario = Lúmenes iniciales de la(s) lámpara(s) que se encuentren(n) dentro del luminario

- Lúmenes iniciales de la lámpara fluorescente acabado blanco frío 40 Watts **3,150 Lúmenes** (ver apartado 3.5.2.).
- De la formula anterior, observamos que todos los factores que intervienen en ella son conocidos, excepto el valor de C.U. y el F.M.
- Para obtener el valor del C.U. tenemos que recurrir a la información técnica del fabricante de luminarios y en especial al catalogo seleccionado.
- Para obtener el valor del C.U. existen dos métodos:
  - \* El método de Índice de Cuarto
  - \* El método de Cavidad de Cuarto

**NOTA:** El método de Índice de Cuarto es un método antiguo, por lo que se utilizará el método de Cavidad de Cuarto.

- Método de Cavidad Zonal ó R.C.R. (Relación de Cavidad de Cuarto)



donde:

$$\Rightarrow H_{cc} \text{ (altura de cavidad de cuarto)} = 3.00 \text{ m}$$

$$\Rightarrow H_{cp} \text{ (altura de cavidad de piso)} = 0.90 \text{ m}$$

$$R.C.R. = \frac{5 (H_{cc}) (Largo + Ancho)}{Area}$$

$$R.C.R. = \frac{5 (3 \text{ m}) (15.80 \text{ m} + 10.50 \text{ m})}{165.90 \text{ m}}$$

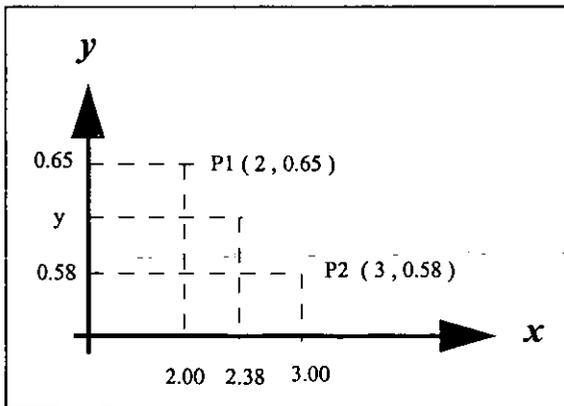
$$R.C.R. = 2.38$$

- Con el valor anterior y los de las reflectancias de piso 20%, techo 80%, y pared 50%, entramos en la tabla de C.U. del luminario.

## COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN

PISO 20%							
RCR	TECHO	80%			50%		
	PARED	50%	30%	10%	50%	30%	10%
1		0.71	0.69	0.67	0.67	0.65	0.64
2		0.65	0.61	0.58	0.61	0.59	0.56
3		0.58	0.54	0.51	0.56	0.52	0.50
4		0.53	0.48	0.45	0.50	0.47	0.44
5		0.48	0.43	0.39	0.46	0.41	0.38
6		0.43	0.38	0.34	0.41	0.37	0.34
7		0.39	0.34	0.30	0.37	0.33	0.30
8		0.35	0.30	0.26	0.34	0.29	0.26
9		0.32	0.26	0.23	0.30	0.26	0.23
10		0.29	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20

- Conociendo el valor de cavidad zonal se procede a interpolar los valores obtenidos de la tabla del luminario entre 2 y 3.



de la ecuación de la recta para dos puntos:

$$y - 0.65 = 0.58 - 0.65 (2.38 - 2)$$

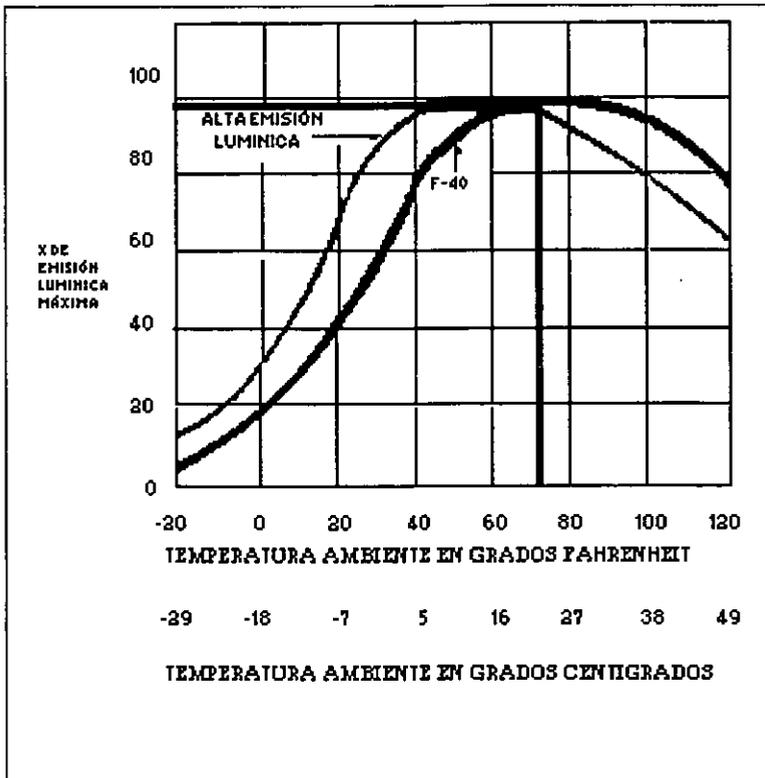
$$y = - (0.07) x (0.38) + 0.65$$

$$y = - 0.0266 + 0.65 = 0.62$$

$$\Rightarrow \text{C.U.} = 0.62$$

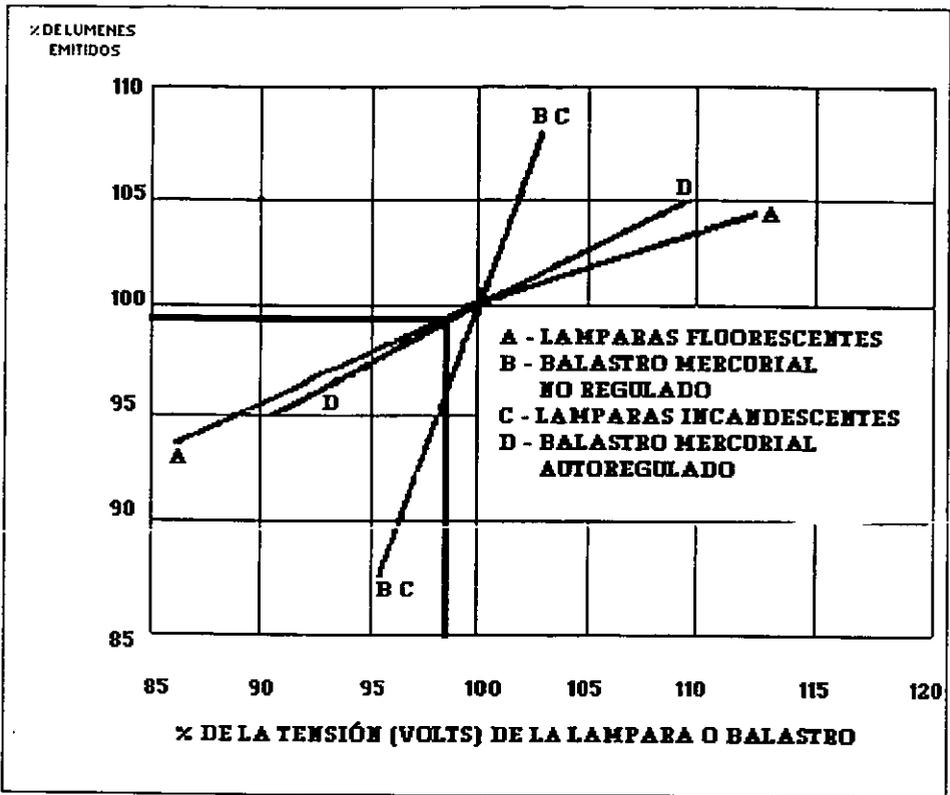
- Obtención del Factor de Mantenimiento (Factores No Recuperables)

1. Temperatura ambiente (23° C) = 0.98



GRAFICA 1. *Cambio en el rendimiento con la temperatura ambiente de las lámparas fluorescentes desnudas en el aire calmado*

2. Tensión de alimentación = 0.985



GRAFICA 2. Cambio del rendimiento luminoso debido a cambios de tensión

3. Factor de balastro (como se mencionó anteriormente el valor de éste es: 0.93).

4. Depreciación en las superficies del luminario = 1 (este factor es muy difícil de definir por lo que se le dió un valor unitario).

Obtención de Factores Recuperables



7. Depreciación de los Lúmenes de la Lámpara (L.L.D.) = **0.83** (Datos del fabricante. Ver apartado 3.5.2.)

8. Factor de Depreciación por Suciedad Acumulada en el Luminario (L.D.D.)

\* Categoría de mantenimiento: **V**

\* Ambiente: **Muy limpio**

\* Tiempo estimado: **12 meses**

\* L.D.D. = **0.93** (ver figura 26)

El valor del Factor de Mantenimiento es el resultado de la multiplicación de los valores obtenidos en los Factores Recuperables y No Recuperables:

- Conociendo todos los valores, los sustituimos en la ecuación del método de Lumen:

$$\text{No. de luminarios} = \frac{E \times \text{AREA}}{\text{LUMENES POR LUMINARIO} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{400 \text{luxes} \times 165.90 \text{m}^2}{4 \times 3,150 \text{lumenes} \times 0.62 \times 0.64}$$

$$\text{No. de luminarios} = 13.27$$

$$\text{No. de luminarios (facilidad de acomodo)} = 12$$

- Localización de luminarias. Para poder localizar nuestras luminarias es necesario conocer si se cumple, con no rebasar el espaciamiento máximo recomendado por el fabricante de la luminaria.

$$S_{\max} = \text{Factor proporcionado} \times H_{cc}$$

$$S_{\max} = 1.4 \times 3.00 = 4.2$$

Para determinar el espaciamiento real en una distribución uniforme de luminarios:

$$S = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No. de luminarios}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{165.90}{12}}$$

$$S = 3.70$$

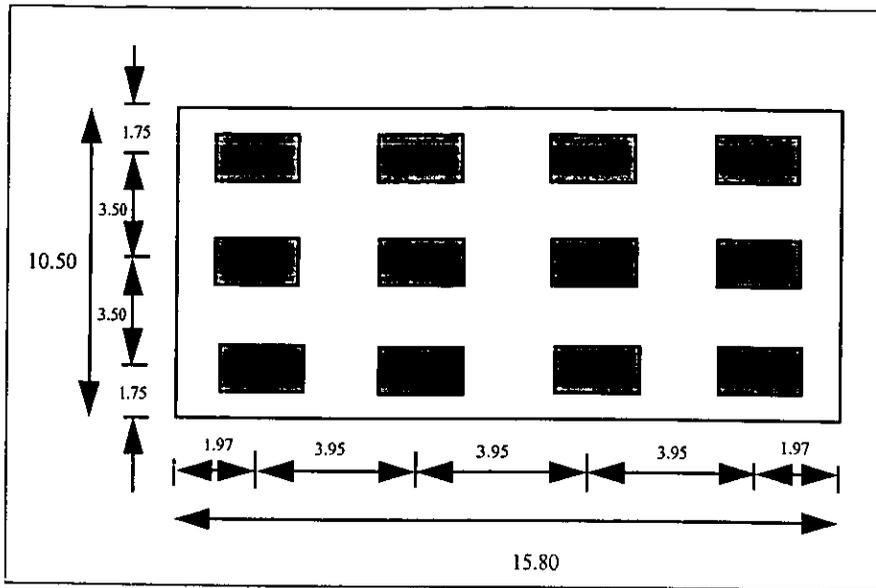
Nivel de iluminación definitivo por acomodo

$$E = \frac{\text{No. de luminarios} \times \text{Lumenes} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{Area}}$$

$$E = \frac{12 \times 4 \times 3,150 \times 0.62 \times 0.64}{165.90}$$

$$E = 361.64 \text{ Luxes Promedio Mantenedos}$$

## ACOMODO DE LUMINARIOS



### 3.6. APLICACIÓN DE CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CONSTRUCCIONES PARA USO HABITACIONAL

El objeto de este apartado es asegurarse que los que planean, diseñan, promueven, financian y construyen *vivienda* en México de cualquier tipo, ya sea para personas de escasos recursos también identificados como de interés social, o la destinada a personas de nivel medio o de amplia solvencia económica, tomen en cuenta una serie de factores que permiten, una vez construida, que el usuario pueda alcanzar en su interior las condiciones de *confort*, de preferencia en forma natural, o si es necesario por medios mecánicos, pero haciendo un uso racional de los recursos energéticos que en su mayoría provienen de combustibles fósiles o de fuentes de energía no renovables.

La palabra *confort* es una palabra francesa que significa comodidad y ha sido adoptada en México para expresar básicamente lo mismo. Sin embargo en este apartado entenderemos como *confort* un estado de bienestar del ser humano referido a las condiciones de temperatura y humedad de su cuerpo.

Para alcanzar las condiciones de confort del ser humano dentro de las viviendas habrá que considerar como un factor fundamental la envolvente de la misma. A través de diseños, sistemas constructivos y mantenimientos adecuados de las construcciones, la energía solar y las fuerzas naturales podrán usarse para calentar las edificaciones en la temporada de frío y enfriarlos en la

temporada de calor, usando fuentes de energía renovables en vez de combustibles convencionales.

Se dispone además de sistemas electromecánicos para el acondicionamiento o climatización artificial como los sistemas de calefacción, de enfriamiento o acondicionamiento de aire que también se conocen como sistemas activos. El uso de estos sistemas dependerá en primer lugar de las condiciones climáticas del lugar y si el diseño arquitectónico ha considerado adecuadamente los patrones bioclimáticos que afectan en mayor o menor medida el comportamiento térmico de la edificación.

Los patrones físicos fundamentales que afectan la eficiencia energética de las edificaciones para alcanzar el confort son:

### **Entorno urbano**

- \* Dimensionamiento de vialidades
- \* Diseño del fraccionamiento o lotificación
- \* Ubicación del predio en el contexto urbano
- \* Orientación del predio

### **Concepción arquitectónica**

- \* Forma y orientación de la edificación
- \* Localización de los espacios internos
- \* Inclinação de los techos
- \* Localización de las ventanas
- \* Esquemas de ventilación

- \* Diseño de áticos ventilados
- \* Tipo de estructuración ligera o masiva
- \* Protección del acceso

### **Especificaciones de materiales**

- \* Materiales en techos
- \* Materiales en muros
- \* Texturas y colores de superficies exteriores
- \* Aplicación de aislantes térmicos
- \* Acabados interiores
- \* Protección de ventanas ante la radiación

### **Areas exteriores**

- \* Pisos exteriores
- \* Calor y frescura de la tierra
- \* Empleo de árboles caducifolios al sur y este
- \* Empleo de barreas verdes al norte y oeste

### **Otros**

- \* Aprovechamiento del agua y del sol

El tomar en cuenta todos los factores bioclimáticos mencionados en el diseño arquitectónico seguramente redundará en una edificación más adecuada para lograr el confort deseado, sin embargo, la utilización de aislamientos térmicos por sus características propias, llegan a tener un peso hasta del 60% en el éxito de la solución.

La aplicación, dimensionamiento y operación de los equipos electromecánicos deberá estar contemplada como complementaria a los sistemas pasivos cuando por medio de éstos, una vez agotados todos los recursos que proporciona un diseño bioclimático, no se logran alcanzar las condiciones de confort térmico deseados para el ser humano.

La utilización de los sistemas electromecánicos para el acondicionamiento de espacios en las edificaciones pueden producir condiciones adversas para la salud como resequedad en el ambiente y cambios bruscos de temperatura entre los espacios interiores y exteriores, así como condensación y saturación que pueden afectar a los materiales de recubrimiento o generar procesos de oxidación.

### **3.6.1. Procedimiento simplificado para evaluar la eficiencia térmica de la envolvente de la edificación**

Debido a la complejidad que puede representar el manejo de todas las variables que inciden en el cálculo del balance térmico para una edificación, y siendo que este método permite solamente determinar condiciones instantáneas en el tiempo, se propone en este apartado un modo de evaluación simplificado de la envolvente propuesta para una edificación.

Se basa en el cálculo de la ganancia de calor promedio ( $Q_{pe}$ ) a través de la envolvente de una edificación, considerando que es la suma de las ganancias o pérdidas de calor promedio por conducción ( $Q_{pc}$ ) a través de los elementos de la envolvente incluyendo el efecto solar en la parte opaca y de las ganancias de

calor promedio por radiación solar ( $Q_{ps}$ ) a través de ventanas y tragaluces, descartando los efectos de la ventilación, el enfriamiento evaporativo y las ganancias internas, asumiendo que para lograr las condiciones de equilibrio térmico en condiciones de confort se utilizará, si es necesario, el equipamiento electromecánico.

$$Q_{pe} = Q_{pc} + Q_{ps}$$

donde:

$\Rightarrow Q_{pe}$  = ganancia de calor promedio a través de la envolvente de la edificación durante la temporada primavera-verano ( $w$ )<sup>1</sup>

$$\Rightarrow Q_{pc} = \sum [A_i \times U_i \times (t_{e_i} - t_i)]$$

$\Rightarrow Q_{pc}$  = Ganancia de calor promedio por conducción a través de la envolvente, incluyendo el efecto solar en la parte opaca ( $w$ ).

$\Rightarrow A_i$  = Area de la superficie exterior del elemento de la envolvente (techo, tragaluz, muro o ventana) según su orientación ( $i$ ) en  $m^2$ .

$\Rightarrow U_i$  = Conductancia térmica total del sistema que conforma el elemento de la envolvente (muro o ventana), según su orientación ( $i$ ) en ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ).

$\Rightarrow t_{e_i}$  = Valor de la temperatura sol-aire promedio para cada orientación ( $i$ ) en  $^\circ C$ .

---

<sup>1</sup> La letra  $w$  no representa la unidad de potencia real (watts)

⇒  $t_i$  = Temperatura interior de diseño para verano en °C.

$$Q_{ps} = \sum(A_i \times CS_i \times FGCS_i \times FSE_i)$$

donde:

⇒  $Q_{ps}$  = Ganancia de calor promedio por radiación solar a través de ventanas y tragaluces (w).

⇒  $A_i$  = Área de la superficie transparente (vidrio) en  $m^2$  para cada orientación (i).

⇒  $CS_i$  = Coeficiente de Sombreado del vidrio empleado para cada orientación (i).

⇒  $FGCS_i$  = Ganancia de Calor Promedio en (w/ $m^2$ ) para cada orientación (i).

⇒  $FSE_i$  = Factor de corrección por Sombreado exterior para cada orientación (i).

El método propuesto contempla la evaluación de la ganancia de calor a través de la envolvente del proyecto propuesto (real) en relación con un proyecto de referencia que con la misma distribución de espacios asigna valores específicos en cuanto al tamaño máximo y coeficiente de sombreado de las ventanas, y a las características de conductividad de los componentes opacos de la envolvente (techo y muros).

El procedimiento de evaluación consiste en:

Determinación de la ganancia de calor promedio a través de la envolvente (Q<sub>pe</sub>) de la edificación propuesta (proyecto real) aplicando valores correspondientes a las superficies de techo, domos, muros y ventanas de las distintas orientaciones así como los valores de conductancia térmica (U) y coeficientes de sombreado (CS) especificados y compararla con la ganancia de calor promedio que resulte de aplicar los siguientes criterios dimensionales y características térmicas de los elementos de la envolvente (proyecto de referencia).

- La conductancia térmica (U) del proyecto de referencia se obtendrá a partir de los valores de Resistencia Térmica “R” recomendados para techos y muros que se muestran en el cuadro 15 para distintas ciudades de la República Mexicana.
- El coeficiente de sombreado (CS) en los vidrios de las ventanas se considera con un valor de 1.00 y 0.87 para tragaluces.
- El tamaño de las ventanas se calculará al 10% del tamaño del muro que la contiene.

Para evaluar la eficiencia en la envolvente de las viviendas se considera que existirá ganancia de calor en el interior de aquéllas cuando:

- Suponiendo que la temperatura de diseño (confort) en el interior se mantendrá constante durante todo el día, la temperatura en el exterior sea mayor a ésta .

- Cuando exista radiación solar directa a través de las ventanas, domos o tragaluces.

La ganancia de calor bajo estas circunstancias, será variable durante las 24 horas del día y cambiará en función de la época del año. La ganancia de calor por los conceptos anteriores más el emitido por el alumbrado, los habitantes, los equipos electrodomésticos o que generan calor por su operación y el efecto de la infiltración de aire, determinarán la ganancia de calor total en el interior de la vivienda.

Para los fines de este apartado, y de simplificar los distintos parámetros de temperaturas de confort en función de los distintos tipos de clima que se presentan en la República Mexicana, la temperatura de bulbo seco para el interior de la vivienda que se considera para el cálculo de ganancia de calor es de:  $t_i = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  para la época de verano.

La humedad relativa que puede representar una condición de uso mínimo de energía es de 60%. La ganancia de calor promedio del proyecto real calculada mediante el procedimiento descrito no deberá ser mayor que la ganancia del proyecto de referencia.

La comparación de resultados permitirá efectuar ajustes al proyecto real para no exceder la ganancia de calor del proyecto de referencia. Al mejorar las características de los materiales y sistemas empleados en el techo y muros, la orientación de las fachadas, el dimensionamiento de las ventanas y tragaluces o el mejoramiento de las propiedades del vidrio y las condiciones de

colindancia con otras edificaciones se estará optimizando el diseño de la envolvente, lo que permitirá hacer un uso racional de la energía, aplicada a los equipos electromecánicos si estos resultan necesarios para mantener el confort deseado durante la temporada primavera-verano.

Existe una diferencia entre la ganancia de calor promedio que se calcula para evaluar la envolvente y la ganancia de calor total en el interior de la edificación, mientras la primera propone evaluar la eficiencia de la envolvente proyectada en relación con su comportamiento térmico y su influencia en el uso racional de la energía, la segunda permitirá determinar la dimensión de los equipos mecánicos a utilizar para el acondicionamiento del espacio interior.

Cuando la ganancia de calor total en el interior de la vivienda exceda las condiciones de bienestar térmico definidas como temperatura y humedad de diseño en el interior, tendrán que ser compensadas por mecanismos de enfriamiento, ya sea en forma natural o por medios mecánicos. Cuando esto ocurra se tiene que establecer las condiciones de temperatura y humedad del exterior o temperatura de diseño exterior.

Para determinar la temperatura exterior de diseño para el dimensionamiento de los equipos de enfriamiento, existen varios criterios:

La "ASHRAE" propone como criterios para determinar la temperatura exterior de diseño, las temperaturas de bulbo seco cuyos valores hayan sido igualados o excedidos durante 1, 2.5 o 5% del total de las horas de la temporada comprendida entre los meses de junio hasta septiembre.

Siendo que los cuatro meses representan un total de 2,928 horas, el 1% representa 30 horas, 2.5% representa 73 horas y 5% 146 horas del total de la temporada de enfriamiento. Durante esta temporada es de esperarse que mientras más grande sea el diferencial de temperatura entre el exterior y la temperatura que se desea mantener en el interior, el flujo de calor entre el exterior y el interior aumenta, y con ello, la capacidad requerida para enfriamiento.

Obviamente los sistemas mecánicos para enfriamiento estarían sobredimensionados si el cálculo de las ganancias de calor se basaran en la temperatura máxima extrema que se haya registrado en la región de que se trate. Por lo tanto, la temperatura exterior de diseño se debe basar en los criterios de la frecuencia en que éstas ocurren.

La Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de instalaciones para la Construcción, A.C. (AMERIC), propone para el cálculo de refrigeración, los siguientes criterios de temperatura de diseño ( $t_c$ ) en función de las temperaturas máximas extremas del lugar promediada en los últimos 10 años ( $t_{m\acute{a}x}$ ):

- Límite superior:  $t_c = 2.5 + 0.9 t_{m\acute{a}x}$
- Recomendable:  $t_c = 4.5 + 0.8 t_{m\acute{a}x}$
- Límite inferior:  $t_c = 6.5 + 0.7 t_{m\acute{a}x}$

En el cuadro 15 se muestra la temperatura para cálculo de sistemas de refrigeración para la condición (recomendable). Una vez determinadas las

temperaturas de diseño interior y exterior, se puede calcular el enfriamiento requerido para mantener la diferencia de temperatura, la cual se presenta en las condiciones más críticas del día representativo para el lugar. Lo anterior permitirá dimensionar los equipos mecánicos que se utilicen para enfriamiento, a manera de lograr compensar las ganancias de calor que se presentan en la hora más crítica del día.

Sin embargo, al haberse optimizado el diseño arquitectónico y las especificaciones de los elementos de la envolvente, tanto la demanda de potencia como el consumo de energía durante la operación de los equipos electromecánicos, se reducirán con el consiguiente beneficio para los usuarios de la edificación, la empresa suministradora y el País.

ESTADO	CIUDAD	"R" R = m <sup>2</sup> °C/W		TEMP. °C			TEMPERATURAS SOL-AIRE													GANANCIA DE CALOR SOLAR PROM. (W/M <sup>2</sup> )						
		Techo	Muro	MAX- EXT. PROM.	R.S	RH	TECH O	MURC MASIVO				MURO LIGERO				VENTANAS					HOR.	N	E	S	W	PROM
								N	E	S	W	N	E	S	W	HOR	N	E	S	W						
AGUASCALIENTES	Aguascalientes	2.00	0.40	36.8	34	19	36	23	26	25	25	29	32	31	31	21	23	23	23	24	272.3	102.1	139.9	113.9	133.7	122.4
BAJA CALIF. NORTE	Ensenada	2.49	0.40	36.5	34	34	34	21	23	23	22	27	30	29	29	20	21	22	22	22	322.0	70.3	159.3	131.1	163.7	131.1
	Mexicali	2.27	1.65	47.8	43	28	46	32	36	34	34	37	42	39	41	27	28	29	30	30	322.0	70.3	159.3	131.1	163.7	131.1
CAMPECHE	Campeche	2.87	1.10	38.9	36	26	45	31	34	32	33	36	40	38	39	26	27	28	28	29	283.5	95.2	151.5	118.8	132.7	122.8
COAHUILA	Monclova	2.74	1.10	42.0	38	24	43	29	32	31	31	35	39	37	38	25	26	27	28	28	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1
	Torreón	2.88	1.65	45.0	41	21	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1
COLIMA	Manzanillo	2.61	1.10	38.6	35	27	44	30	34	32	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
CHIAPAS	Tuxtla Gtz.	2.97	1.65	38.5	35	25	42	28	31	30	30	34	37	36	31	24	26	27	27	27	283.5	95.2	151.5	118.8	132.7	122.8
CHIHUAHUA	Chihuahua	2.66	1.10	38.5	35	23	39	26	25	27	27	31	35	34	34	23	24	25	25	25	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1
D.F.	México	1.46	0.40	34.5	32	17	32	20	22	21	21	26	28	28	27	19	20	21	21	21	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
DURANGO	Durango	2.07	0.40	35.6	33	17	36	23	26	25	25	29	32	31	31	21	23	23	24	24	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1
GUANAJUATO	Guanajuato	1.77	0.40	33.8	32	18	35	22	25	24	23	28	31	30	30	21	22	22	23	23	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
GUERRERO	Acapulco	2.83	1.10	35.8	33	37	45	31	35	32	33	36	40	38	40	26	27	29	29	29	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
HIDALGO	Pachuca	1.21	0.40	31.5	30	18	30	18	20	20	19	24	26	26	25	18	19	19	19	20	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
JALISCO	Guadalajara	2.28	0.40	36.0	33	20	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	273.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
MEXICO	Toluca	0.50	0.40	26.8	25	17	28	16	18	18	17	22	25	25	24	17	18	18	18	19	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
MICHOACAN	Morelia	2.14	0.40	31.3	30	19	35	22	24	24	23	28	31	30	30	20	22	22	22	23	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
NAYARIT	Tepic	2.44	1.10	38.9	36	26	38	25	28	27	27	31	34	33	33	22	24	25	25	25	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
NUEVO LEON	Monterrey	2.60	1.10	41.5	38	26	42	29	32	30	30	34	38	36	37	25	26	27	27	27	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1

OAXACA	Oaxaca	2.46	1.10	38.0	35	22	37	24	27	26	25	30	33	32	32	22	23	24	24	24	272.3	102.1	139.9	133.8	133.7	122.4
SAN LUIS POTOSI	San Luis Potosi	1.97	0.40	37.3	34	18	36	23	25	24	24	28	32	31	31	21	22	23	23	23	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
SONORA	Hermosillo	2.94	1.65	45.0	41	28	46	32	36	34	34	37	42	40	41	27	28	29	30	30	322.0	70.3	159.3	131.1	163.7	131.1
VERACRUZ	Jalapa Veracruz	1.77	0.40	34.6	32	32	35	23	25	24	24	28	31	30	30	21	22	23	23	23	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
		2.60	1.10	35.6	33	27	44	30	34	32	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	272.3	102.1	139.9	113.8	133.7	122.4
YUCATAN	Mérida	2.85	1.10	41.0	37	27	44	30	34	32	32	35	39	38	39	25	27	28	28	28	283.5	95.2	151.5	118.8	132.7	122.8
ZACATECAS	Zacatecas	0.50	0.40	29.0	28	17	30	18	20	20	19	24	26	26	26	18	19	19	20	20	274.0	91.2	137.3	117.9	145.9	123.1

REVISIÓN: 18-JUL-1996

CUADRO 13. *Valores para cálculo de ganancias de calor a través de la envolvente*

### 3.6.2. Ejemplo de aplicación

Para ilustrar y aplicar los criterios de eficiencia energética y el procedimiento propuesto de evaluación de la envolvente de las edificaciones para uso habitacional expuestos en este apartado, se desarrolla a continuación un ejemplo.

El ejemplo ilustra cómo las propiedades de conducción de calor en los sistemas de techo y de muros así como el tamaño de las ventanas y el coeficiente de sombreado del vidrio propuesto, influyen en la ganancia de calor promedio durante la temporada primavera-verano, comparándola con las especificaciones de un proyecto de referencia.

El ejemplo utiliza un proyecto de vivienda seleccionado como prototipo al cual se le aplica el procedimiento simplificado de evaluación del comportamiento de la envolvente mediante el cálculo de ganancia de calor promedio a través del techo, los muros y las ventanas.

#### a) Definición del prototipo

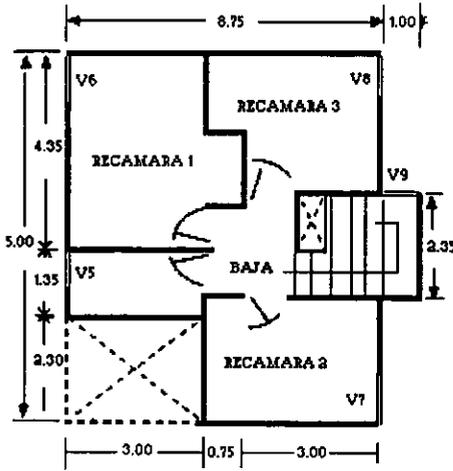
- Distribución de espacios. Se seleccionó un prototipo de casa habitación unifamiliar en dos niveles cuyo arreglo de espacios y orientación se muestran en la figura 32. Tiene un total de 96 m<sup>2</sup> de construcción, 48 m<sup>2</sup> en cada planta. Se consideró que este proyecto puede ser representativo para ilustrar los criterios y procedimientos de cálculo hasta aquí presentados. Considera una ocupación de 5 personas y puede aplicarse en cualquier ciudad de la República Mexicana.

- Orientación. La orientación del frente del proyecto prototipo es al sur (S).
- Ubicación y colindancias. La ubicación del lote del prototipo con respecto a la manzana es en esquina y se considera que el muro este (E) colinda con otra construcción, lo que significa en este caso, que el 87% al este no se encuentra insolado y no se gana calor a través de esta superficie.
- Identificación y cuantificación de los componentes de la envolvente. Se determinaron las superficies correspondientes al techo y partes opaca y transparente de los muros para el proyecto que se pretende evaluar y para el proyecto que se ha identificado como referencia.
- Proyecto de referencia. El proyecto de referencia tiene la misma distribución de espacios que el proyecto que se va a evaluar al cual se identifica como proyecto real. Al proyecto de referencia se le han establecido las siguientes condiciones:
  - \* El área de las ventanas se considera del 10% del muro de fachada que la contiene
  - \* El valor de la Resistencia Térmica del sistema de techo es el que corresponde según su ubicación y que se muestra en el cuadro 15, aplicándose el mismo valor para todos los muros sin importar su orientación.
  - \* No se considera ningún dispositivo de sombreado exterior para las ventanas.
  - \* El vidrio es claro y se considera un Coeficiente de Sombreado igual a uno. Para tragaluces se considera un C.S. de 0.87.

- Características de la envolvente del prototipo. Para los elementos de la envolvente como son el techo, los muros y las ventanas, se consideran las siguientes características:
  - \* Techos. El sistema de techo se definió con una losa de concreto armado de 10.0 cm de espesor con aplanado de yeso en el interior de 1.5 cm e impermeabilizante asfáltico de 2.0 cm de espesor. El valor de “R” es = 0.398, “U” = 2.511. No se consideró la existencia de tragaluz.
  - \* Muros. El sistema de muros esta compuesto por tabique rojo recocido de 14 cm de espesor con aplanado de yeso en el interior de 1.5 cm de espesor en el exterior. El valor de “R” es = 0.387, “U” = 2.586.
  - \* Ventanas. Para las ventanas se consideró cristal claro sencillo de 4.00 mm de espesor y C.S. = 1.00.
  - \* Puertas. Las puertas se consideraron como parte integrante del muro.
  
- Condiciones de diseño. Se definió para el análisis, 25°C como temperatura interior de confort para el usuario final de la vivienda para la temporada de primavera-verano, y se aplicaron para el calculo de ganancia de calor por conducción las temperaturas sol aire promedio para superficies horizontales y cada orientación de las fachadas según el cuadro 15. Para la determinación de la ganancia de calor por radiación solar a través de ventanas y tragaluces, se utilizaron Factores de Ganancia de Calor Solar presentados en el cuadro 15 también para cada orientación.

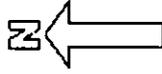
- Formatos de calculo. Los resultados comparativos se presentan en los formatos de cálculo diseñados específicamente para esta aplicación.
- Casos estudiados. En este ejemplo se aplico el prototipo real y el de referencia a las condiciones de la ciudad de Mexicali en Baja California, el Distrito Federal, la ciudad de Monterrey en Nuevo León y la ciudad de Mérida en Yucatán.

**PLANTA ALTA**

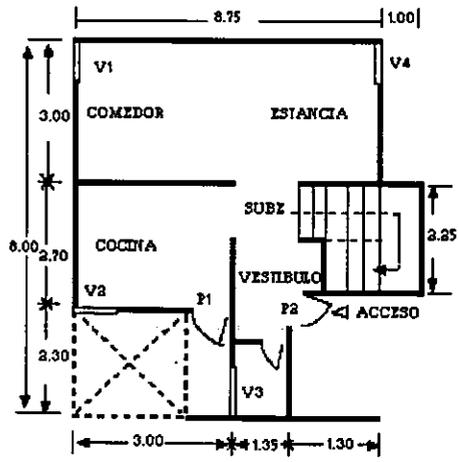


**SUPERFICIE DE CONSTRUCCIÓN**

PLANTA BAJA	48 M2
PLANTA ALTA	48 M2
<b>TOTAL</b>	<b>96 M2</b>



**PLANTA BAJA**



**VENTANAS Y PUERTAS**

V1	1.2 X 1.5
V2	1.2 X 1.35
V3	0.9 X 1.0
V4	1.2 X 1.0
V5	0.9 X 1.0
V6	1.2 X 1.8
V7	1.2 X 1.4
V8	1.2 X 1.4
V9	0.75 X 1.0
P1	0.9 X 2.0
P2	0.9 X 2.0

FIGURA 29. Prototipo de casa habitación unifamiliar

**METODO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO COMPARATIVO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA DE LA EDIFICACIÓN DE REFERENCIA.**

**1. DATOS PARTICULARES**

Proyecto	CASA HABITACIÓN	Municipio o Ciudad	MEXICALÍ
Propietario		Estado	Baja California
Destino		Latitud	32.48 N
Ubicación	CD. DE MEXICALÍ	Longitud	115.50 W
	ti = 25°C	Altitud	0 msnm

**2. VALORES PARA EL CALCULO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE.**

HUMEDAD RELATIVA = 60%      "R" EN TECHO = 2.97      "R" EN MUROS = 1.65						
TEMPERATURAS SOL-AIRE PROMEDIO EN °C			FGCS	CS	FSE	
Techo	46	Tragaluz	27	322.0 (W/m <sup>2</sup> )	0.87	1.00
Muros al N	32	Ventana al N	28	70.3 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al E	36	Ventana al E	29	159.3 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al S	34	Ventana al S	30	131.1 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al W	34	Ventana al W	30	163.7 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00

**3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

Proyecto		Real				Referencia		
Número de pisos		2				2		
Superficie total de construcción (m <sup>2</sup> )		96.00				96.00		
Superficie útil en (m <sup>2</sup> )		96.00				96.00		
Superficie de techo (m <sup>2</sup> )	Total	Opaca	Tragaluz	% Domo	Opaca	Tragaluz	% Domo	
	48	48.0	0.00	0.00%	48.0	0.00	0.00%	
Superficie de fachadas	Total	Opaca	Ventana	% de vent.	Opaca	Ventana	% de vent.	
	Al N	40.00	34.24	5.76	14.40	36	4.00	10.00
	Al E	5.00	4.25	0.75	15.00	4.50	0.50	10.00
	No insolada Al E	33.75	33.75	0.00	0.00	30.38	3.38	10.00
	Al S	40.00	34.84	5.16	12.90	36.00	4.00	10.00
	Al W	38.75	37.13	1.62	4.18	34.88	3.88	10.00

**4. ESPECIFICACIONES DE LA ENVOLVENTE**

Proyecto		Real			Referencia		
Componente		R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS	R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS
Techo	Parte opaca	2.40	0.417		2.97	0.337	
	Tragaluzes	0.17	5.952	1.000	0.17	5.952	0.870
Muros	Al N	1.68	0.595		1.65	0.606	
	Al E	1.68	0.595		1.65	0.606	
	Al S	1.68	0.595		1.65	0.606	
	Al W	1.68	0.595		1.65	0.606	
Ventanas	Al N		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al E		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al S		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al W		5.948	1.000		5.319	1.000

## CALCULO COMPARATIVO DE GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE

### GANANCIA POR CONDUCCIÓN (Qpc)

(Incluye efecto solar en la parte opaca)

No.	CONCEPTO	A	A	U	U	te =	te - ti	Qc	Qc
	Descripción	real	referencia	real	referencia	Teq.*		real	referencia
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup> °C	°C	°C	W	W
1	Techo	48	48.00	0.417	0.337	46	21	420	339
<b>SUBTOTAL</b>								<b>420</b>	<b>339</b>
2	Muros al N	34.24	36.00	0.595	0.606	32	7	143	153
3	Muros al E	4.25	4.50	0.595	0.606	36	11	28	30
4	Muros al S	34.84	36.00	0.595	0.606	34	9	187	196
5	Muros al W	37.13	34.88	0.595	0.606	34	9	199	190
<b>SUBTOTAL</b>								<b>556</b>	<b>569</b>
6	Tragaluz	0.00	0.00	5.952	5.952	27	2	0	0
7	Ventanas al N	5.76	4.00	5.948	5.948	28	3	103	71
8	Ventanas al E	0.75	0.50	5.948	5.948	29	4	18	12
9	Ventanas al S	5.16	4.00	5.948	5.948	30	5	153	119
10	Ventanas al W	1.62	3.88	5.948	5.948	30	5	48	115
<b>SUBTOTAL</b>								<b>322</b>	<b>317</b>
<b>TOTAL DE Qpc</b>								<b>1,298</b>	<b>1,226</b>

### GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS Y TRAGALUCES (Qps)

No.	CONCEPTO	A	CS	A	CS	FGCS*	Factor	Qs	Qs
	Descripción	real	real	referencia	referencia	W/m <sup>2</sup>	de somb.	real	referencia
		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>			ext.***	W	W
1	Tragaluz	0.00	1.000	0.00	0.87	322.0	1.00	0	0
<b>SUBTOTAL</b>								<b>0</b>	<b>0</b>
2	Ventana al N	5.76	1.000	4.00	1.00	70.3	1.00	405	281
3	Ventana al E	0.75	1.000	0.50	1.00	159.3	1.00	119	80
4	Ventana al S	5.16	1.000	4.00	1.00	131.1	1.00	676	524
5	Ventana al W	1.62	1.000	3.88	1.00	163.7	1.00	265	634
<b>SUBTOTAL</b>								<b>1,466</b>	<b>1,520</b>
<b>TOTAL DE Qps</b>								<b>1,466</b>	<b>1,520</b>
<b>SUMA Qps + Qpc = Qpe</b>								<b>2,764</b>	<b>2,746</b>
<b>% DE Qpe</b>								<b>100.68</b>	<b>100.00</b>

\* Teq. = Valores de temperatura sol-aire promedio en °C del cuadro 15

\*\* FGCS = Ganancia de calor solar promedio en W/m<sup>2</sup>, del cuadro 15

\*\*\* Factor de corrección por sombreado exterior = 1.00

**METODO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO COMPARATIVO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA DE LA EDIFICACIÓN DE REFERENCIA.**

**1. DATOS PARTICULARES**

Proyecto	CASA HABITACIÓN	Municipio o Ciudad	MÉXICO
Propietario		Estado	DISTRITO FEDERAL
Destino		Latitud	19.4 N
Ubicación	DISTRITO FEDERAL	Longitud	99.2 W
	ti = 25°C	Altitud	1209 msnm

**2. VALORES PARA EL CALCULO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE.**

HUMEDAD RELATIVA = 60%      "R" EN TECHO = 1.46      "R" EN MUROS = 0.4						
TEMPERATURAS SOL-AIRE PROMEDIO EN °C			FGCS	CS	FSE	
Techo	32	Tragaluz	19	272.3 (W/m <sup>2</sup> )	0.87	1.00
Muros al N	20	Ventana al N	20	102.1 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al E	22	Ventana al E	21	139.9 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al S	21	Ventana al S	21	113.8 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al W	21	Ventana al W	21	133.7 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00

**3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

Proyecto		Real			Referencia			
Número de pisos		2			2			
Superficie total de construcción (m <sup>2</sup> )		96.00			96.00			
Superficie útil en (m <sup>2</sup> )		96.00			96.00			
Superficie de techo (m <sup>2</sup> )	Total	Opaca	Tragaluz	% Domo	Opaca	Tragaluz	% Domo	
	48	48.0	0.00	0.00%	48.0	0.00	0.00%	
Superficie de fachadas	Total	Opaca	Ventana	% de vent.	Opaca	Ventana	% de vent.	
	Al N	40.00	34.24	5.76	14.40	36	4.00	10.00
	Al E	5.00	4.25	0.75	15.00	4.50	0.50	10.00
	No insolada Al E	33.75	33.75	0.00	0.00	30.38	3.38	10.00
	Al S	40.00	34.84	5.16	12.90	36.00	4.00	10.00
	Al W	38.75	37.13	1.62	4.18	34.88	3.88	10.00

**4. ESPECIFICACIONES DE LA ENVOLVENTE**

Proyecto		Real			Referencia		
Componente		R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS	R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS
Techo	Parte opaca	1.65	0.606		1.46	0.685	
	Tragaluces	0.17	5.882	1.000	0.17	5.952	0.870
Muros	Al N	0.40	2.500		0.40	2.500	
	Al E	0.40	2.500		0.40	2.500	
	Al S	0.40	2.500		0.40	2.500	
	Al W	0.40	2.500		0.40	2.500	
Ventanas	Al N		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al E		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al S		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al W		5.948	1.000		5.319	1.000

## CALCULO COMPARATIVO DE GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE

### GANANCIA POR CONDUCCIÓN (Qpc) (Incluye efecto solar en la parte opaca)

No.	CONCEPTO	A	A	U	U	te =	te - ti	Qc	Qc
	Descripción	real	referenci a	real	referencia	Teq.*		real	referenci a
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup> °C	°C	°C	W	W
1	Techo	48	48.00	0.606	0.685	32	7	204	230
<b>SUBTOTAL</b>								<b>204</b>	<b>230</b>
2	Muros al N	34.24	36.00	2.500	2.500	20	-5	-439	-450
3	Muros al E	4.25	4.50	2.500	2.500	22	-3	-32	-34
4	Muros al S	34.84	36.00	2.500	2.500	21	-4	-348	-360
5	Muros al W	37.13	34.88	2.500	2.500	21	-4	-371	-349
<b>SUBTOTAL</b>								<b>-1,191</b>	<b>-1,193</b>
6	Tragaluz	0.00	0.00	5.882	5.952	19	-6	0	0
7	Ventanas al N	5.76	4.00	5.948	5.948	20	-5	-145	-119
8	Ventanas al E	0.75	0.50	5.948	5.948	21	-4	-18	-12
9	Ventanas al S	5.16	4.00	5.948	5.948	21	-4	-123	-95
10	Ventanas al W	1.62	3.88	5.948	5.948	21	-4	-39	-92
<b>SUBTOTAL</b>								<b>-324</b>	<b>-318</b>
<b>TOTAL DE Qpc</b>								<b>-1,311</b>	<b>-1,281</b>

### GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS Y TRAGALUCES (Qps)

No.	CONCEPTO	A	CS	A	CS	FGCS*	Factor	Qs	Qs
	Descripción	real	real	referencia	referencia	W/m <sup>2</sup>	de sombra	real	referenci a
		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>			ext.***	W	W
1	Tragaluz	0.00	1.000	0.00	0.87	272.3	1.00	0	0
<b>SUBTOTAL</b>								<b>0</b>	<b>0</b>
2	Ventana al N	4.86	1.000	4.00	1.00	102.1	1.00	496	408
3	Ventana al E	0.75	1.000	0.50	1.00	139.9	1.00	105	70
4	Ventana al S	5.16	1.000	4.00	1.00	113.8	1.00	587	455
5	Ventana al W	1.62	1.000	3.88	1.00	133.7	1.00	217	518
<b>SUBTOTAL</b>								<b>1,405</b>	<b>1,452</b>
<b>TOTAL DE Qps</b>								<b>1,405</b>	<b>1,452</b>
<b>SUMA Qps + Qpc = Qpe</b>								<b>94</b>	<b>171</b>
<b>% DE Qpe</b>								<b>54.98</b>	<b>100.00</b>

\* Teq. = Valores de temperatura sol-aire promedio en °C del cuadro 15

\*\* FGCS = Ganancia de calor solar promedio en W/m<sup>2</sup>, del cuadro 15

\*\*\* Factor de corrección por sombreado exterior = 1.00

**METODO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO COMPARATIVO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA DE LA EDIFICACIÓN DE REFERENCIA.**

**1. DATOS PARTICULARES**

Proyecto	CASA HABITACIÓN	Municipio o Ciudad	MONTERREY
Propietario		Estado	NUEVO LEÓN
Destino		Latitud	25.68 N
Ubicación	MONTERREY	Longitud	100.3 W
	ti = 25°C	Altitud	0 msnm

**2. VALORES PARA EL CALCULO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE.**

HUMEDAD RELATIVA = 60%    "R" EN TECHO = 2.58    "R" EN MUROS = 1.1						
TEMPERATURAS SOL-AIRE PROMEDIO EN °C			FGCS	CS	FSE	
Techo	42	Tragaluz	25	274.0 (W/m <sup>2</sup> )	0.87	1.00
Muros al N	29	Ventana al N	26	91.2 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al E	32	Ventana al E	27	137.3 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al S	30	Ventana al S	27	117.9 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al W	30	Ventana al W	27	145.9 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00

**3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

Proyecto	Real				Referencia			
Número de pisos	2				2			
Superficie total de construcción (m <sup>2</sup> )	96.00				96.00			
Superficie útil en (m <sup>2</sup> )	96.00				96.00			
Superficie de techo (m <sup>2</sup> )	Total	Opaca	Tragaluz	% Domo	Opaca	Tragaluz	% Domo	
	48	48.0	0.00	0.00%	48.0	0.00	0.00%	
Superficie de fachadas	Total	Opaca	Ventana	% de vent.	Opaca	Ventana	% de vent.	
	Al N	40.00	34.24	5.76	14.40	36	4.00	10.00
	Al E	5.00	4.25	0.75	15.00	4.50	0.50	10.00
No insolada	Al E	33.75	33.75	0.00	0.00	30.38	3.38	10.00
	Al S	40.00	34.84	5.16	12.90	36.00	4.00	10.00
	Al W	38.75	37.13	1.62	4.18	34.88	3.88	10.00

**4. ESPECIFICACIONES DE LA ENVOLVENTE**

Proyecto		Real			Referencia		
Componente		R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS	R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS
Techo	Parte opaca	2.58	0.388		2.58	0.388	
	Tragaluzes	0.17	5.882	1.000	0.17	5.952	0.870
Muros	Al N	1.10	0.909		1.10	0.909	
	Al E	1.10	0.909		1.10	0.909	
	Al S	1.10	0.909		1.10	0.909	
	Al W	1.10	0.909		1.10	0.909	
Ventanas	Al N		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al E		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al S		5.948	1.000		5.319	1.000
	Al W		5.948	1.000		5.319	1.000

**CALCULO COMPARATIVO DE GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE**

**GANANCIA POR CONDUCCIÓN (Qpc) ( Incluye efecto solar en la parte opaca)**

No.	CONCEPTO	A	A	U	U	te =	te - ti	Qc	Qc
	Descripción	real	referencia	real	referencia	Teq.*		real	referencia
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup> °C	°C	°C	W	W
1	Techo	48	48.00	0.388	0.388	42	17	316	316
<b>SUBTOTAL</b>								<b>316</b>	<b>316</b>
2	Muros al N	34.24	36.00	0.909	0.909	29	4	128	131
3	Muros al E	4.25	4.50	0.909	0.909	32	7	27	29
4	Muros al S	34.84	36.00	0.909	0.909	30	5	158	164
5	Muros al W	37.13	34.88	0.909	0.909	30	5	169	159
<b>SUBTOTAL</b>								<b>482</b>	<b>482</b>
6	Tragaluz	0.00	0.00	5.882	5.952	25	0	0	0
7	Ventanas al N	5.76	4.00	5.948	5.948	26	1	29	24
8	Ventanas al E	0.75	0.50	5.948	5.948	27	2	9	6
9	Ventanas al S	5.16	4.00	5.948	5.948	27	2	61	48
10	Ventanas al W	1.62	3.88	5.948	5.948	27	2	19	46
<b>SUBTOTAL</b>								<b>118</b>	<b>123</b>
<b>TOTAL DE Qpc</b>								<b>917</b>	<b>921</b>

**GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS Y TRAGALUCES (Qps)**

No.	CONCEPTO	A	CS	A	CS	FGCS*	Factor	Qs	Qs
	Descripción	real	real	referencia	referencia	W/m <sup>2</sup>	de sombra ext.***	real	referencia
		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>				W	W
1	Tragaluz	0.00	1.000	0.00	0.87	274.0	1.00	0	0
<b>SUBTOTAL</b>								<b>0</b>	<b>0</b>
2	Ventana al N	4.86	1.000	4.00	1.00	91.2	1.00	443	365
3	Ventana al E	0.75	1.000	0.50	1.00	137.3	1.00	103	69
4	Ventana al S	5.16	1.000	4.00	1.00	117.9	1.00	608	472
5	Ventana al W	1.62	1.000	3.88	1.00	145.9	1.00	236	585
<b>SUBTOTAL</b>								<b>1,391</b>	<b>1,470</b>
<b>TOTAL DE Qps</b>								<b>1,391</b>	<b>1,470</b>
<b>SUMA Qps + Qpc = Qpe</b>								<b>2,308</b>	<b>2,392</b>
<b>% DE Qpe</b>								<b>96.48</b>	<b>100.00</b>

\* Teq. = Valores de temperatura sol-aire promedio en °C del cuadro 15

\*\* FGCS = Ganancia de calor solar promedio en W/m<sup>2</sup>, del cuadro 15

\*\*\* Factor de corrección por sombreado exterior = 1.00

**METODO SIMPLIFICADO PARA EL CALCULO COMPARATIVO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE DE LA EDIFICACIÓN PROYECTADA DE LA EDIFICACIÓN DE REFERENCIA.**

**1. DATOS PARTICULARES**

Proyecto	CASA HABITACIÓN	Municipio o Ciudad	MERIDA
Propietario		Estado	YUCATAN
Destino		Latitud	20.83 N
Ubicación	MERIDA	Longitud	89.63 W
	ti = 25°C	Altitud	0 msnm

**2. VALORES PARA EL CALCULO DE LA GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE.**

HUMEDAD RELATIVA = 65%    "R" EN TECHO = 2.58    "R" EN MUROS = 1.1						
TEMPERATURAS SOL-AIRE PROMEDIO EN °C			FGCS	CS	FSE	
Techo	44	Tragaluz	25	283.5 (W/m <sup>2</sup> )	0.87	1.00
Muros al N	30	Ventana al N	27	95.2 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al E	34	Ventana al E	28	151.5 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al S	32	Ventana al S	28	118.8 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00
Muros al W	32	Ventana al W	28	132.7 (W/m <sup>2</sup> )	1.00	1.00

**3. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

Proyecto		Real				Referencia		
Número de pisos		2				2		
Superficie total de construcción (m <sup>2</sup> )		96.00				96.00		
Superficie útil en (m <sup>2</sup> )		96.00				96.00		
Superficie de techo (m <sup>2</sup> )	Total	Opaca	Tragaluz	% Domo	Opaca	Tragaluz	% Domo	
	48	48.0	0.00	0.00%	48.0	0.00	0.00%	
Superficie de fachadas	Total	Opaca	Ventana	% de vent.	Opaca	Ventana	% de vent.	
	AI N	40.00	34.24	5.76	14.40	36	4.00	10.00
	AI E	5.00	4.25	0.75	15.00	4.50	0.50	10.00
	No insolada AI E	33.75	33.75	0.00	0.00	30.38	3.38	10.00
	AI S	40.00	34.84	5.16	12.90	36.00	4.00	10.00
	AI W	38.75	37.13	1.62	4.18	34.88	3.88	10.00

**4. ESPECIFICACIONES DE LA ENVOLVENTE**

Proyecto		Real			Referencia		
Componente		R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS	R m <sup>2</sup> °C/W	U W/m <sup>2</sup> °C	CS
Techo	Parte opaca	2.58	0.351		2.85	0.351	
	Tragaluces	0.17	5.882	1.000	0.17	5.952	0.870
Muros	AI N	1.10	0.909		1.10	0.909	
	AI E	1.10	0.909		1.10	0.909	
	AI S	1.10	0.909		1.10	0.909	
	AI W	1.10	0.909		1.10	0.909	
Ventanas	AI N		5.948	1.000		5.319	1.000
	AI E		5.948	1.000		5.319	1.000
	AI S		5.948	1.000		5.319	1.000
	AI W		5.948	1.000		5.319	1.000

**CALCULO COMPARATIVO DE GANANCIA DE CALOR A TRAVES DE LA ENVOLVENTE**

**GANANCIA POR CONDUCCIÓN (Qpc) (Incluye efecto solar en la parte opaca)**

No.	CONCEPTO	A	A	U	U	te =	te - ti	Qc	Qc
	Descripción	real	referencia	real	referencia	Teq.*		real	referencia
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> °C	W/m <sup>2</sup> °C	°C	°C	W	W
1	Techo	48	48.00	0.351	0.351	44	19	320	320
<b>SUBTOTAL</b>								<b>320</b>	<b>320</b>
2	Muros al N	34.24	36.00	0.909	0.909	30	5	160	164
3	Muros al E	4.25	4.50	0.909	0.909	34	9	35	37
4	Muros al S	34.84	36.00	0.909	0.909	32	7	222	229
5	Muros al W	37.13	34.88	0.909	0.909	32	7	236	222
<b>SUBTOTAL</b>								<b>652</b>	<b>651</b>
6	Tragaluz	0.00	0.00	5.882	5.952	25	0	0	0
7	Ventanas al N	5.76	4.00	5.948	5.948	27	2	58	48
8	Ventanas al E	0.75	0.50	5.948	5.948	28	3	13	9
9	Ventanas al S	5.16	4.00	5.948	5.948	28	3	92	71
10	Ventanas al W	1.62	3.88	5.948	5.948	28	3	29	69
<b>SUBTOTAL</b>								<b>192</b>	<b>197</b>
<b>TOTAL DE Qpc</b>								<b>1,165</b>	<b>1,169</b>

**GANANCIA POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VENTANAS Y TRAGALUCES (Qps)**

No.	CONCEPTO	A	CS	A	CS	FGCS*	Factor	Qs	Qs
	Descripción	real	real	referencia	referencia	W/m <sup>2</sup>	de sombra	real	referencia
		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>			ext.***	W	W
1	Tragaluz	0.00	1.000	0.00	0.87	283.5	1.00	0	0
<b>SUBTOTAL</b>								<b>0</b>	<b>0</b>
2	Ventana al N	4.86	1.000	4.00	1.00	95.2	1.00	443	381
3	Ventana al E	0.75	1.000	0.50	1.00	151.5	1.00	114	76
4	Ventana al S	5.16	1.000	4.00	1.00	118.8	1.00	613	475
5	Ventana al W	1.62	1.000	3.88	1.00	132.7	1.00	215	514
<b>SUBTOTAL</b>								<b>1,404</b>	<b>1,446</b>
<b>TOTAL DE Qps</b>								<b>1,404</b>	<b>1,446</b>
<b>SUMA Qps + Qpc = Qpe</b>								<b>2,569</b>	<b>2,614</b>
<b>% DE Qpe</b>								<b>98.26</b>	<b>100.00</b>

\* Teq. = Valores de temperatura sol-aire promedio en °C del cuadro 15

\*\* FGCS = Ganancia de calor solar promedio en W/m<sup>2</sup>, del cuadro 15

\*\*\* Factor de corrección por sombreado exterior = 1.00

## APLICACIONES Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 1. MEXICALÍ, BAJA CALIFORNIA

No.	CONCEPTO	REFERENCIA			ALTERNATIVA No. 1			ALTERNATIVA No. 2			ALTERNATIVA No. 3		
		superficie	R	CS	superficie	R	CS	superficie	R	CS	superficie	R	CS
1	Techo	48.00	2.97		48.00	0.40		48.00	1.68		48.00	2.40	
2	Muros al N	4.50	1.65		34.24	0.40		34.24	1.23		34.24	1.68	
3	Muros al E	34.88	1.65		38.00	0.40		38.00	1.23		38.00	1.68	
4	Muros al S	36.00	1.65		34.84	0.40		34.84	1.23		34.84	1.68	
5	Muros al W	34.88	1.65		37.13	0.40		37.13	1.23		37.13	1.68	
6	Tragaluz	0.00		0.870	0.00		1.000	0.00		1.000	0.00		1.000
7	Ventana al N	4.00		1.000	5.76		1.000	5.76		1.000	5.76		1.000
8	Ventana al E	3.88		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000
9	Ventana al S	4.00		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000
10	Ventana al W	3.88		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000
		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps	
		1,226	1,520		4,578	1,466		1,682	1,466		1,298	1,466	
<b>Qpe / %</b>		2,746	100.00		6,045	220.14		3,148	114.64		2,764	100.68	

- ALTERNATIVA No. 1 No se mejora el aislamiento del techo ni los muros
- ALTERNATIVA No. 2 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 1.68) y en los muros (R = 1.23)
- ALTERNATIVA No. 3 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 2.40) y en los muros (R = 1.68). En ninguno caso se modifican las dimensiones de las ventanas

### 2. DISTRITO FEDERAL

No.	CONCEPTO	REFERENCIA			ALTERNATIVA No. 1			ALTERNATIVA No. 2			ALTERNATIVA No. 3		
		superficie	R	CS	superficie	R	CS	superficie	R	CS	superficie	R	CS
1	Techo	48.00	1.46		48.00	1.46		48.00	1.65		48.00	1.65	
2	Muros al N	4.50	0.40		34.24	0.40		34.24	0.40		34.24	0.40	
3	Muros al E	34.88	0.40		38.00	0.40		38.00	0.40		38.00	0.40	
4	Muros al S	36.00	0.40		34.84	0.40		34.84	0.40		34.84	0.40	
5	Muros al W	34.88	0.40		37.13	0.40		37.13	0.40		37.13	0.40	
6	Tragaluz	0.00		0.870	0.00		1.000	0.00		1.000	0.00		1.000
7	Ventana al N	4.00		1.000	5.76		1.000	5.76		1.000	4.86		1.000
8	Ventana al E	3.88		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000
9	Ventana al S	4.00		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000
10	Ventana al W	3.88		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000
		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps	
		-1,281	1,452		-1,300	1,497		-1,326	1,497		-1,311	1,405	
<b>Qpe / %</b>		171	100.00		197	115.13		170	99.63		94	54.98	

- ALTERNATIVA No. 1 Se mejora el aislamiento del techo (R = 1.46) y no el de los muros
- ALTERNATIVA No. 2 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 1.65) y no en los muros
- ALTERNATIVA No. 3 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 1.65) y se reducen las ventanas al Norte

## APLICACIONES Y COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

### 3. MONTERREY, NUEVO LEÓN

No.	CONCEPTO	REFERENCIA			ALTERNATIVA No. 1			ALTERNATIVA No. 2			ALTERNATIVA No. 3		
		superfici e	R	CS	superfici e	R	CS	superfici e	R	CS	superfici e	R	CS
1	Techo	48.00	2.58		48.00	0.40		48.00	2.58		48.00	2.58	
2	Muros al N	4.50	1.10		34.24	0.40		34.24	0.40		34.24	1.10	
3	Muros al E	34.88	1.10		38.00	0.40		38.00	0.40		38.00	1.10	
4	Muros al S	36.00	1.10		34.84	0.40		34.84	0.40		34.84	1.10	
5	Muros al W	34.88	1.10		37.13	0.40		37.13	0.40		37.13	1.10	
6	Tragaluz	0.00		0.870	0.00		1.000	0.00		1.000	0.00		1.000
7	Ventana al N	4.00		1.000	5.76		1.000	5.76		1.000	4.86		1.000
8	Ventana al E	3.88		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000
9	Ventana al S	4.00		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000
10	Ventana al W	3.88		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000
		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps	
		921	1,740		3,480	1,473		1,757	1,473		917	1,391	
	Qpe / %	2,392	100.00		4,953	207.09		3,230	135.02		2,308	96.48	

- ALTERNATIVA No. 1 No se mejora el aislamiento del techo (R = 0.40) ni de los muros (R = 0.40)
- ALTERNATIVA No. 2 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 2.58) y no en los muros
- ALTERNATIVA No. 3 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 2.58) y en los muros (R = 1.10) y además se reducen las ventanas al Norte

### 4. MERIDA, YUCATAN

No.	CONCEPTO	REFERENCIA			ALTERNATIVA No. 1			ALTERNATIVA No. 2			ALTERNATIVA No. 3		
		superfici e	R	CS	superfici e	R	CS	superfici e	R	CS	superfici e	R	CS
1	Techo	48.00	2.85		48.00	0.40		48.00	2.85		48.00	2.85	
2	Muros al N	4.50	1.10		34.24	0.40		34.24	0.40		34.24	1.10	
3	Muros al E	34.88	1.10		38.00	0.40		38.00	0.40		38.00	1.10	
4	Muros al S	36.00	1.10		34.84	0.40		34.84	0.40		34.84	1.10	
5	Muros al W	34.88	1.10		37.13	0.40		37.13	0.40		37.13	1.10	
6	Tragaluz	0.00		0.870	0.00		1.000	0.00		1.000	0.00		1.000
7	Ventana al N	4.00		1.000	5.76		1.000	5.76		1.000	4.86		1.000
8	Ventana al E	3.88		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000	0.75		1.000
9	Ventana al S	4.00		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000	5.16		1.000
10	Ventana al W	3.88		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000	1.62		1.000
		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps		Qpc	Qps	
		1,169	1,446		4,266	1,490		2,306	1,490		1,165	1,404	
	Qpe / %	2,614	100.00		5,756	220.16		3,796	145.19		2,569	98.26	

- ALTERNATIVA No. 1 No se mejora el aislamiento del techo (R = 0.40) ni el de los muros (R=0.40)
- ALTERNATIVA No. 2 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 2.85) y no en los muros
- ALTERNATIVA No. 3 Se incrementa el aislamiento en el techo (R = 2.85) y el de los muros (R = 1.10) y además se reducen las ventanas al Norte

## **b) Comparación de alternativas**

Para mostrar el beneficio del procedimiento se presentaron los cuadros de Aplicaciones y Comparación de Alternativas, los resultados y escenarios en los que se modifican las características de los elementos de la envolvente hasta lograr ganancias de valor menores a las del proyecto de referencia, lo que permitirá evaluar su impacto económico en el usuario final.

## **c) Resultados y conclusiones**

Del análisis del cuadro de Aplicaciones y Comparación de Alternativas se puede concluir lo siguiente:

### En la ciudad de Mexicali, B.C.

La ganancia de calor promedio del proyecto de referencia a través de la envolvente es de 2,746 W<sup>1</sup>, compuesta de 1,226 W por conducción y 1,520 por radiación solar a través de las ventanas.

- Alternativa No. 1. El proyecto prototipo estudiado que utiliza sistemas constructivos tradicionales para el techo y los muros sin mejorar sus características de aislamiento térmico, gana 2.2 veces más calor que las recomendadas del proyecto de referencia  $Q_{pe} = 6,045 \text{ W}$ .

---

<sup>1</sup> W no indica la unidad de Potencia real (watts)

- Alternativa No. 2. Al incrementar la resistencia térmica del techo colocando un sistema de vigueta y bovedilla de poliestireno de 15 cm de espesor y  $11.0 \text{ kg/m}^3$  de densidad con un valor total de "R" = 1.68 y aislando los muros con una placa de poliestireno de 3.7 cm de espesor y  $11.0 \text{ kg/m}^3$  de densidad, la ganancia de calor promedio a través de la envolvente excede solamente un 14% a la del proyecto de referencia  $Q_{pe} = 3,148 \text{ W}$ .
- Alternativa No. 3. En esta alternativa se logra cumplir con las recomendaciones del proyecto de referencia incrementando la resistencia térmica del techo hasta un valor de "R" = 2.40 lo cual se logra aislando con 4.0 cm de placa de poliestireno de densidad de  $32.0 \text{ kg/m}^3$  y aislando los muros con una placa de poliestireno de la misma densidad y con un espesor de 2.54 cm  $Q_{pe} = 2,764 \text{ W}$ .

#### En la ciudad de México, D.F.

La ganancia de calor promedio del proyecto de referencia a través de la envolvente es de  $Q_{pe} = 171 \text{ W}$ , como resultado de  $-1,281 \text{ W}$  por conducción que se interpreta como pérdida de calor promedio ya que las temperaturas promedio del exterior en esta ciudad resultan menores a las definidas como confort en el interior, y por  $1,452 \text{ W}$  de ganancia de calor por radiación solar a través de las ventanas. Este último valor es del mismo orden de magnitud que el obtenido en Mexicali.

- Alternativa No. 1. El proyecto prototipo estudiado, aislando el techo con una placa de 2.2 cm de espesor y  $32 \text{ kg/cm}^3$  para alcanzar un valor total del sistema de techo "R" = 1.46 manteniendo los muros sin aislamiento, gana

15.13 % más que las recomendaciones del proyecto de referencia,  $Q_{pe} = 197$ .

- Alternativa No. 2. Si se incrementa la resistencia térmica del sistema de techo colocando un sistema de vigueta y bovedilla de poliestireno de 15 cm de espesor y  $11.0 \text{ kg/cm}^3$  de densidad con un valor total de “R” = 1.68 sin aislar los muros, la ganancia de calor promedio  $Q_{pe} = 170 \text{ W}$  prácticamente iguala las condiciones propuestas por el proyecto de referencia.
- Alternativa No. 3. Si se reduce la superficie de las ventanas del proyecto real al Norte, se logra una ganancia de calor promedio  $Q_{pe} = 94 \text{ W}$  que representa el 54.98% de la ganancia que se obtiene en el proyecto de referencia. En ciudades como la de México donde la temperatura de calor no alcanza temperaturas extremas, el impacto de la ganancia por conducción puede ser significativa a través del techo, por lo que el aislamiento puede reducir las ganancias o pérdidas de calor, pudiendo recurrir a modificar el tamaño de las ventanas según su orientación para lograr condiciones de confort sin necesidad de medios mecánicos.

#### En la ciudad de Monterrey, Nuevo León.

La ganancia de calor promedio del proyecto de referencia a través de la envolvente es de 2,392 W, compuesta de 921 W por conducción y 1,720 por radiación solar a través de las ventanas.

Comparando las cifras con las equivalentes al caso de la ciudad de Mexicali, la ganancia por conducción es menor, con menos requerimientos de

aislamiento en el techo y en los muros. Sin embargo la ganancia de calor por radiación solar resulta mayor. Lo anterior se explica por las diferentes condiciones de temperatura entre las dos ciudades y su ubicación geográfica.

- Alternativa No. 1. El proyecto prototipo estudiado que utiliza sistemas constructivos tradicionales para el techo y los muros sin mejorar sus características de aislamiento térmico, gana 2.07 veces más calor ( $Q_{pe} = 4,953 \text{ W}$ ) que las recomendaciones del proyecto de referencia.
- Alternativa No. 2. Al incrementar la resistencia térmica del sistema de techo utilizando el valor recomendado en el proyecto de referencia " $R$ " = 2.58 el cual se logra agregando un sistema tradicional de losa de concreto una placa de poliestireno de 4.5 cm de espesor y densidad de  $32 \text{ kg/cm}^3$  pero dejando sin aislar los muros, la ganancia de calor promedio a través de la envolvente ( $Q_{pe} = 3,230 \text{ W}$ ) excede en 35% a la del proyecto de referencia. Se puede observar en el ejemplo que la ganancia de calor por conducción es elevada en relación al proyecto de referencia por lo que se puede mejorar el proyecto incrementando la resistencia térmica de los muros.
- Alternativa No. 3. En esta alternativa se logra mejorar las condiciones del proyecto de referencia aislando el techo (" $R$ " = 2.58) y los muros (" $R$ " = 1.10) y reduciendo las dimensiones de las ventanas al Este ( $Q_{pe} = 2,308 \text{ W}$ ).

### En la ciudad de Mérida Yucatán.

La ganancia de calor promedio del proyecto de referencia a través de la envolvente es de 2,614 W, compuesta de 1,169 W por conducción y 1,446 W por radiación solar a través de las ventanas.

Las condiciones para esta ciudad son semejantes a las de la ciudad de Monterrey siendo el requerimiento de aislamiento para el sistema de techo un poco mayor.

### Conclusiones

El procedimiento de evaluación del comportamiento de la envolvente propuesto, permite analizar varias alternativas de solución de las fachadas y el techo del proyecto y las especificaciones de los elementos que las componen tanto en la parte opaca como en la parte transparente.

El análisis de alternativas permite mejorar el proyecto de la vivienda incorporando a los criterios de funcionalidad y belleza el de bienestar y economía para los usuarios.

El estudio de la envolvente de la edificación no restringe la creatividad del proyectista sino que le aporta nuevos argumentos para lograr una edificación que permita un uso eficiente de los recursos energéticos disponibles en beneficio de sus ocupantes.

### **3.6.3. Diseño bioclimático**

La relación de interdependencia entre el hombre y su medio está constituida por un número diverso de sustancias y energías vitales que deben mantenerse en equilibrio para subsistir.

La base energética en que se sustenta la civilización es finita ya que los procesos energéticos que la ciencia ha podido controlar son a base de energéticos fósiles o no renovables y no se dispone en forma generalizada de otras fuentes de energía vital.

Las tendencias de la arquitectura y el desarrollo urbano en el presente siglo se han dirigido a la producción de esos espacios artificiales y estables que se basan en desarrollos industriales y tecnológicos, sustentados en el aprovechamiento de los energéticos convencionales como lo son los combustibles fósiles o en consumos excesivos y permanentes de energía artificial, que demandan los ambientes cada vez más desligados del hombre con su medio ambiente.

En el proceso del quehacer arquitectónico, en los últimos años, con el advenimiento de nuevas tecnologías (en materiales y sistemas de construcción) y la utilización generalizada de los sistemas de aire acondicionado, el hombre se ha preocupado más por establecer símbolos, dar significado a sus obras y satisfacer sus necesidades estéticas, que por adecuarse al medio. Esto le ha provocado perder en gran medida la capacidad para construir espacios arquitectónicos que cumplan con los requerimientos de

bienestar térmico de forma natural, con un derroche de recursos energéticos y la consecuente degradación del medio ambiente.

Puede decirse que el diseño bioclimático es la técnica que permite diseñar espacios arquitectónicos en los cuales se considere al clima, al efecto del paso del viento, a las ganancias solares y la forma en que reacciona el cuerpo humano y logra el equilibrio ante las variaciones de temperatura y humedad que la naturaleza le impone, para integrar al hombre y su morada a los cambios climáticos.

El equilibrio termo-hidrométrico es el balance dinámico de temperatura y humedad que logra el cuerpo en un ambiente dado, tal ambiente le provoca pérdidas o ganancias de calor, mediante los procesos de convección, conducción, evaporación y radiación.

El bienestar térmico se puede definir como el equilibrio térmico que logra el cuerpo humano en un ambiente dado y que le permite desarrollar sin dificultad ni molestia cualquier actividad física o mental.

Los efectos combinados de producción de calor del cuerpo humano (metabolismo basal), los mecanismos fisiológicos involuntarios que regulan el grado de disipación de calor, la elección del vestido y el refugio que le brinda un espacio arquitectónico, permiten al ser humano adecuar un ambiente que le es hostil a sus condiciones de bienestar.

El bienestar termo-higrométrico se establece con los intercambios energéticos que se llevan a efecto en el cuerpo humano, los cuales dependen de la

actividad, la edad, el peso, el sexo, la raza, la aclimatación, la dieta, etc., y de las pérdidas o ganancias de calor que le provoca el medio.

Dicho equilibrio se logra en presencia de elementos y factores diversos, como la temperatura del aire, la temperatura de las superficies cercanas (temperatura media radiante), la producción de calor del hombre, el efecto aislante de la ropa, etc., que al combinarse deben propiciar condiciones de bienestar.

Con el manejo correcto de transferencia térmica, se debe planear la envolvente de una edificación o espacio arquitectónico como una segunda piel que propicie y conserve los niveles adecuados de temperatura y humedad del espacio, propios de la actividad humana a la vez que permita renovar el aire necesario para lograr un ambiente sano.

Se identifican como factores básicos de bienestar del hombre un adecuado diseño del espacio tomando en cuenta las condiciones climatológicas de temperatura, radiación solar, velocidad del viento y humedad relativa del ambiente así como los materiales de construcción que conforman la envolvente, con una conciencia de respeto tanto al hombre como al medio natural.

El conocimiento preciso de las variaciones de temperatura y humedad del aire, la dirección e intensidad del viento y las horas de sol disponibles permiten definir las características de la edificación y de los materiales de construcción que se utilicen para formar los sistemas de techos, muros, pisos y ventanas, a manera de lograr un mejor control de las ganancias o pérdidas de calor del ambiente interior, y mantener los espacios dentro del rango de temperaturas y

humedades de equilibrio y bienestar, que permitan al hombre vivir con los ritmos de la naturaleza.

Así existen diferentes temperaturas y humedades de equilibrio para diferentes tipos de clima que se muestran en el cuadro 16.

TIPO DE CLIMA	TEMPERATURA °C	MEDIA	HUMEDAD (%)
Frío extremo	De 11 a 16	13.5	De 15 a 40
Frío	De 14 a 19	16.5	De 15 a 50
Templado frío	De 17 a 22	19.5	De 20 a 60
Templado	De 20 a 25	22.5	De 30 a 70
Semicálido	De 23 a 28	25.5	DE 20 a 60
Cálido	De 26 a 31	28.5	De 15 a 50
Cálido extremo	De 29 a 34	31.5	De 15 a 40

CUADRO 14. *Temperaturas y humedades relativas de equilibrio para diferentes tipos de clima*

La falta de regulación en relación con la calidad termo-aislante de los materiales y sistemas utilizados en la construcción, relacionándola con las características de los diversos climas que se presentan en el territorio nacional, ha inducido y permitido que las edificaciones en general y en particular aquellas que se destinan a la habitación, utilicen elementos y componentes con características poco favorables para impedir la ganancia o pérdida de calor en los espacios vitales, orientándose fundamentalmente su especificación y uso a cumplir con su resistencia a las cargas gravitacionales o las provocadas por fenómenos naturales (sismos y viento) y con criterios de costos mínimos para lograr la construcción de un mayor número de unidades de vivienda.

Las condiciones que existen en climas extremos, cálidos, secos o húmedos y aún aquellos lugares con climas templados, generan condiciones fuera de los límites de adaptación del cuerpo humano durante cierta época del año.

Los que tienen recursos económicos suficientes y cuentan con el apoyo de profesionales especializados, pueden integrar a sus edificaciones elementos que utilizan los recursos naturales para una solución que vaya de acuerdo con el clima, utilizando materiales y elementos termoaislantes para alcanzar las condiciones de bienestar, además de recurrir a energías artificiales y equipos mecánicos como complemento para acondicionar los espacios.

Cuando las personas no cuentan con suficientes recursos económicos tienen que aceptar soluciones constructivas aparentemente más baratas pero que conducen a grandes temporadas de falta de condiciones de bienestar durante el año o gastos excesivos en consumo irracionales de energía eléctrica para lograr el bienestar en forma artificial.

#### **3.6.4. Balance térmico en edificaciones**

El balance térmico en una edificación implica la suma de todos los flujos de calor entre el exterior y el interior de esta, es igual a cero, en determinada fecha del año y a cierta hora, representándose con la siguiente expresión:

$$Q_s \pm Q_c + Q_i \pm Q_v \pm Q_m - Q_e = 0$$

donde:

- ⇒  $Q_s$  = ganancias por radiación solar en superficies opacas o transparentes.
  
- ⇒  $Q_c$  = ganancias o pérdidas de calor por conducción a través de los elementos envolventes, debido a las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior.
  
- ⇒  $Q_v$  = ganancias o pérdidas de calor por ventilación o infiltración.
  
- ⇒  $Q_e$  = pérdidas de calor por enfriamiento evaporativo a través de rociadores de superficies, fuentes o elementos evaporativos interiores.
  
- ⇒  $Q_i$  = ganancias de calor internas debidas al metabolismo de las personas, aparatos domésticos y sistemas de iluminación artificial.
  
- ⇒  $Q_m$  = calentamiento o enfriamiento mecánico (sistemas de calefacción o acondicionamiento de aire).

Tanto la ganancia de calor por radiación solar que solo puede ser positiva, como la ganancia o pérdida de calor por convección y conducción debido a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior dependen de factores climáticos de cada región y su variación durante el año que no pueden ser alterados por el hombre. Sin embargo, lo que sí puede alterar es el diseño de la edificación y las características de los materiales y sistemas constructivos de

la envolvente para obtener los resultados de confort que se desea con el uso más eficiente de la energía.

Cuando la suma sea mayor que cero, la temperatura interior se incrementará, pero cuando sea menor que cero o con signo negativo, la temperatura interior decrecerá.

Con el conocimiento de los materiales y sistemas constructivos a utilizar en los componentes de la envolvente es factible aplicar un modelo matemático para calcular el balance térmico de la edificación y visualizar las aportes o emisiones de energía calorífica, y en consecuencia, es posible proponer materiales alternativos que controlen el flujo de calor de la manera más conveniente.

Aplicando el concepto de balance térmico es posible evaluar la eficiencia de un diseño en lo referente a sus sistemas constructivos y lograr el mejor aprovechamiento de la energía.

### 3.7. MOTORES ELÉCTRICOS EFICIENTES

Un motor eléctrico eficiente es aquel que transforma prácticamente toda energía eléctrica que consume en la mayor cantidad mecánica útil en el eje del motor. Así la eficiencia de un motor se calcula como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Caballos de fuerza en el eje}}{\text{kilowatts de entrada}}$$

Una vez que podemos medir la eficiencia de consumo de un motor, podemos calcular también el ahorro de energía eléctrica, veamos un ejemplo:

Comparemos dos motores de 10 H.p. cada uno, con eficiencia de 85.5% y 91% de energía eléctrica, convertida en fuerza en el eje respectivamente. Supongamos que ambos motores trabajan 15 horas diarias, 5 días a la semana, 50 semanas al año.

La potencia ahorrada se puede calcular con la ecuación:

$$Pa \text{ (kW)} = 0.746 \text{ (H.p.)} \left( \frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_2} \right)$$

donde:

- ⇒ Pa = Potencia ahorrada en kilowatts
- ⇒ 0.746 = Factor de conversión de caballos de fuerza a kilowatts
- ⇒ E<sub>1</sub> = Eficiencia del motor estándar
- ⇒ E<sub>2</sub> = Eficiencia del motor de alto rendimiento
- ⇒ H.p. = Caballos de fuerza del motor

En nuestro ejemplo:

$$P_a \text{ (kW)} = 0.746 (10) \left( \frac{1}{0.855} - \frac{1}{0.910} \right)$$

$$P_a = 0.5273 \text{ kW}$$

En las 3,750 horas anuales de nuestro ejemplo, esto equivale a:

$$3,750 \text{ horas} \times 0.5273 \text{ kW} = 1,977 \text{ kWh anuales}$$

Multiplique esta cantidad de energía consumida en kWh por el costo del kWh de su tarifa respectiva, y el resultado es el ahorro económico de utilizar motores de alto rendimiento

Se podrá comprobar que el pequeño costo adicional de estos motores se paga solo en menos de un año, con los ahorros en consumo que se obtienen.

Otro punto que debemos considerar es que los motores trifásicos ofrecen grandes ventajas de ahorro de energía en relación con aquellos de una sola fase. Existen varias razones para ello:

- Los motores trifásicos no requieren de circuitos especiales de arranque mientras que los monofásicos sí.
- Los motores trifásicos están especialmente diseñados para operar con cargas bajas de potencia.

- Tratándose de motores de similar potencia, los monofásicos son mucho más costosos que los trifásicos.
- La eficiencia de los motores trifásicos, esto es, la relación entre caballos de fuerza en el eje y los kW de entrada, es superior a los motores monofásicos.

### 3.8. TARIFAS

Una de las medidas básicas para el ahorro de energía eléctrica es la administración de la misma. Para determinar la forma en que la energía eléctrica repercute en la economía de un usuario y posteriormente tomar las acciones pertinentes, es necesario conocer cual es su costo, para lograr esto, el usuario debe conocer las “Tarifas para el Suministro y Venta de Energía”, siendo la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, a propuesta del suministrador, con la participación de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, la que fijará las tarifas para venta de energía eléctrica, su ajuste, modificación o reestructuración, con las modalidades que dicten el interés público y los requerimientos del servicio público.

La fijación de las tarifas tenderá a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, propiciando a la vez el consumo racional de energía, para lo cual:

- Reflejarán el costo económico de los rubros de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica suministrada, incluyendo en tal concepto tanto la que genera el propio suministrador como la que obtenga éste de los productores externos, y considerará los requerimientos de ampliación de infraestructura eléctrica.
- Se ajustarán de acuerdo con la evolución de los costos económicos a través del tiempo, tomando en cuenta, separadamente, los rubros de generación, transmisión y distribución, así como las diferencias o variaciones relevantes por factores regionales o estacionales, los cambios en productividad o

eficiencia y los derivados de condiciones de operación del sistema durante los periodos de demanda base, intermedia o pico.

### **3.8.1. Conceptos generales**

A continuación definiremos los conceptos que normalmente aparecen en el manejo de tarifas y los cálculos de las facturaciones:

a) Carga conectada. Es la suma de las capacidades de los aparatos y equipos que consumen energía eléctrica en un servicio. También se le conoce como carga instalada y se expresa en kilowatts (kW).

b) Demanda. Es la carga promedio funcionando en una instalación eléctrica o sistema, durante un tiempo especificado. Se expresa en kilowatts (kW).

c) Demanda contratada. Es la que el suministrador y el usuario del servicio convienen en el contrato de suministro. Generalmente se le considera como un porcentaje, no inferior al 60% de la carga instalada, ni menor del 90% de la capacidad de la subestación (en su caso), ni menor que la capacidad del aparato o equipo más grande que conforma la carga instalada.

d) Demanda máxima. Es la mayor demanda medida en un ciclo de facturación (generalmente un mes), durante un intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo sea mayor que en cualquier otro intervalo similar en el ciclo.

e) Demanda media. Es el consumo de energía en kilowatts-hora (kWh) medido en período, dividido entre el número de horas de ese período.

f) Factor de carga. Es el cociente de la demanda media entre la demanda máxima.

g) Factor de Potencia. Es un valor calculado a partir de la medición de energía, el cual indica la relación entre la capacidad real utilizada por el usuario y la capacidad instalada requerida por el suministrador para proporcionarla.

### 3.8.2. Tarifas actuales

TARIFA	DESCRIPCIÓN	TIPO	OBSERVACIONES
<b>1</b>	SERV. DOMÉSTICO	ESPECÍFICA	
<b>1-A</b>	SERV. DOMÉSTICO	ESPECÍFICA	VERANO 25 °C
<b>1-B</b>	SERV. DOMÉSTICO	ESPECÍFICA	VERANO 28 °C
<b>1-C</b>	SERV. DOMÉSTICO	ESPECÍFICA	VERANO 30 °C
<b>2</b>	GENERAL B.T. MAS DE 25 kW	GENERAL	
<b>3</b>	GENERAL B.T. MAS DE 25 kW	GENERAL	En estas se incluyen ya pequeñas fábricas y comercios que requieren el servicio trifásico, con el cual la demanda es ya más significativa. Estos usuarios son penalizados por tener bajo factor de potencia (menor a 0.9), y tienen bonificación por factor de potencia superior a 0.9.
<b>5</b>	ALUMBRADO PÚBLICO	ESPECÍFICA	D.F., Monterrey y Guadalajara.
<b>5-A</b>	ALUMBRADO PÚBLICO	ESPECÍFICA	Resto del país.
<b>6</b>	BOMBEO AGUAS NEGRAS O POTABLES	ESPECÍFICA	Solo servicio público. En esta tarifa sí se paga por bajo factor de potencia.
<b>7</b>	SERV. TEMPORAL	GENERAL	Menos de 1 mes.
<b>9</b>	BOMBEO PARA RIEGO AGRÍCOLA	ESPECÍFICA	En esta tarifa se están aplicando incrementos especiales para llevar a un nivel de cobro con relación al costo más real. Sin embargo, aún no se incluye el cargo por bajo factor de potencia.
<b>O-M</b>	MEDIA TENSIÓN	GENERAL	Esto incluye el servicio para usuarios que reciben el suministro en voltajes de 1,000 a 34,500 volts y en los cuales su demanda máxima sea menor a 1,000 kW. Están sujetos al cargo por bajo factor de potencia, y su bonificación por valores superiores a 0.9. Sin embargo no tienen tarifa horaria.
<b>H-M</b>	HORARIA EN MEDIA TENSIÓN	GENERAL	Esta tarifa es para usuarios que reciben el suministro de 1,000 a 34,500 volts pero cuya demanda sea superior a los 1,000 kW y además de pagar el cargo por bajo factor de potencia y tener su bonificación serán susceptibles a una tarifa horaria de acuerdo a los periodos de consumo de energía.
<b>H-S</b>	HORARIA EN ALTA TENSIÓN	GENERAL	Son los usuarios que se encuentran en el nivel de voltaje de alimentación superior a los 34,500 volts pero menor a los 220,000 volts y pagan bajo factor de potencia y bonificación por factor de potencia superior a 0.9 y están sujetos también a la tarifa horaria.
<b>H-T</b>	HORARIA EN ALTA TENSIÓN	GENERAL	Son los usuarios que reciben el suministro de 220,000 volts en adelante y tal como en la tarifa H-S y H-M están sujetas a tarifas horarias, cargo por bajo factor de potencia y bonificación por factor de potencia superior a 0.9.
<b>H-SL</b>	HORARIA EN ALTA TENSIÓN	GENERAL	Nivel subtransmisión, larga utilización de la demanda.
<b>H-TL</b>	HORARIA EN ALTA TENSIÓN	GENERAL	Nivel de transmisión, larga utilización de la demanda.
<b>I-15</b>	HORARIA INTERRUMPIBLE AVISO 15 MINUTOS	GENERAL	En alta tensión para demanda mayor de 10,000 kW con 7,500 kW mínimo para interrumpir. En esta tarifa los usuarios aceptan cierto número de interrupciones dentro del año con una duración predeterminada por parte de CFE con un aviso previo de 15 minutos de anticipación, y de esta forma disminuyen sus cargas.
<b>I-30</b>	HORARIA INTERRUMPIBLE AVISO 30 MINUTOS	GENERAL	En alta tensión para demanda mayor a 20,000 kW con 7,000 kW mínimo para interrumpir. En esta tarifa los usuarios aceptan cierto número de interrupciones dentro del año con una duración predeterminada por parte de CFE con un aviso previo de 15 minutos de anticipación, y de esta forma disminuyen sus cargas.
<b>HS-R</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA FALLA Y MANTENIMIENTO EN A.T.	ESPECÍFICA	Productor externo entre 35 y 230 kV.
<b>HS-RF</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA FALLA EN A.T.	ESPECÍFICA	Producción externo entre 35 y 230 kV.
<b>HS-RM</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA MANTENIMIENTO EN A.T.	ESPECÍFICA	Productor externo entre 35 y 230 kV.
<b>HT-R</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA FALLA Y MANTENIMIENTO EN A.T.	ESPECÍFICA	Productor externo para 230 kV y mayores.
<b>HT-RM</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA MANTENIMIENTO EN A.T.	ESPECÍFICA	Productor externo para 230 kV y mayores.
<b>HT-RF</b>	HORARIA DE RESPALDO PARA FALLA EN A.T.	ESPECÍFICA	Productor externo para 230 kV y mayores.

En las tarifas de uso general (excepto la tarifa 2), el cobro depende de cuatro factores:

- a) El consumo de energía útil. Es aquella que se entrega al usuario en un determinado período, esta expresada en kWh. (kilowatt-hora).
  
- b) La demanda máxima medida. Esta se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.
  
- c) El factor de potencia. Se obtiene mediante la relación entre la energía útil suministrada y la energía total requerida. Solo conlleva costo cuando es menor a 90%. El factor de potencia está dado por la naturaleza de la carga del usuario y afecta a la adecuada utilización de la capacidad del sistema eléctrico.
  
- d) Medición en baja tensión. En los servicios que se proporcionen en media tensión, cuando la medición de la energía eléctrica se realice en el lado secundario motivado por la demanda contratada menor a 200 kW, las facturaciones aumentarán en un 2% sobre el total de la suma del costo por consumo más el costo por demanda. Este cargo se establece previendo las pérdidas inherentes en el transformador.

### 3.8.3. Reducción del costo por consumo de energía eléctrica

El conocimiento del sistema tarifario le dará al usuario una herramienta para disminuir el monto que por concepto de consumo de energía eléctrica deberá pagar, debiendo seleccionar para esto la tarifa adecuada a su demanda.

Como ejemplo real de esta reducción, se muestra en el cuadro 17 la facturación de Liverpool México, S.A. de C.V. de Venustiano Carranza No. 92 y en el cuadro 18 la correspondiente a Bancomer, S.N.C. de Bolívar No. 38, donde se considera un período anual del 26 de Julio de 1994 al 25 de Julio de 1995. Con la finalidad de ilustrar esto, se considera el período de ambos servicios (26 Julio 1994), mostrando en el cuadro 19 las importes correspondientes a la tarifa 3.

PERIODO	DEMANDA	CONSUMO	TARIFA 3	TARIFA O-M	DIFERENCIA
O	A	(kWh)	(S)	M	A
	(kW)			(S)	T3 - O-M (S)
940726	720	276,000	103,058.00	55,682.88	47,375.12
940824	768	247,200	112,596.00	52,800.29	59,795.71
940926	768	273,600	104,469.00	56,488.90	47,980.10
941025	768	254,400	118,851.00	53,806.27	65,044.73
941124	768	252,000	106,591.00	53,440.94	53,120.06
941227	768	280,800	107,351.00	57,494.88	49,856.12
950124	768	216,000	118,476.00	48,441.02	70,034.98
950223	720	254,400	92,961.00	52,664.93	40,296.07
950324	720	235,200	115,095.00	49,982.30	65,112.70
950425	768	268,800	108,006.00	55,818.24	52,187.76
950525	864	256,800	156,380.00	56,427.29	99,955.71
950623	816	252,000	156,380.00	54,612.29	101,767.71
950725	768	266,400	154,134.00	55,482.91	98,651.09
<b>RECUPERACIÓN TOTAL (S)</b>					<b>851,177.75</b>

CUADRO 15. *Liverpool México, S.A. de C.V.*

PERIODO	DEMANDA	CONSUMO	TARIFA 3	TARIFA O-M	DIFERENCIA
O	A (kW)	(kWh)	(\$)	M (\$)	A T3 - O-M (\$)
940726	1,580	752,000	267,693.00	142,638.68	125,054.52
940824	1,580	652,000	284,629.00	128,666.68	155,962.32
940926	1,580	750,000	252,695.00	142,359.24	110,335.76
941025	1,606	660,000	293,946.00	130,402.67	163,543.33
941124	1,760	1,284,000	255,796.00	221,249.76	34,546.24
941227	1,780	686,000	266,380.00	138,172.76	128,213.24
950124	1,580	554,000	282,882.00	114,974.12	167,907.88
950223	1,580	662,000	217,476.00	130,063.88	87,412.12
950324	1,580	614,000	280,677.00	123,357.32	157,319.68
950425	1,780	686,000	264,840.00	138,172.76	126,667.24
950525	1,780	672,000	378,892.00	136,216.68	242,675.32
950623	1,780	622,000	384,301.00	129,238.68	255,070.32
950725	1,760	644,000	363,391.00	131,829.96	231,562.04
<b>RECUPERACIÓN TOTAL (\$)</b>					<b>1,986,269.51</b>

CUADRO 16. *Bancomer, S.N.C.*

USUARIO	kW	kWh.	IMPORTE (\$)
Liverpool	720	276,000	103,058.00
Bancomer	1,580	752,000	267,693.00

CUADRO 17. *Importe en tarifa 3 primer período (26 Julio 1994)*

Si dichos servicios se contratan en tarifa O-M, considerando la misma demanda y consumo, se obtienen los costos mostrados en el cuadro 20.

USUARIO	kW	kWh	IMPORTE (\$)
Liverpool	720	276,000	55,682.88
Bancomer	1,580	752,000	142,638.68

CUADRO 18. *Importe en tarifa O-M período (26 julio 1991)*

Como se observa en este ejemplo, la tarifa O-M proporciona un ahorro del 46 y 46.7 % para Liverpool y Bancomer respectivamente. Aunque la inversión inicial requerida para contratar en esta tarifa fue importante en menos de dos años se amortizó.

#### **3.8.4. Factor de potencia**

Para compensar los perjuicios ocasionados a las empresas suministradoras de energía eléctrica por el bajo factor de potencia que adquieren las redes de distribución, en el ajuste y reestructuración para suministro y venta de energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 10 de noviembre de 1991, se establece:

El usuario procurará mantener un factor de potencia (F.P.) tan aproximado al 100% (cien por ciento) como le sea posible; pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier período de facturación tenga un promedio menor de 90% (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar el monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor superior al 90% (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de beneficiar al usuario con la cantidad que resulte de aplicar a la facturación el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala.

### Fórmula de Recargo

Porcentaje de Recargo =  $\frac{3}{5} \times [ (90/F.P.) - 1 ] \times 100$ ; F.P. < 90%

### Fórmula de Bonificación

Porcentaje de Bonif. =  $\frac{1}{4} \times [ 1 - (90/F.P.) ] \times 100$ ; F.P. > ó = 90%

### **3.8.5. Factor de carga del servicio**

Se define como la relación existente entre la demanda media y la demanda máxima en un intervalo de tiempo dado y se puede calcular en base a los valores registrados en la facturación de energía eléctrica de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$F_c = D_m / D_M$$

$$D_m = kWh / h$$

$$\% F_c = (kWh / h \times D_M) \times 100$$

donde:

⇒  $F_c$  = Factor de carga

⇒  $D_m$  = Demanda media

⇒  $D_M$  = Demanda máxima en el período

⇒ kWh = Energía consumida en el período

⇒ h = Número de horas del período

El factor de carga relaciona la energía que se utiliza durante un período de facturación con respecto a la energía que el suministrador debe proporcionar a razón de la demanda máxima media durante ese mismo período.

Para apreciar en forma práctica lo que representa el Factor de Carga, se presenta el siguiente ejemplo:

Se tienen dos usuarios de las mismas características, cuyo contrato está realizado en tarifa O-M, tienen un factor de potencia de 90%.

- \* El usuario No. 1 demanda 720 Kw. y consume en el período 95/08/03 al 95/09/01, 276,000 Kwh.
- \* El usuario No. 2, en el mismo período demanda 500 kW y consume 276,000 kWh.

Para este periodo el cargo por demanda es de \$23.7780 y el cargo por consumo es de \$0.13972, ambos usuarios se encuentran ubicados en la región centro, por lo que se tiene lo siguiente:

<b>USUARIO No. 1</b>		
<b>Cargo por demanda</b>	23.7780 x 720	\$ 17,120.16
<b>Cargo por consumo</b>	0.1397 x 276,000	\$ 38,557.20
<b>Importe facturado</b>		<b>\$ 55,667.36</b>

$$\text{Factor de carga} = \frac{276,000 \text{ kWh} \times 100}{464 \text{ horas} \times 720 \text{ kW}} = 55.07 \%$$

$$\text{Costo medio del kWh} = \frac{\$ 55,682.00}{276,000} = \$0.20$$

USUARIO No. 1		
<b>Cargo por demanda</b>	23.7780 x 550	\$ 11,889.00
<b>Cargo por consumo</b>	0.1397 x 276,000	\$ 38,557.20
<b>Importe facturado</b>		<b>\$ 50,446.20</b>

$$\text{Factor de carga} = \frac{276,000 \text{ kWh} \times 100}{464 \text{ horas} \times 500 \text{ kW}} = 79.30 \%$$

$$\text{Costo medio del kWh} = \frac{\$ 50,451.72}{276,000} = \$0.18$$

Como se observa a mayor Factor de Carga, el costo por kWh es menor.

### **3.9. ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA**

Como ya se explicó en el apartado anterior, las tarifas eléctricas aplicables al tipo de servicio general, no solo contemplan el cobro de la energía consumida por un usuario en un intervalo de tiempo, si no que también la forma en que esta siendo requerida durante el período de consumo. Esto viene definido por el Factor de Carga del servicio, de manera que mientras más cercano esté a la unidad, el costo medio del kWh será menor. El Factor de Carga se puede manejar por medio de :

#### **Disminución de la demanda**

La mayoría de las medidas de conservación de energía aplicadas a dispositivos eléctricos disminuyen el consumo global y pueden disminuir la demanda máxima si se encuentran operando durante el intervalo crítico. Algunas son: el uso de motores más eficientes, conversiones a equipos de gas y sistemas de alumbrado mas eficaces. Sin embargo estas medidas pueden tener poca relevancia en la disminución de la demanda máxima.

Por consiguiente, resulta necesario modificar la forma en que el usuario utiliza la energía, para ello se requiere redistribuir la operación de los equipos de tal manera que el uso de la electricidad no esté concentrada durante el intervalo de demanda máxima. Esta no es una técnica de ahorro de energía, ya que no tiene la finalidad de reducir el consumo de la misma, pero si tendrá un fuerte impacto en el valor de la demanda máxima y por consiguiente la reducción en el pago por este concepto.

Administrar la demanda de energía eléctrica en un sistema es organizar la operación de las cargas con el fin de evitar grandes picos en la misma. Todo esto se debe hacer sin afectar las actividades que se realizan dentro del inmueble.

Para poder administrar la demanda se requiere conocer:

- Auditoria histórica
  - Perfil de la demanda
  - Censo de carga
  - Equipos automáticos de control de demanda máxima
- Auditoria histórica. La auditoria histórica nos servirá para conocer, el Factor de Carga con que generalmente trabaja el usuario, una primera apreciación de la cantidad de kW de demanda factible de reducir y una estimación aproximada del beneficio obtenido.

El cálculo para detallar la mejora económica al aumentar el Factor de Carga se realiza de la siguiente manera:

$$(\$ \text{ kWh})_m = \frac{(\$ / \text{ kW}) + (\$ / \text{ kWh}) (\text{ FC}) (\text{ h})}{(\text{ FC}) (\text{ h})}$$

donde:

$\Rightarrow (\$ \text{ kWh})_m = \text{Costo medio del kilowatt-hora}$

$\Rightarrow (\$ / \text{ kW}) = \text{Costo por kilowatt de demanda máxima}$

$\Rightarrow (\$ / \text{ kWh}) = \text{Costo kilowatt-hora}$

$\Rightarrow \text{FC} = \text{Factor de Carga}$

$\Rightarrow h = \text{Horas facturadas}$

- Perfil de la demanda. La herramienta más importante para determinar la viabilidad de administrar la demanda, es obtener el perfil de la misma durante las 24 horas de cuando menos un día que se considere representativo. Obviamente, un perfil de demanda semanal o mensual ofrecerá mejores perspectivas de análisis.

Debe observarse que cualquier intento realizado sin considerar el perfil de demanda resultará infructuoso, ya que solo de esta manera se puede estar en condiciones de hacer un diagnóstico más real.

- Censo de carga. Con el censo de carga es posible:
  - \* Conocer el uso de energía por área o departamento y poder ponderar un estimado posible de comparar con el real.
  - \* Discernir cuales cargas son propensas y por cuanto tiempo a la administración de la demanda.
- Equipos automáticos de control de demanda máxima. Existen en el mercado nacional empresas que distribuyen equipos para controlar en forma automática

la demanda máxima de un servicio, proporcionando asimismo apoyo técnico y de mantenimiento de los mismos.

Estos equipos son sistemas con microprocesadores, los cuales toman el control de las cargas susceptibles de controlar, tales como:

- \* Alumbrado
- \* Aire acondicionado
- \* Compresores
- \* Ventiladores y extractores
- \* Cargadores de baterías
- \* Cargas de talleres, etc.

Cuyos módulos programados previamente conectan o desconectan equipos de acuerdo a una demanda fijada con anticipación, disminuyendo de esta forma los grandes picos, a efecto de mejorar el Factor de Carga y evitar costos elevados en la facturación por este concepto.

Antes de poner en práctica esta o cualquier otra medida de ahorro, se requiere establecer previamente el costo de la implantación correspondiente, a fin de determinar el tiempo de recuperación de la inversión.

### 3.10. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Factor de potencia es el término usado para describir la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida. Así pues, el triángulo de potencias muestra gráficamente la relación entre la potencia real (kW), la potencia reactiva (kVAR) y la potencia total (kVA).

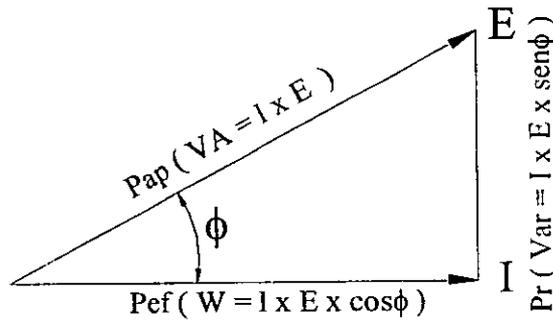


FIGURA 30. *Triángulo de potencias*

donde:

$\Rightarrow kW =$  Potencia real

$\Rightarrow kVAR =$  Potencia reactiva (no produce trabajo, pero si hay que pagar por ella.

$\Rightarrow kVA =$  Potencia total requerida para alimentar la carga

$\Rightarrow F.P. = \cos \Phi = kW / kVA$

Las cargas puramente resistivas, tales como calefactores, lámparas incandescentes, etc., no requieren potencia reactiva para su funcionamiento, entonces la potencia real y la potencia total son iguales ( $F.P. = 1$ ).

Sin embargo el equipo eléctrico que requiere para su funcionamiento de la corriente de magnetización para la creación del campo, tal como motores, transformadores, balastos, etc., consume además, potencia reactiva (kVAR). Para evitar problemas en la instalación deberá generarse dicha potencia con capacitores.

Con las nuevas reglamentaciones a partir del 10 de noviembre de 1991, los capacitores proporcionan, además de la eliminación del cargo por bajo factor de potencia, un beneficio económico que puede llegar al 2.5% de bonificación del valor total de la facturación.

Además de evitarse el cargo por bajo factor de potencia, la corrección del mismo trae como consecuencia las siguientes ventajas:

- Cuando se mejora el factor de potencia en el punto donde se origina, los alimentadores tendrán más disponibilidad para aumentos de carga.
- Al disminuir la corriente en los circuitos de distribución y en los transformadores, se reducen las pérdidas por efecto Joule ( $I^2 r$ ), disminuyendo la temperatura de operación de la instalación y los equipos. Además del ahorro de energía eléctrica (entre 4 y 7%) obtenido al disminuir las pérdidas, se aumenta la eficiencia de los equipos y sus aislamientos.

- Al mejorar la regulación de voltaje, se alargará la vida útil de los equipos.

Para efectos de esta investigación se analizarán los bancos de capacitores RTC manufacturados con capacitores GE (General Electric).

### **3.10.1. Características constructivas del banco de capacitores RTC**

El capacitor es el equipo eléctrico que almacena la mayor cantidad de energía por unidad de volumen, lo que hace extremadamente delicado y sensible a los defectos de fabricación, así como a las altas temperaturas y a las descargas parciales, debido a esto se ha optado por utilizar elementos impregnados individualmente en bote de aluminio, el cual tiene las siguientes ventajas:

- Eliminación del efecto destructivo de descargas parciales en los capacitores debido a la utilización de impregnantes dieléctricos, no contaminantes, como el Dielektrol VI, lo cual alarga significativamente la vida del producto.
- Protección individual aprobada por Underwriters Laboratories. Cada elemento individual de los bancos de capacitores RTC manufacturados con capacitores GE, presenta un interruptor sensitivo a la presión, garantizando hasta corrientes de cortocircuito de 10,000 amperes.

- Celdas impregnadas individualmente en botes de aluminio, lo cual permite una excelente disipación de calor, evitando el desgaste prematuro de los capacitores.
- Los capacitores son autorregenerables, característica que les da el estar hechos en polipropileno metalizado en zinc, presentando las mejores características de autorreparación y de vida con respecto al tiempo. Todos los elementos cumplen con la norma EIA 456 que simula la vida real del producto sometándolo a sobrevoltajes y sobretemperaturas durante períodos prolongados de tiempo en hornos especialmente diseñados para esto.
- Terminales robustas: facilita la labor de conexión del producto y hacen mas sencilla su instalación. No hay necesidad de zapatas y el cliente sólo necesita conectar los cables.
- Terminal de tierra: se incluye una terminal para conexión a tierra física, igualmente sólo necesita conectar el cable (sin zapatas).
- Resistencia de descarga en cada elemento individual: **RTC** ha optado por colocar resistencias de descarga individuales, en cada uno de los elementos haciendo a este capacitor aún más seguro y evitando la posible ruptura de una resistencia general ocasionando un cortocircuito violento.
- Montaje en pared o piso: El banco de capacitores **RTC** ha sido diseñado para ser montado en pared o en piso, haciendo mucho más sencilla la instalación de este producto y añadiéndole versatilidad a la línea.

- **Reparables:** Como se mencionó en el punto 2, los capacitores GE presentan el interruptor sensitivo a la presión y que en el remoto caso de operar se abomba la tapa. Así el usuario puede identificar la unidad de falla y cambiar el capacitor sin ningún problema, ya que las terminales de conexión son hembra-macho y la unidad puede separarse fácilmente.

#### **a) Especificaciones técnicas**

**Uso interior** (uso exterior bajo pedido).

**Voltaje:** 240 V, 480 y 600 V, y cualquier otro necesario bajo pedido.

**Potencia (kVAR):** Un banco de capacitores puede estar formado por 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,17,19,23 ó 27 pasos, en múltiplos de 10 kVAR para 480 V y 5 kVAR para 240 V.

**Frecuencia:** 60 Hz ó 50 Hz.

**Conexión:** Delta o Estrella (bajo pedido).

**Resistencia de descarga:** Conectados individualmente en cada elemento y garantizando un nivel de voltaje menor a los 50 V en un minuto después de la desconexión.

**Terminales:** Zapata ya sobre terminal únicamente para recibir el cable.

**Caja:** Lámina de calibre 18.

**Acabado:** Pintura sintética horneada de alta duración.

**Color:** Gris plomo.

**Orejas de fijación:** Tanto para pared como en piso.

**Temperatura máxima:** Ambiente 50° C.

**Temperatura mínima:** - 45 ° C.

**Distancia mínima entre:** unidades = 40mm. / unidades y pared = 0.0 mm.

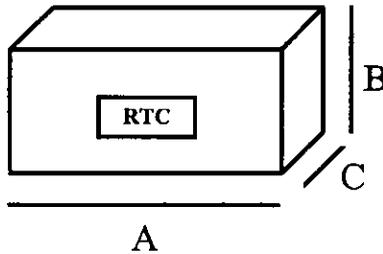
**Pérdidas:** (Incluyendo resistencias de descarga) menos de 0.4 Watts/kVar.

**Rango de tolerancia en capacidad:** 0 + 15%.

**Voltaje de prueba:** - Entre terminales = 2.2 Vn durante 10 seg.

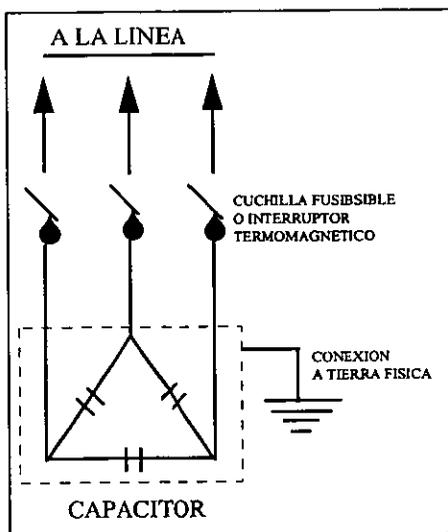
- Entre terminales y tierra = 0.1 kV de c.d. durante 10 seg.

**b) Dimensiones (mm)**



TIPO	A	B	C
C-1	355	230	250
C-2	510	230	250
C-3	735	230	250

c) Diagrama de conexión de un capacitor



d) Calibre de conductores, fusibles e interruptores termomagnéticos recomendados

VOLTS	POTENCIA kVAR	AMPS.		AMPS.		PROTECCIÓN		ALIMENTADOR	TUBERÍA	CABLE	PESO	Nº. DE CATALOGO
		220 v	440 v	240 v	480 v	termo magnética	fusible	fases	(mm)	conexión a tierra	(kg)	
240 V	5	11		12		20	30	12	13	12	5.7	CFP21005
	10	22		24		40	60	10	13	10	6.7	CFP21010
	15	33		36		50	60	8	19	10	7.7	CFP21015
	20	44		48		70	100	6	25	8	10.4	CFP22020
	25	55		60		100	100	4	32	8	11.4	CFP22025
	30	66		72		100	150	2	32	8	15.0	CFP23030
	40	88		96		150	200	0	38	6	17.0	CFP23040
	50	110		120		175	200	2/0	38	6	19.0	CFP23050
	60	132		145		200	250	3/0	51	6	21.0	CFP23060
480 V	10		11		12	20	30	12	13	12	5.7	CFP41010
	20		22		24	40	60	10	13	10	6.7	CFP41020
	30		33		36	50	60	8	19	10	7.7	CFP41030
	40		44		48	70	100	6	25	8	10.4	CFP42040
	50		55		60	100	100	4	32	8	11.4	CFP42050
	60		66		72	100	150	2	32	6	15.0	CFP43060
	70		77		84	150	150	2	32	6	16.0	CFP43070
	80		88		96	150	200	0	38	6	17.0	CFP43080
	100		110		120	175	200	2/0	38	6	19.0	CFP43001
	110		121		132	200	250	2/0	47	2	20.4	CCP43110
	120		132		145	200	250	3/0	51	2	21.5	CCP43120
	130		143		156	250	300	3/0	51	2	22.3	CCP43130

### e) Sobrecorrientes

La primera indicación de corrientes excesivas puede ser la falta de los fusibles y/o celdas del capacitor, o bien, la presencia de calentamiento excesivo. La sobrecorriente puede ser provocada por voltajes inadecuados o por voltajes con distorsiones armónicas, que son generados por rectificadores, motores de velocidad variable, transformadores saturados, etc.

Si las distorsiones armónicas están presentes en el sistema eléctrico, puede ocasionar la operación de los fusibles o daño al capacitor. Los capacitores no causan armónicas, sin embargo, éstas tienen un efecto adverso sobre ellos.

### 3.10.2. Selección de capacitores RTC para la corrección del factor de potencia

En la práctica para determinar la potencia reactiva (kVAR) total, en capacitores RTC, necesaria para la corrección del factor de potencia, basta conocer la siguiente información:

- El promedio de las últimas 3 mediciones de demanda en kW.
- El promedio de los últimos 3 factores de potencia.

**NOTA:** Esta información puede ser obtenida de los recibos de la compañía suministradora

- El factor de potencia deseado.

Con esta información seguir el ejemplo.

**Ejemplo:** Factor de potencia actual **0.70**; factor de potencia deseado **0.97**; consumo de potencia promedio **775 kW**; voltaje **480 V**.

1. Localice el factor de potencia actual en el cuadro 21.
2. Localice el factor de potencia deseado en el mismo cuadro.
3. El valor donde confluyen ambos valores (**0.769**), es el que se multiplica por la potencia (**775 kW**) para obtener el valor del capacitor adecuado.

$$0.769 \times 775 \text{ kW} = 595 \text{ kVAR}$$

4. Por lo tanto, seleccionamos un banco de 12 capacitores de 50 kVAR cada uno en 480 V.

FACTOR DE POTENCIA ACTUAL	FACTOR DE POTENCIA DESEADO															
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
66	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.709	0.793	0.775	0.809	0.847	0.887	0.935	0.996	1.138
67	0.488	0.516	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.679	0.713	0.745	0.779	0.817	0.857	0.905	0.966	1.108
68	0.459	0.486	0.512	0.539	0.567	0.595	0.623	0.650	0.684	0.716	0.750	0.788	0.828	0.876	0.937	1.079
69	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.566	0.593	0.620	0.657	0.686	0.720	0.758	0.798	0.840	0.907	1.049
70	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.591	0.625	0.657	0.691	0.729	0.769	0.811	0.878	1.020
71	0.372	0.391	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.563	0.597	0.629	0.663	0.701	0.741	0.783	0.850	0.992
72	0.343	0.370	0.396	0.423	0.451	0.479	0.507	0.538	0.568	0.600	0.634	0.672	0.712	0.754	0.821	0.963
73	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.507	0.541	0.573	0.607	0.645	0.685	0.727	0.794	0.936
74	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.480	0.514	0.546	0.580	0.616	0.658	0.700	0.767	0.909
75	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.396	0.426	0.453	0.487	0.519	0.553	0.591	0.631	0.673	0.740	0.882
76	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.426	0.468	0.492	0.526	0.564	0.604	0.652	0.713	0.855
77	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.400	0.454	0.466	0.500	0.538	0.578	0.620	0.687	0.829
78	0.183	0.210	0.236	0.263	0.291	0.319	0.347	0.374	0.408	0.420	0.474	0.512	0.552	0.594	0.661	0.803
79	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.347	0.381	0.413	0.447	0.485	0.525	0.567	0.634	0.776
80	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.321	0.355	0.387	0.421	0.459	0.499	0.541	0.608	0.750
81	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.295	0.329	0.361	0.395	0.433	0.473	0.515	0.582	0.724
82	0.078	0.105	0.131	0.154	0.186	0.214	0.242	0.269	0.303	0.335	0.369	0.407	0.447	0.489	0.556	0.698
83	0.062	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.243	0.277	0.309	0.343	0.381	0.421	0.463	0.530	0.672
84	0.026	0.063	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.217	0.251	0.283	0.317	0.355	0.395	0.437	0.504	0.645
85	-	0.027	0.063	0.080	0.106	0.136	0.164	0.191	0.225	0.257	0.291	0.329	0.369	0.417	0.478	0.620
86	-	-	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.265	0.301	0.343	0.390	0.451	0.593
87	-	-	-	0.026	0.055	0.082	0.111	0.171	0.172	0.204	0.238	0.275	0.317	0.364	0.425	0.567
88	-	-	-	-	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.290	0.337	0.418	0.540
89	-	-	-	-	-	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.193	0.220	0.262	0.304	0.370	0.512
90	-	-	-	-	-	-	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.234	0.281	0.342	0.484
91	-	-	-	-	-	-	-	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.206	0.253	0.314	0.456
92	-	-	-	-	-	-	-	-	0.031	0.063	0.097	0.134	0.176	0.223	0.284	0.426
93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.032	0.066	0.103	0.145	0.192	0.253	0.393
94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.037	0.071	0.113	0.160	0.221	0.365
95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.037	0.079	0.126	0.187	0.328

CUADRO 19. *Valores para corrección del factor de potencia*

---

## **CAPITULO 4**

## **4. PROYECTOS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EDIFICIOS**

### **4.1. FIDE: CONCEPTO Y OBJETIVOS**

A fin de apoyar las acciones del Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico, la Comisión Federal de Electricidad promovió la creación del Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE) en agosto de 1990.

El patrimonio de este fideicomiso se integra con las aportaciones del sector eléctrico, de los proveedores y contratistas y del Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana (SUTERM).

Es importante destacar que los industriales manifestaron su beneplácito de poder participar en el Fideicomiso, aportando voluntariamente el 2 al millar de todos los pedidos y contratos que convinieran con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A. -actualmente Luz y Fuerza del Centro- (LyFC), instituciones que a su vez se comprometieron a aportar una cantidad igual. El Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana aporta 0.33% del importe de los contratos de obra pública que la CFE celebra con los respectivos adjudicatarios.

Entre los objetivos del FIDE destacan:

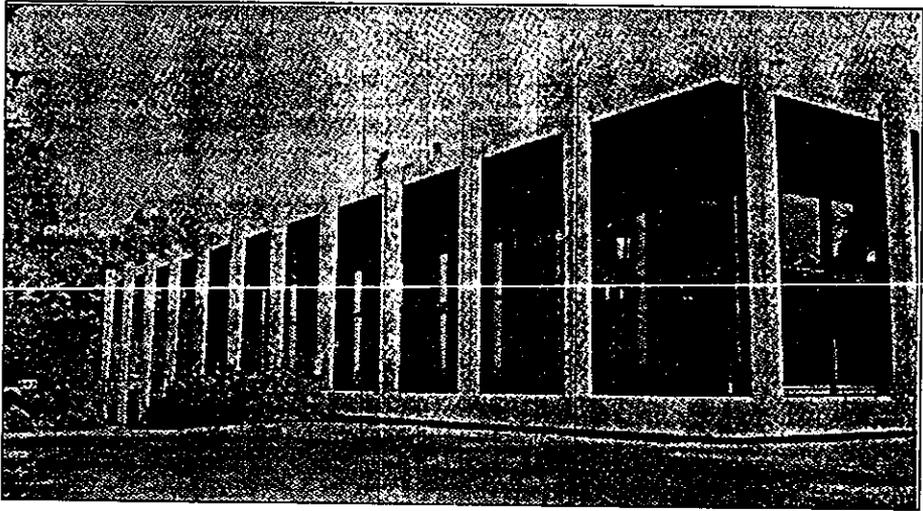
- a) Inducir y promover el uso racional de la energía eléctrica en la industria, el comercio, la agricultura y los servicios, realizando proyectos demostrativos que sirvan como detonador de acciones similares por parte de otros consumidores.
  
- b) Promover nuevas tecnologías orientadas al ahorro de energía, así como el autoabastecimiento y la cogeneración para aprovechar el calor residual de los procesos.
  
- c) Incidir en la modificación de hábitos de la población en lo que se refiere a un uso racional de la energía eléctrica, mediante la presentación de servicios de asistencia técnica y desarrollando campañas de difusión, orientadas a ese propósito.
  
- d) Difundir técnicas de diseño arquitectónico que reduzcan los requerimientos de alumbrado y acondicionamiento de aire.
  
- e) Formular propuestas sobre modificación de normas y reglamentos que incidan en el ahorro de energía eléctrica.
  
- f) Promover la fabricación de equipos eléctricos y electrodomésticos más eficientes.
  
- g) Impulsar el uso racional de la energía eléctrica en el sistema educativo, a través del libro de texto gratuito y con acciones enfocadas al mismo fin en otras instituciones educativas, para crear una nueva cultura en el uso de la energía eléctrica.

Para lograr estos objetivos, el FIDE apoya las siguientes acciones:

1) Elaborar diagnósticos energéticos y proyectos demostrativos de ahorro de energía eléctrica en actividades industriales, comerciales y de servicios, altamente consumidoras de energía eléctrica, con lo que se pretende demostrar los beneficios energéticos y económicos obtenidos en los proyectos realizados en:

- Industrias, hoteles, restaurantes, tiendas de autoservicio y departamentales, edificios e instalaciones educativas, entre otros.
- Alumbrado público en todos los municipios del país.
- La realización de programas de capacitación que coadyuven a la formación de recursos humanos especializados en ahorro de energía eléctrica.
- La difusión y promoción de las acciones y resultados que sobre ahorro de energía eléctrica se realicen.
- El desarrollo de campañas de concientización y orientación a la población en general.
- La asesoría a usuarios domésticos mediante diagnósticos enfocados al ahorro y uso racional de la energía eléctrica.

Como se puede observar, el FIDE apoya programas que en un futuro le permitan consolidar una nueva cultura en el uso de la energía eléctrica en todos los sectores que integran la sociedad mexicana.



**COMITE ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA FEDERAL  
DE CONSTRUCCIÓN DE ESCUELAS (CAPFCE)**

## 4.2. CASO: COMITE ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA FEDERAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESCUELAS (CAPFCE)

- ANTECEDENTES

El edificio del CAPFCE, se encuentra ubicado en Av. Vito Alessio Robles No. 380, Col. Florida, en la Ciudad de México, D.F.; cuenta con tres niveles orientados en dirección Sur -Norte; la superficie total construida es de 9,300 metros cuadrados.

En el cuadro 1 se pueden observar los valores mensuales de la facturación del servicio de energía eléctrica, en el período comprendido entre enero de 1992 y mayo de 1993.

CONCEPTO	VALORES PROMEDIO MENSUALES
TARIFA	OM
DEMANDA kW	416
CONSUMO kWh	138,380
IMPORTE NS	32,000
PRECIO MEDIO NS / kWh	0.2634

CUADRO 1. *Características del servicio de energía eléctrica*

## • DIAGNOSTICO

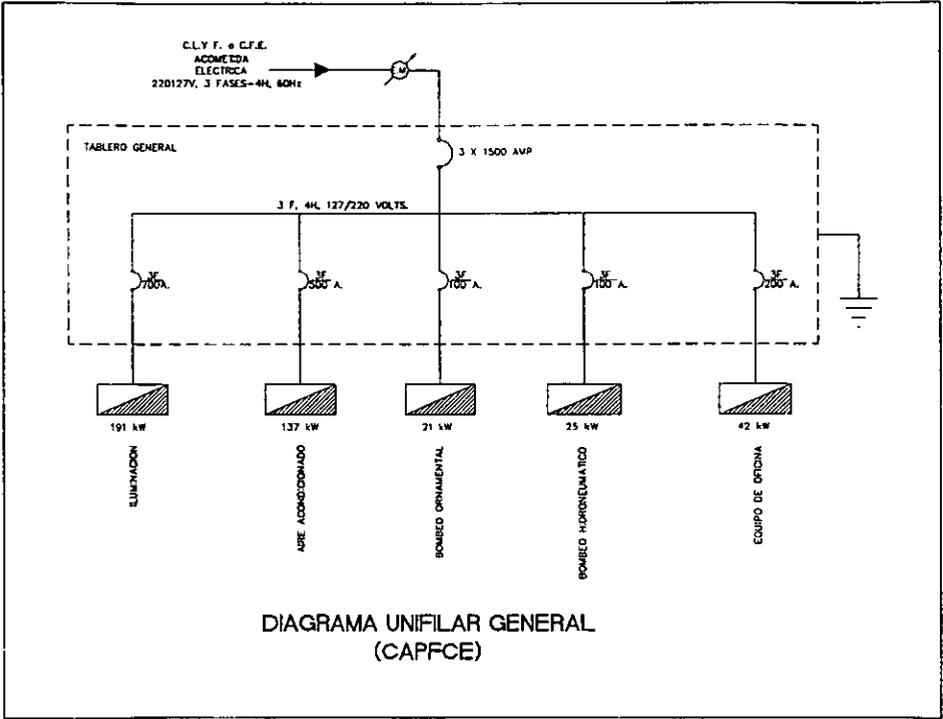
### Distribución de Cargas

De las medidas efectuadas, se determinó la importancia de cada una de las cargas conectadas, según se observa en el cuadro 2.

TIPO DE CARGA	kW	PORCENTAJE
ILUMINACIÓN	191	46
AIRE ACONDICIONADO	137	33
BOMBEO ORNAMENTAL	21	5
BOMBEO HIDRONEUMÁTICO	25	6
EQUIPO DE OFICINA	42	10
TOTAL	416	100

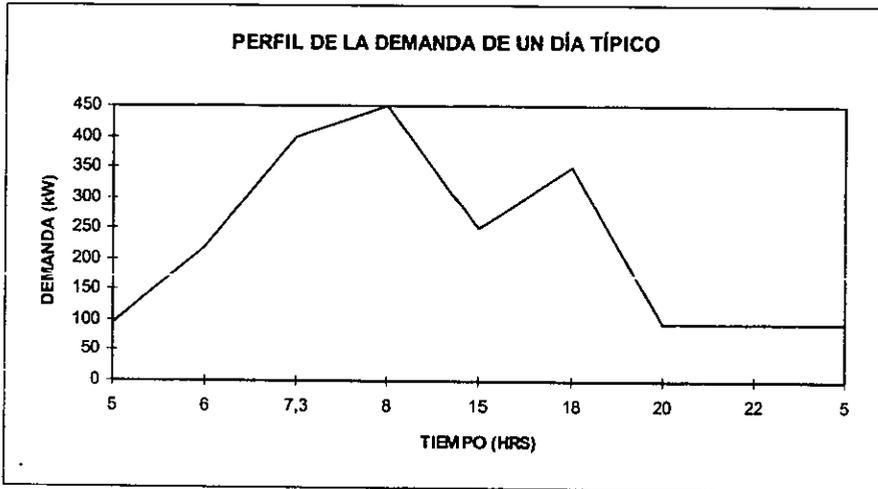
CUADRO 2. *Distribución de las cargas eléctricas*

Se observa que las áreas de interés son iluminación y aire acondicionado, mientras que el consumo por bombeo no es representativo. El consumo de energía en equipos de oficina, si bien contribuye a la demanda máxima, no es un factor controlable.



## Perfil de Carga

En el cuadro 3 se presenta el perfil de carga en un día típico, apreciándose un comportamiento parecido a la ocupación del inmueble, en donde la mayor parte del personal labora hasta las 15:00 hrs. y después sólo una parte retorna al segundo turno hasta casi las 21:00 hrs.



GRÁFICA 1. Perfil de la demanda de un día típico

Se pueden observar 6 etapas en este perfil:

<b>ETAPA 0</b>	La iluminación de emergencia con un uso de 24 Hrs.
<b>ETAPA 1</b>	A las 6:00 AM se inicia un arranque progresivo de las luminarias del edificio y coincide con la entrada del personal de aseo.
<b>ETAPA 2</b>	Posteriormente y antes de la entrada del personal de oficina (8:00 Hrs.) comienzan a funcionar los equipos de aire acondicionado. La demanda llega a los 400 kW.
<b>ETAPA 3</b>	La entrada a oficinas y encendido de equipos varios ocasiona 50 kW, aproximadamente, adicionales.
<b>ETAPA 4</b>	La salida del personal a las 15:00 Hrs., ocasiona que la carga disminuya, pero no a su nivel mínimo ya que, se observa, permanece en aproximadamente 250 kW, que se explica por la carga de aire acondicionado y el resto de iluminación que no se apaga.
<b>ETAPA 5</b>	A las 18:00 Hrs. se inicia un nuevo incremento en la carga, originado por la presencia de los funcionarios. La demanda total de sitúa en 350 kW con una duración hasta las 20:00 Hrs.
<b>ETAPA 6</b>	A partir de las 20:00 Hrs. la demanda baja gradualmente hasta las 22:00 Hrs., en donde se estabiliza con menos de 100 kW correspondientes a la iluminación de emergencia.

**CUADRO 3. Perfil de la demanda de un día típico**

De lo anterior se concluye que el perfil de carga sigue un patrón bastante aproximado al flujo de empleados, por lo que las posibilidades de obtener algún ahorro de energía mediante la administración de la misma, son casi nulos.

## **Iluminación**

1.- Mediante un minucioso levantamiento se detectó que la iluminación estaba constituida en un 72% por gabinetes de 0.60 x 1.22 Mts. con 6 lámparas fluorescentes de 40W existiendo un menor número de gabinetes con sistemas de 4x40, 2x40, 2x75, 1x75 y 1x21 W., así como lámparas de halógeno de 500 W y lámparas incandescentes de 100W.

2.- La condición actual de los difusores no es del todo satisfactoria, ya que está opacos. La densidad de iluminación en espacios de oficinas era de 41 W/M<sup>2</sup>.

3.- El rango actual de iluminancias era de 300 a 600 luxes, con un promedio de 464 luxes, lo cual está por encima del nivel mínimo recomendado para oficinas que es de 300 luxes.

4.- Para eficientizar el sistema de iluminación mayoritario, consiste en 786 gabinetes 6x40W (0.60x1.22 Mts.), se propusieron 3 alternativas sobre la base de retirar las 6 lámparas de 40W tonalidad luz de día y 3 balastos 2x40 W en cada luminario, instalando en su lugar:

a) 4 lámparas de 34 W tonalidad blanco frío y 2 balastos ahorradores 2x34 W. El nivel de iluminación promedio 2x34 W . El nivel de iluminación promedio se decrementaría 5%. La carga eléctrica disminuiría en 50% por gabinete.

b) Un reflector de aluminio de reflectancia 86% que consta de 3 arcos geoméricamente diseñados. Se instalarían 3 lámparas ahorradoras de 34W con 3 balastos 2x34 cada 2 gabinetes. El nivel de iluminación mantenido promedio se incrementaría de 464 a 482 luxes, mientras que la carga instalada disminuiría en 64%.

c) Un reflector de aluminio de reflectancia 86% que consta de 2 arcos, para alojar 2 lámparas ahorradoras de 34W tonalidad blanco frío y un balastro ahorrador de 2x34W. En este caso, el nivel de iluminación disminuirá 27 % mientras que la carga en 75%.

Para obtener los niveles de iluminación pronosticados en todos los casos debían sustituirse los difusores de los luminarios, debido al mas estado en que se encontraron.

En el cuadro 4 se presenta un resumen de los resumen de los resultados por obtener al aplicar cualquiera de las 3 medidas.

PROPUESTA	a	b	c
REDUCCIÓN DE CARGA	52%	64%	76%
RECUPERACIÓN (AÑOS)	1.94	2.7	2.19
INVERSIÓN \$	162,382.70	281,904.65	275,591.99
VARIACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN RESPECTO AL ACTUAL	- 5.1%	+ 3.9%	- 27.8%

CUADRO 4. *Alternativas de ahorro en iluminación*

### Aire Acondicionado

La construcción del CAPFCE está diseñada con algunas tendencias bioclimáticas; prueba de ello son los grandes alerones que evitan la radiación solar directa. Los vidrios de los ventanales exteriores son de cristal ahumado. Asimismo, para aprovechar al máximo la capacidad de enfriamiento del aire acondicionado, el edificio se construyó herméticamente y se rodeó de fuentes de agua y vegetación. El diseño original de las oficinas constaba de pocos privados para la Dirección, Subdirección y 4 Gerencias, mientras que el resto del local constaba de grandes áreas de oficinas abiertas. De cada 24 luminarios, se encontró que 4 inyectaban aire.

Hoy en día, este diseño se alejó de lo original por razones lógicas de necesidad de crecimiento y cambios continuos. Así, en donde antes había un espacio grande de oficinas, actualmente pueden verse 10 locales. Por tal razón, la distribución del aire ya no es efectiva. Existen locales que pueden tener o no inyectores y/o extractores de aire y por consiguiente frío o calor. Es así que,

más que un proyecto de ahorro de energía debería considerarse una redistribución y rediseño de los ductos de aire acondicionado.

No obstante lo anterior, dado el compromiso del FIDE de perseguir ahorros de energía eléctrica sin sacrificar las condiciones de confort existentes, se estudió la factibilidad de instalar un ciclo economizador que permitiera prescindir del aire acondicionado en algunas épocas del año, utilizando aire fresco del exterior mediante la apertura de algunas perforaciones en los ventanales. Esta alternativa fue desechada en virtud de que la existencia de nuevas particiones y cancelos impide la libre circulación natural de los flujos de aire. Así, sólo las oficinas pegadas a las ventanas perforadas contarían con aire fresco, mientras que las oficinas internas carecerían de la más mínima ventilación.

Por último, la sustitución de 2 compresores reciprocantes por otros de mayor eficiencia tipo tornillo permitirían ahorros de menos del 5% en la facturación, mientras que las inversiones se recuperarían en 8 años aproximadamente, ya que el estado actual de los compresores es aceptable. Por lo anterior, las acciones correctivas se enfocaron a la eficientización de la iluminación como ya se describió.

#### • ACCIONES CORRECTIVAS

Del diagnóstico, se pudo observar que la alternativa "C" permitiría mayor ahorro de energía; sin embargo, el nivel de iluminación sufría un decremento de 27%, por lo que no era viable dado el compromiso de mantener los niveles de confort existentes un inmueble. Cabe mencionar que aun cuando el nivel

promedio existente era de 464 luxes, recordemos que existían zonas con 300 luxes, nivel que es el mínimo aceptable.

El segundo lugar, en cuanto al ahorro de energía, correspondían a la alternativa “b”, en la cual los niveles de iluminación se elevaba ligeramente. El período de amortización de esta alternativa, aun cuando era el más alto, ofrecía un incremento en el nivel de iluminación se elevaba ligeramente. El período de amortización de esta alternativa, aun cuando era el más alto, ofrecía un incremento en el nivel de iluminación, que representó una ventaja definitiva sobre la alternativa “a”, la cual, si bien era la más atractiva desde el punto de vista de la recuperación de la inversión, provocaba una disminución en dicho nivel, condición que se apartaba de las premisas fijadas originalmente, en el sentido de no afectar, en lo más mínimo, el confort visual existente.

Por lo anterior, a continuación se describen la acciones correctivas realizadas:

1.- En 786 gabinetes de 6 x 40 W luz de día, se sustituyeron las lámparas por 3 de 34W c/u blanco frío, instalando un reflector especular de aluminio y realizando un puente en las conexiones para que un mismo balastro pudiera controlar 2 lámparas de gabinetes diferentes.

2.- En 10 luminarios exteriores se sustituyeron las lámparas de halógeno de 500 W por lámparas de 150 W de vapor de sodio de alta presión.

3.- En el área de pasillo, se sustituyeron 12 lámparas incandescentes de 100 W por igual cantidad de fluorescentes compactas de 18 W.

4.- En 204 gabinetes de 2x40 W luz de día, se retiraron las lámparas y se instalaron 2 lámparas de 34 W blanco frío con balastro electromagnético ahorrador.

5.- 4 gabinetes de 1x40 W luz de día, se convirtieron a 1x34 W blanco frío, con lámparas y balastos ahorradores.

6.- Se retiraron las lámparas en 5 gabinetes de 2x75 W luz de día, instalándose en su lugar 2 lámparas de 60W blanco frío, y un balastro electromagnético ahorrador.

7.- Finalmente, se convirtieron 98 gabinetes 1x75W con una lámpara tonalidad luz de día a 1x60 con una lámpara blanco frío y 1 balastro ahorrador 2x60 por cada 2 luminarios.

SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA ACTUAL	CANTIDAD	INVERSIÓN \$	AHORRO ANUAL ESPERADO \$
6x40W	3x34W C/REF.	786	281,990.65	104,829.47
HALÓGENO 50014	VSAP 150W	10	3,735.62	1,681.32
INC 100W	F.C. 18W	12	600.00	687.76
2x40W	2x34W	204	20,651.20	4,013.00
1x40W	1x34W	4	205.50	39.93
2x75W	2x60W	5	655.50	212.13
1x75W	1x60W	98	6,423.60	2,078.91

TOTAL.	314,261.80	113,542.51
RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN - AÑOS 2.76		

**CUADRO 5. *Inversiones realizadas y ahorros esperados***

En el cuadro 5 se muestra al detalle de las inversiones realizadas y las expectativas de ahorro.

• **RESULTADOS**

Según se muestra en el cuadro siguiente, al ahorro real obtenido de acuerdo a las facturaciones extendidas por Luz y Fuerza del centro a partir del mes de octubre de 1994, cumplieron con las expectativas para este tipo de proyectos.

CONCEPTO	ANTERIOR	ACTUAL	AHORRO	
			ABSOLUTO	%
CONSUMO (kWh)	138,380	104,000	34,380	24.8
DEMANDA (kW)	416	320	96	23.0
IMPORTE (NS)	32,000.00	23,498.00	8,501.00	26.5
AHORRO PRONOSTICADO			9,461.00	29.5
DESVIACION*			960.00	9.9

**INVERSIÓN = \$ 314,261.80    RECUPERACIÓN INV. = 3.1 AÑOS**

\* Con respecto a lo pronosticado.

#### **CUADRO 6. Ahorros obtenidos - Cifras mensuales**

#### **• VENTAJAS**

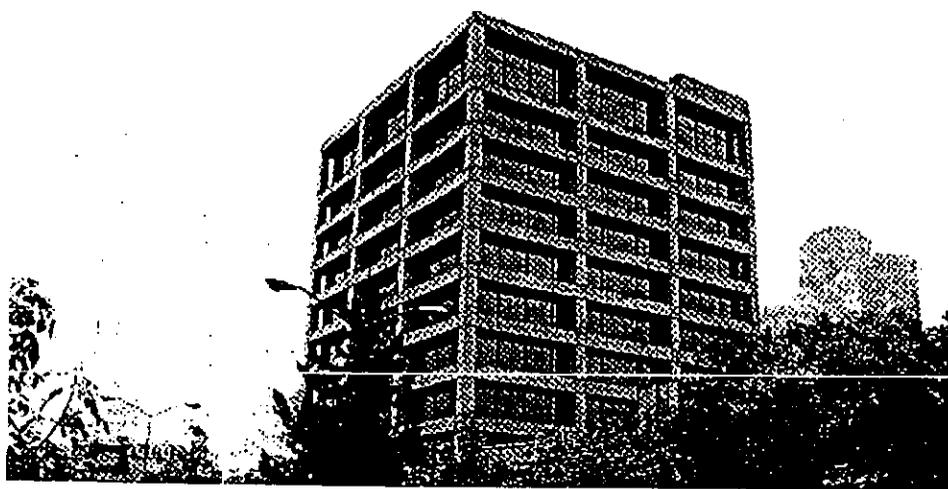
- \* El proyecto demostrativo ha proporcionado al CAPFCE la siguientes ventajas:
- \* El CAPFCE paga 26.5% menos por concepto del consumo de energía eléctrica.
- \* El nivel de iluminación promedio no sufrió detrimento aun cuando la carga instalada por gabinete disminuyó al 64% del original.
- \* Las mediciones realizadas, una vez concluidos los trabajos, indican niveles promedio de 468 luxes en la planta baja y 490 luces en la alta con un incremento promedio del 3.73%.

- \* Lo anterior permite tener menos carga térmica que indudablemente repercute en un ahorro por concepto de aire acondicionado, mejorándose el confort existente .
- \* Dada la importancia que tiene el CAPFCE como la Institución Federal de construcción de escuelas, este proyecto es un inicio de lo que puede lograrse en proyectos de planteles educativos.

## • CONCLUSIONES

- \* Se comprueba que en un clima como el de la Ciudad de México, D.F., la carga más importante corresponde al sistema de iluminación.
- \* En este tipo de edificios existe un potencial de ahorro importante en iluminación, debido fundamentalmente a la eficiencia de los equipos existentes y al deterioro en la reflexión de los luminarios como consecuencia del tiempo.
- \* Edificios como el que nos ocupa puede ser un buen ejemplo de cómo ahorrar energía eléctrica, utilizando sistemas y equipos más eficientes.
- \* Un proyecto de ahorro de energía eléctrica debe tomar en cuenta tanto factores de seguridad como de confort, para no demeritar las condiciones mínimas de éstos.

- \* La densidad de carga en iluminación, disminuyó de 41 W/m<sup>2</sup> a 15.5W/M<sup>2</sup> con un 3.7% más de iluminación.
  
- \* La disminución de carga de alumbrado también con lleva a una disminución de carga térmica que indudablemente repercute en menores consumos de aire acondicionado.



---

**EDIFICIO DE ICA**

### **4.3. CASO: EDIFICIO DE ICA**

- **ANTECEDENTES**

El edificio propiedad de ICA, denominado "Del Parque", está ubicado en Río Becerra No. 27, Col. Nápoles, México, D.F. y consta de:

- \* 11 niveles de oficinas y 4 niveles de estacionamiento.
- \* 4 Elevadores. El cuarto de máquinas de los elevadores de ubica en la azotea.
- \* 1 Helipuerto.
- \* Sistema hidroneumático con tres bombas de 15 H.P. y un compresor de ½ H.P.
- \* Sistemas de bombeo contra incendio de 15 H.P.(eléctrico) y uno de combustión interna.

Existen dos subestaciones, las cuales se encuentran en el acceso del estacionamiento (sótano 1); la subestación principal cuenta con un transformador de 1000 KVA, 23,000/127 volts, y alimenta a todos los servicios que manejan los tableros normales de cada uno de los pisos del edificio y a dos elevadores.

La subestación secundaria cuenta con un transformador de 500 KVA, 23,000/220-127 volts, y alimenta a todos los servicios conectados a los tableros de emergencia y a 2 de los 4 elevadores. La subestación principal

cuenta con una planta de emergencia de 1000 KVA y en la subestación secundaria existe también otra planta de emergencia de 500 KVA. El suministro de energía eléctrica por parte de CLyF es en tarifa OM.

La importancia del edificio, desde el punto de vista del consumo demanda de la energía eléctrica, se puede establecer en función de las facturaciones pagadas a Luz y Fuerza del Centro, durante el período comprendido entre junio de 1994 y mayo de 1995, cuyo promedio mensual arrojó valores de 668 W en la demanda, 233,416 kWh en el consumo y \$ 56,194.00 en el importe, según se aprecia en el siguiente cuadro:

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kW/h	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWh
JUNIO 94	680	234,000	53,472.35	0.2285
JULIO 94	680	216,000	52,031.30	0.2409
AGOSTO 94	720	228,000	54,934.55	0.2409
SEPTIEMBRE 94	660	246,000	58,956.00	0.2397
OCTUBRE 94	660	230,000	54,772.45	0.2381
NOVIEMBRE 94	680	242,000	57,121.50	0.2360
DICIEMBRE 94	680	252,000	57,684.70	0.2289
ENERO 95	660	206,000	47,217.55	0.2292
FEBRERO 95	640	254,000	60,674.35	0.2389
MARCO 95	640	246,000	59,767.35	0.2430
ABRIL 95	680	180,000	51,496.30	0.2861
MAYO 95	640	222,000	66,200.00	0.2982
PROMEDIO	668	229,666	56,194.11	0.2447

CUADRO 1. *Demanda y consumo de energía eléctrica (junio de 1994 a mayo de 1995)*

## • DIAGNOSTICO

### \* Mediciones

Habiéndose desarrollado un levantamiento físico de los equipos, se pudo establecer que la carga conectada era la siguiente:

TIPO DE CARGA	CARGA CONECTADA	
	kw	%
ILUMINACIÓN	417	58.7
AIRE ACONDICIONADO	153	21.5
ELEVADORES	75	10.6
BOMBEO DE AGUA	45	6.4
EXTRACCIÓN DE AIRE	20	2.8
TOTAL	710	100.0

CUADRO 2. *Carga conectada*

Lo anterior permite establecer que aun cuando exista equipamiento de acondicionamiento ambiental, prevalecerá como carga prioritaria la del sistema de iluminación, en donde obviamente se encontrarán los mayores potenciales de ahorro.

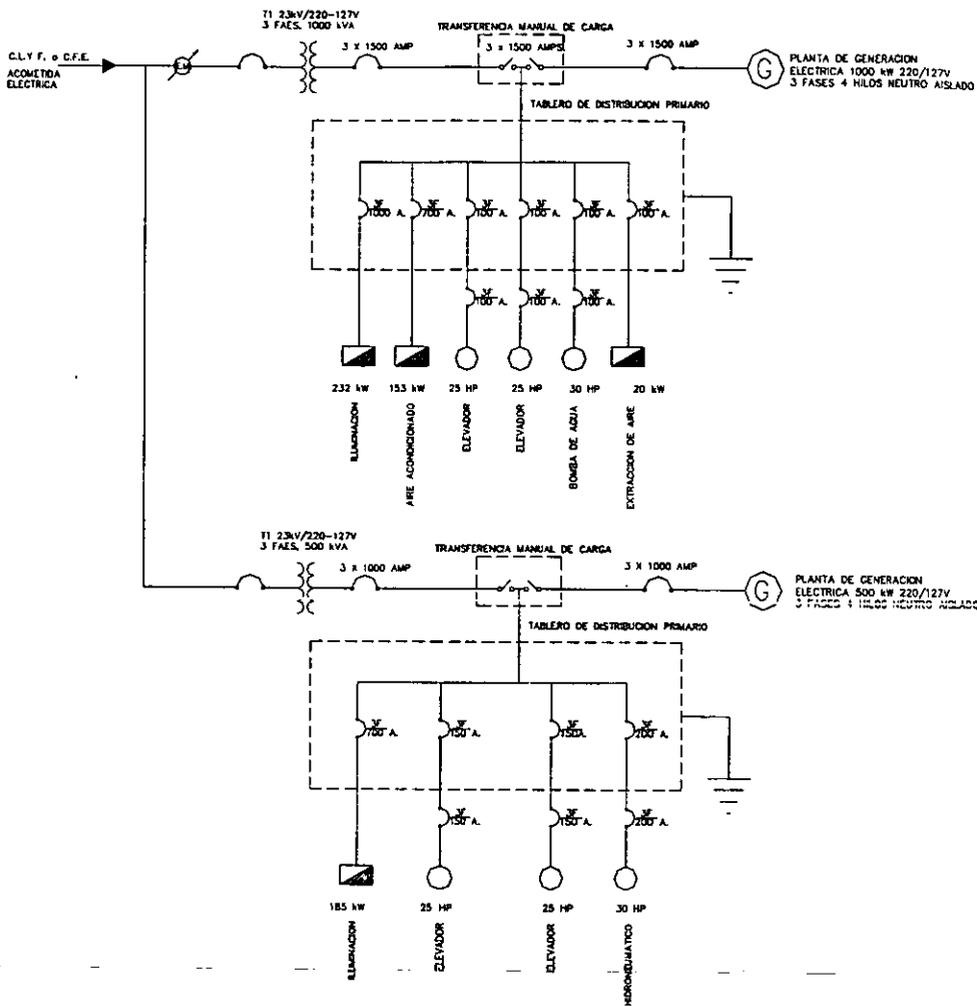
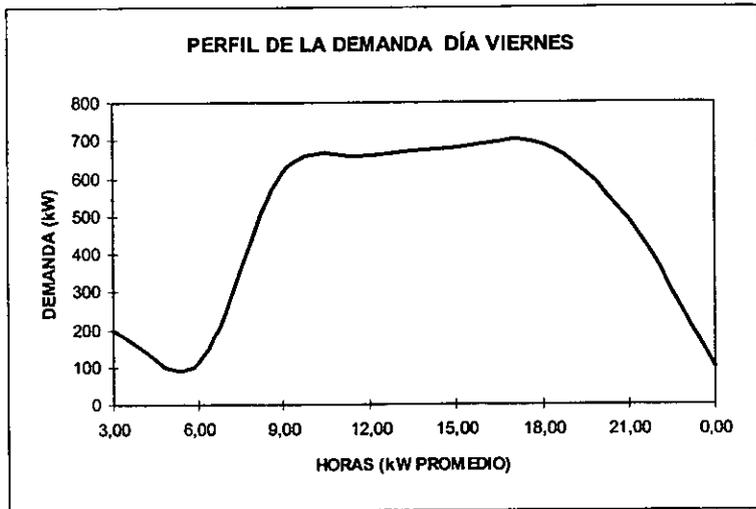


DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL  
(EDIFICIO DE ICA)

### \* Perfil de Carga

Se obtuvieron los perfiles de carga de cada uno de los 7 días de la semana, observándose que éstos son muy parecidos entre sí; sin embargo, se apreció que la mayor demanda máxima aparece en los días viernes, como se muestra a continuación:



GRÁFICA 1. *Perfil de la demanda día viernes*

Según se puede apreciar en la figura anterior, de las cero a las 7:00 hrs. la demanda máxima oscila entre 100 y 240 kW, pero ya a las 8: 00 Hrs. rebasa ligeramente los 600 kW, llegando a su valor máximo a las 18:00 aproximadamente (680 kW), hora en que empieza a descender (a las 21:00 Hrs. cruza el valor de 400 kW) hasta llegar nuevamente a 100 kW alrededor de las 24:00 hrs.

De lo anterior, se puede establecer la factibilidad de instalar un sistema de control del alumbrado, ya que no existen picos sino que el comportamiento es casi uniforme de las 8:30 a las 20:00 Hrs. en que la demanda oscila entre 600 y 680 kW. Esta factibilidad es función de las costumbres y del receso que tengan los empleados.

### **Sistema de Iluminación**

Como se ilustró, este sistema es el que mayor demanda impone a las instalaciones. Para conocer, exactamente sus características, se hizo un levantamiento en donde se presenta la localización de luminarias, tipos de tareas a desarrollar, reflectancia de las superficies tipo de lámpara utilizada y niveles de iluminación. Se encontró que el estado físico de los gabinetes y de los difusores es bueno, dado que se encuentran limpios y el grado de suciedad es bajo debido a que se trata de un inmueble de oficinas y por consiguiente no se realiza ninguna actividad que genere contaminación excesiva. Cabe hacer notar que como medida de prevención, diariamente se realiza un recorrido para revisar toda la instalación que alumbrado y con ello poder detectar las lámparas fundidas y/o los balastos en mal estado.

Se encontraron un total de 4,074 luminarios, de los cuales 2,599, es decir el 64%, corresponden a gabinetes de 4x20W con rejilla parabólica. En el siguiente cuadro se consigna el número de los diversos luminarios existentes.

TIPO DE SISTEMA	No. DE UNIDADES
GABINETE DE 4 X 20 W	2,599
GABINETE DE 2 X 20 W	170
GABINETE DE 2 X 38 W	45
CANALETA DE 1 X 74 W	645
CANALETA DE 1 X 38 W	249
CANALETA DE 1 X 40 W	47
CANALETA DE 1 X 20 W	52
SPOT INCANDESCENTE DE 75 W	179
ARBOTANTE INCANDESCENTE DE 75 W	24
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO CENTRO DE 75 W	5
INCANDESCENTE TIPO INTEMPERIE DE 75 W	35
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO OBSTRUCCIÓN DOBLE, DE 100 W	2
LUMINARIO INCANDESCENTE TIPO OBSTRUCCIÓN SENCILLO W	1
LUMINARIO VSAP DE 150 W	3
LUMINARIO VSAP DE 70 W	8
<b>TOTALES</b>	<b>4,074</b>

**CUADRO 3. *Luminarios existentes***

Dado que el sistema preponderante consiste en gabinetes de 4x20W, la firma consultora propuso 2 alternativas de modificación, considerando la variación en el nivel de iluminación con cada una de ellas, obteniendo lo siguiente:

**ALTERNATIVA 1:** Instalar un reflector de aluminio y sustituir las 4 lámparas actuales por 2 de 17 W del tipo T-8, perdiendo 1% en el nivel de iluminación. La inversión sería de \$ 366,640.90 generando ahorro mensuales de \$ 12,913.87, con lo cual dicha inversión se recuperaría en 2.37 años.

**ALTERNATIVA 2:** Instalar 2 lámparas de 31W tipo T-8 “U”, obteniéndose una ganancia del 20% en el nivel de iluminación, con una inversión de \$ 235,2094.50 que se recuperaría en 2-38 años, ya que el ahorro generado ascendía a \$ 8,217.90 mensuales.

Cabe observar que fueron analizadas otras 2 alternativas, una convirtiendo el sistema de 4x20W a 2x20 W con balastro normal, reflector de aluminio y lámparas “Ultralume” T-12, la otra, igual de aluminio y lámparas “Ultralume” T-12 y, la otra, igual a la anterior sólo que son lámpara T-12 Luz de Día. Estas alternativas fueron eliminadas debido a que la disminución en el nivel de iluminación fue del 5% y 25%, respectivamente, además de que el período de recuperación rebasaba en ambos casos los 3 años. En el siguiente cuadro se consignan las características de las dos alternativas más viables.

CONCEPTO	SISTEMA EXISTENTE 4x20 W	ALTERNATIVA 1 2x17W T-8 CON	ALTERNATIVA 2 “U” 2x31W T-8
1. CANTIDAD DE LUMINARIOS	2,599	2,599	2,599
2. LAMPARAS POR LUMINARIO	4	2	2
3. TIPO DE BALASTRO	NORMAL	NORMAL	ALTA EFICIENCIA
4. VIDA NOMINAL BALASTRO (HORAS)	10,000	10,000	20,000
5. TIPO DE LAMPARA	F20 T-12 LUZ DE DÍA	F17 T-8 BLANCO FRIO	FU 31 T-8 BLANCO FRIO
6. LUMENES INICIALES	1,075	1,400	2,800
7. LUMENES POR LUMINARIO	4,300	2,800	5,600
8. VIDA NOMINAL DE LAMPARA (HORAS)	9,000	20,000	20,000
9. WATTS POR LUMINARIO	120	43	71
10. CARGA TOTAL (kW)	312	112	185
11. CONSUMO ANUAL (MWH)	1,091.6	391.1	645.9
12. COSTO ANUAL ENERGÍA (\$)	241,506.00	86,540.00	142,891.00
13. AHORRO ANUAL ENERGÍA (\$)		154,966.00	98,615.00
14. INVERSIÓN INICIAL		366,640.00	235,209.00
15. PERIODO DE RECUPERACIÓN		2.37 AÑOS	2.38 AÑOS
16. ILUMINANCIA PROMEDIO (LUXES)	200	198	240

**CUADRO 4. Alternativas para el ahorro de energía en sistemas de iluminación**

## **Sistema de aire acondicionado**

El edificio cuenta con 2 chillers de 60 H.P. cada uno y 11 manejadoras de aire de 7.5 H.P. cada una. En lo que se refiere a los aislamientos con que cuenta la red de tubería, éstos están en buen estado. La ventilación es suficiente dado que los equipos se encuentran en la azotea del edificio. En general el sistema de aire acondicionado se encuentra en buenas condiciones de operación; sin embargo y con base en las mediciones realizadas, sería conveniente la instalación de un sistema de control automático para dichos equipos. Cabe mencionar que la operación de estos equipos se realiza en forma manual por parte del jefe de mantenimiento, basado en la temperatura de confort del edificio.

## **Elevadores**

El edificio cuenta con 4 elevadores de 25 H.P. Cada uno con una velocidad de operación de 1536 r.p.m., alimentados a 220 volst. de c.a., los 4 de la marca Otis, 2 de los cuales se encuentran del lado poniente y los otros 2 en el lado oriente. Los 4 elevadores tienen el mismo tipo de mecanismo de control y el mismo sistema de rectificación de corriente; estos elevadores trabajan las 24 horas del día, por lo que es necesarios establecer un control horario de los mismos.

## Bombeo de agua

Se pudo constatar que el sistema de bombeo no presenta ningún tipo de fuga en lo que respecta a la red de tubería instalada a lo largo del edificio. El sistema de bombeo funciona de la siguiente forma: el compresor utilizado para el sistema hidroneumático no necesita un tanque de almacenamiento para mezclar el agua y el aire; en cambio cuando el manómetro detecta que el nivel de agua contenido en las tuberías no es suficiente envía la señal para encender la bomba. Precisamente, el agua pasa por el compresor (conectado a la salida de la bomba), el cual imprime la presión necesaria para que el agua llegue hasta la parte superior del edificio. Esta función se repite cada vez que el nivel del agua en tuberías no es suficiente, es decir, cuando no alcanza a abastecer el último piso.

## Costumbres de operación

El número aproximado de personas que laboran en el edificio es de 905. El flujo de personas es el siguiente:

8:30 - 18:30 Hrs	815 personas
9:00 - 10:00 Hrs	24 personas (flotante)
10:00 - 20:30 Hrs	90 personas
10:00 - 11:00 Hrs	48 personas (flotante)
11:00 - 12:00 Hrs	24 personas (flotante)
12:00 - 13:00 Hrs	24 personas (flotante)
13:00 - 14:00 Hrs	24 personas (flotante)
15:00 - 16:00 Hrs	48 personas (flotante)
16:00 - 17:00 Hrs	24 personas (flotante)
17:00 - 18:00 Hrs	24 personas (flotante)
18:30 - 8:30 Hrs	6 personas

CUADRO 5. *Flujo de personal*

Este personal además cuenta con los siguientes días de asueto:

Jueves y viernes de Semana Santa, medio día del 24 de diciembre y el 25 de diciembre, 1º de enero, 21 de marzo, 1º y 10 de mayo, medio día del 15 de septiembre y el 16 de septiembre; 1 y 2 de noviembre y 12 de diciembre.

El encendido del alumbrado se realiza a partir de las 8:00 Hrs., mientras que a las 20:00 Hrs. se realiza un primer rondín el cual tiene la finalidad de apagar todos los circuitos de alumbrado que no se están utilizando. Estos sólo ocurre desde el piso 10 hasta la planta baja. A las 9:00 de la noche se realiza el segundo rondín, el cual tiene el mismo objetivo que el primero y se realiza también en los mismos pisos. Llegando a las 10:00 de la noche, se procede al apagado total de la iluminación, a excepción de los niveles en donde el personal de limpieza se encuentra haciendo aseo y de los vestíbulos de los elevadores, los cuales permanecen encendidos toda la noche.

El sistema de aire acondicionado, junto con las manejadoras de aire de los diferentes niveles (11 manejadoras de diferentes capacidades), se encienden a las 7:00 de la mañana, y a las 10:00 de la noche, aproximadamente, se apaga el total de los equipos, todo el cual se realiza de lunes a viernes.

Por otra parte, los 4 niveles de estacionamiento cuentan con 2 extractores de aire que se encuentran instalados en el sótano 1, y al igual que las manejadoras de aire, se encienden a las 7:00 de la mañana y se apagan a las 10:00 de la noche. El alumbrado de todos los niveles del estacionamiento permanecen encendidos las 24 horas del día, debido a normas de seguridad.

## • ACCIONES CORRECTIVAS MEDIATAS

Para tomar una decisión respecto de las acciones correctivas por aplicar con los recursos del FIDE, se tomaron en cuenta las inversiones requeridas en cada tipo de acción el ahorro potencial y el período de recuperación de la inversión. Así el usuario optó por realizar posteriormente y con recursos propios, los siguientes trabajos.

### **Control del sistema de acondicionamiento ambiental**

De acuerdo con el diagnóstico, en el cual jugó un papel importante, tanto las costumbres de operación del edificio, como las ganancias térmicas y la capacidad de enfriamiento, se determinó lo ventajoso de instalar un sistema automático de control de cargas en base a una programación de horario predeterminado. Este sistema deberá disponer de un controlador maestro que, a su vez, consta de 10 controladores remotos y se enlaza a una computadora central por medio de una red de área local. Aquél se ubicará en la azotea del edificio, mientras que éstos deberán distribuirse uno por cada piso par, 2 en los sótanos y 3 también en la azotea, los cuales tienen la función de controlar los tableros de aire acondicionado por medio de relevadores y los de alumbrado por medio de contactores.

El objetivo será desconectar un chiller con capacidad de 60 H.P., así como 5 manejadoras de aire de 7.5 H.P. cada uno de las 18:00 a las 22:00 Hrs., sin afectar el confort de los empleados que, en número reducido, laboran dentro de ese horario.

Además se estableció que las condiciones climatológicas de la Ciudad de México, permiten inyectar aire del exterior sin necesidad de enfriamiento, cuando menos 40 días al año, durante los cuales podrán funcionar los chillers solamente de las 8:00 horas a las 16:00 horas, por lo que habrá un ahorro de 7 horas diarias, apoyado con un monitoreo de temperaturas ambientales.

Así, el ahorro potencial es el siguiente:

EQUIPO	CARGA	AHORRO ANUAL	
		kWH	\$
5 MANEJADORAS	28	28,200	3,940.00
1 CHILLER	45	45,120	6,304.00
2 CHILLER	90	21,485	3,002.00
TOTAL	163	94,805	13,246.00

CUADRO 6. *Ahorros en el sistema de acondicionamiento de aire*

### Control del sistema de iluminación

Considerando el horario de labores y el número de empleados que permanecen dentro del edificio después de las 18:30 Hrs. así como su ubicación y en base al perfil de carga previamente obtenido, se llega a la conclusión de que es factible utilizar el mismo sistema de control ya descrito, para desconectar de las 18:00 Hrs. a las 21:00 Hrs., los 2,599 luminarios que actualmente son de 4x20W, pero que se convertirán a 2x31W, por lo que el ahorro potencial es:

EQUIPO	CARGA	AHORRO ANUAL	
		kWH	\$
LUMINARIOS 2x31 W	187	117,810	16,460.00

CUADRO 7. *Ahorro en el control del sistema de iluminación*

El ahorro total logrado por el sistema de control y el período de recuperación de la inversión, se indican a continuación:

SISTEMA	AHORRO ANUAL (\$)
ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL	13,246.00
ILUMINACIÓN	16,460.00
<b>TOTAL</b>	<b>29,706.00</b>
INVERSIÓN = \$150,824.00	RECUPERACIÓN = 5.1 AÑOS

CUADRO 8. *Ahorro total logrado por el sistema de acondicionamiento de aire e iluminación*

- **ACCIONES CORRECTIVAS INMEDIATAS**

#### **Sistema de iluminación**

Apoyando en los bajos niveles de iluminación existentes, en las limitaciones presupuestales del FIDE y en la imposibilidad de destinar algún efectivo a este proyecto, ICA tomó la decisión de concretar las acciones bajo el planteamiento de la alternativa No. 2, es decir, sustituir las 4 lámparas actuales de 20W por 2 de 31W T-8, aun cuando la otra alternativa resultaba más atractiva habida cuenta de que los ahorros por obtener serían superiores en aproximadamente 57%.

Además, debe mencionarse que ante la situación financiera originada por paridad de nuestra moneda frente al dólar, hubo de introducir algunos cambios al proyecto original, como reducción del alcance y adquisición directa de los

materiales por parte del FIDE para que el mano de obra quedara a cargo de ICA.

Así, se definió el alcance en función de los recursos disponibles (\$236,067.00) suficientes para modificar 1,515 gabinetes, eliminándose 6,060 lámparas de 20W y 3,030 balastos normales, instalando en su lugar 3,030 lámparas arranque rápido de 31W T-8 4,100 K, incluyendo bases y balastro de alta eficiencia para 2 lámparas de la características apuntadas, esperando los siguientes ahorros:

	SISTEMA ANTERIOR	SISTEMA ACTUAL	AHORRO
Watts/luminario	120	71	49
No. de luminario	1,515	1,515	-
Carga total (kW)	182	108	74
Demanda (kW) <sup>1</sup>	152	90	62
Consumo mensual (kwh) <sup>2</sup>	53,200	31,500	21,700
Costo energía (\$) <sup>3</sup>	15,220.00	9,012.00	6,208.00
Recuperación (meses)			38

CUADRO 9. *Ahorros esperados en el sistema de iluminación*

## • RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de junio de 1995, se empezaron a observar los ahorros consignados en el cuadro 10, los cuales son el resultado de comparar consumos y demandas de cada mes con respecto al mismo mes del año anterior. Para ser congruentes con los incrementos en los precios de la energía eléctrica, se han recalculado

<sup>1</sup> Considerando un factor de diversidad de 1.2

<sup>2</sup> Considerando 350 horas al mes

<sup>3</sup> Considerando el precio medio de abril de 1995 (0.2861 \$/KWh).

los importes que hipotéticamente deberían estar pagando el usuario de no haber desarrollado el proyecto.

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/kWh	RECALCULO DEL IMPORTE <sup>1</sup>
JUNIO 1994	680	234,000	53,472.35	0.2285	68,234.40
JUNIO 1995	640	200,000	58,316.20	0.2916	58,316.20
AHORRO	40	34,000			9,918.20
JULIO 1994	680	216,000	52,031.30	0.2409	62,294.40
JULIO 1995	600	202,000	58,250.55	0.2884	58,250.50
AHORRO	80	14,000			4,043.90
AGOSTO 1994	720	228,000	54,934.55	0.2409	67,282.80
AGOSTO 1995	580	200,000	59,023.15	0.2951	59,023.15
AHORRO	140	28,000			8,259.65
SEPTIEMBRE 1994	660	246,000	58,956.00	0.2397	70,110.00
SEPTIEMBRE 1995	620	220,000	62,702.25	0.2850	62,702.25
AHORRO	40	26,000			7,407.75
OCTUBRE 1994	660	230,000	54,772.45	0.2381	64,952.00
OCTUBRE 1995	620	206,000	58,169.00	0.2824	58,169.00
AHORRO	40	24,000			6,783.00
NOVIEMBRE 1994	680	242,000	57,121.50	0.2360	67,493.80
NOVIEMBRE 1995	600	226,000	63,024.00	0.2789	63,024.00
AHORRO	80	16,000			4,469.80
DICIEMBRE 1994	680	252,000	57,684.70	0.2289	73,054.80
DICIEMBRE 1995	600	202,000	58,566.10	0.2899	58,566.10
AHORRO	80	50,000			14,488.70
ENERO 1995	660	206,000	47,217.55	0.2292	67,609.20
ENERO 1996	600	180,000	59,076.15	0.3282	59,076.15
AHORRO	60	26,000			8,533.05
AHORRO PROMEDIO MENSUAL	70	27,250		0.2931	7,988.00

CUADRO 10. *Resultados obtenidos con los proyectos realizados*

## • CONCLUSIONES

Del análisis de las cifras consignadas en el cuadro anterior se puede concluir lo siguiente:

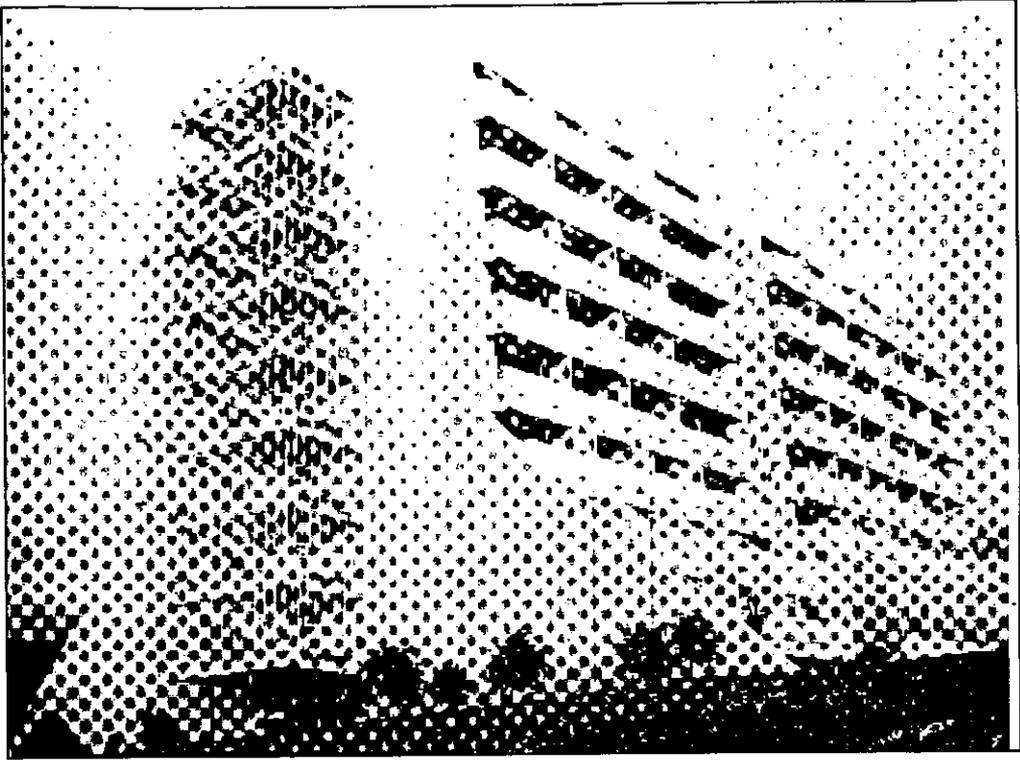
<sup>1</sup> Resultado de multiplicar el consumo del mes por el precio medio del mismo mes del año posterior

- \* Después de 8 meses de haberse concluido el proyecto, la demanda disminuyó de un promedio de 677 kW, a 607 kW que representa un ahorro de 70 kW equivalente a 10.3%, lo cual supera ligeramente la expectativa de 62 kW.
- \* El consumo promedio durante 8 meses también disminuyó de 231,750 kWh a 204,500 kWh mensuales lo que significa haber obtenido un ahorro real de 27,250 kWh mensuales, equivalente a 11.8%. Esta cantidad fue superior al ahorro estimado antes de aplicar las acciones correctivas y que ascendió a 21,700 kWh.
- \* Aplicando los precios medios de la energía eléctrica derivados del incremento tarifario, incluyendo factores de ajuste por combustible, el usuario estaría pagando facturas promedio de \$ 67.628.90 si no hubiera desarrollado el proyecto, cuando en realidad el promedio del importe pagado durante 8 meses fue de \$ 59.640-90 lo que significa estar ahorrando \$ 7,988.00 mensuales, cifra que también supera la estimación de \$ 6,208.00 y representa un ahorro de 11.8%.
- \* Con estos resultados, la inversión de \$ 236,067.00 se podrá recuperar en un período de sólo 2.46 años, sin considerar los beneficios por tener menor .
- \* número de lámparas que significa reducir en 50% los costos de reposición y mantenimiento. A continuación se resumen los resultados.

CONCEPTO	CIFRAS MENSUALES		AHORRO MENSUAL	
	ANTERIOR	ACTUAL	UNIDADES	%
DEMANDA (kW)	677	607	70	10.3
CONSUMO (kWh)	231,750	204,500	27,250	11.8
IMPORTE (\$)	67,628.90	59,640.90	7,988.00	11.8
PRECIO MEDIO (\$/kWh)		0.2931		
FACTOR DE CARGA (%)		46.8		
INVERSIÓN = \$ 236,067.00		RECUPERACIÓN = 2.46 AÑOS		

**CUADRO 11. Resumen de resultados obtenidos**

<sup>1</sup> No se consigna cifra porque el importe ha sido recalculado conforma a los precios vigentes.



**HOTEL MIRAMAR MISIÓN CANCÚN PARK PLAZA**

#### **4.4. CASO: HOTEL MIRAMAR MISIÓN CANCÚN PARK PLAZA**

- **ANTECEDENTES**

El Hotel Misión se encuentra ubicado en Kukulcán No. 400 en la zona hotelera de Cancún, Q. Roo; está constituido por una torre de nueve pisos con un total de 189 habitaciones, tres restaurantes, un snack bar, además de áreas de juegos, jardines y alberca. Tienen un promedio de ocupación de 2,733 cuartos por noche al mes, con una relación de consumo de energía y demanda cuarto noche ocupado, de 108.9 kWh/CNO y de 0.18 kW/CNO, respectivamente. El servicio de energía eléctrica está contratado bajo la tarifa O.M.

Para conocer su importancia, desde el punto de vista del consumo y demanda de energía eléctrica, se desarrolló un análisis de sus facturaciones durante el periodo de enero a diciembre de 1994, cuyo promedio mensual arrojó valores de 297,650 kWh, en el consumo; 496 kW en la demanda y \$ 60,878.00 en el importe, como se observa en el siguiente cuadro:

---

MES	AÑO 1994			
	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	P. MEDIO (\$/kWh)
ENERO	483	278,600	56,396.03	0.2024
FEBRERO	490	256,200	53,083.80	0.2072
MARZO	532	275,800	57,265.21	0.2076
ABRIL	532	334,600	66,751.81	0.1995
MAYO	518	302,400	61,046.83	0.2019
JUNIO	483	354,900	72,400.00	0.2040
JULIO	539	261,800	55,533.00	0.2121
AGOSTO	539	379,400	79,525.00	0.2096
SEPTIEMBRE	483	381,200	67,806.00	0.1779
OCTUBRE	448	266,000	58,546.00	0.2201
NOVIEMBRE	462	268,800	53,733.00	0.1999
DICIEMBRE	448	212,100	48,455.00	0.2285
<b>TOTAL</b>	<b>5,957</b>	<b>3,571,800</b>	<b>730,541.68</b>	<b>0.2045</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>496</b>	<b>297,650</b>	<b>60,878.47</b>	<b>0.2059</b>

CUADRO 1. *Consumo y demanda de energía eléctrica (enero a diciembre de 1994)*

## • DIAGNOSTICO

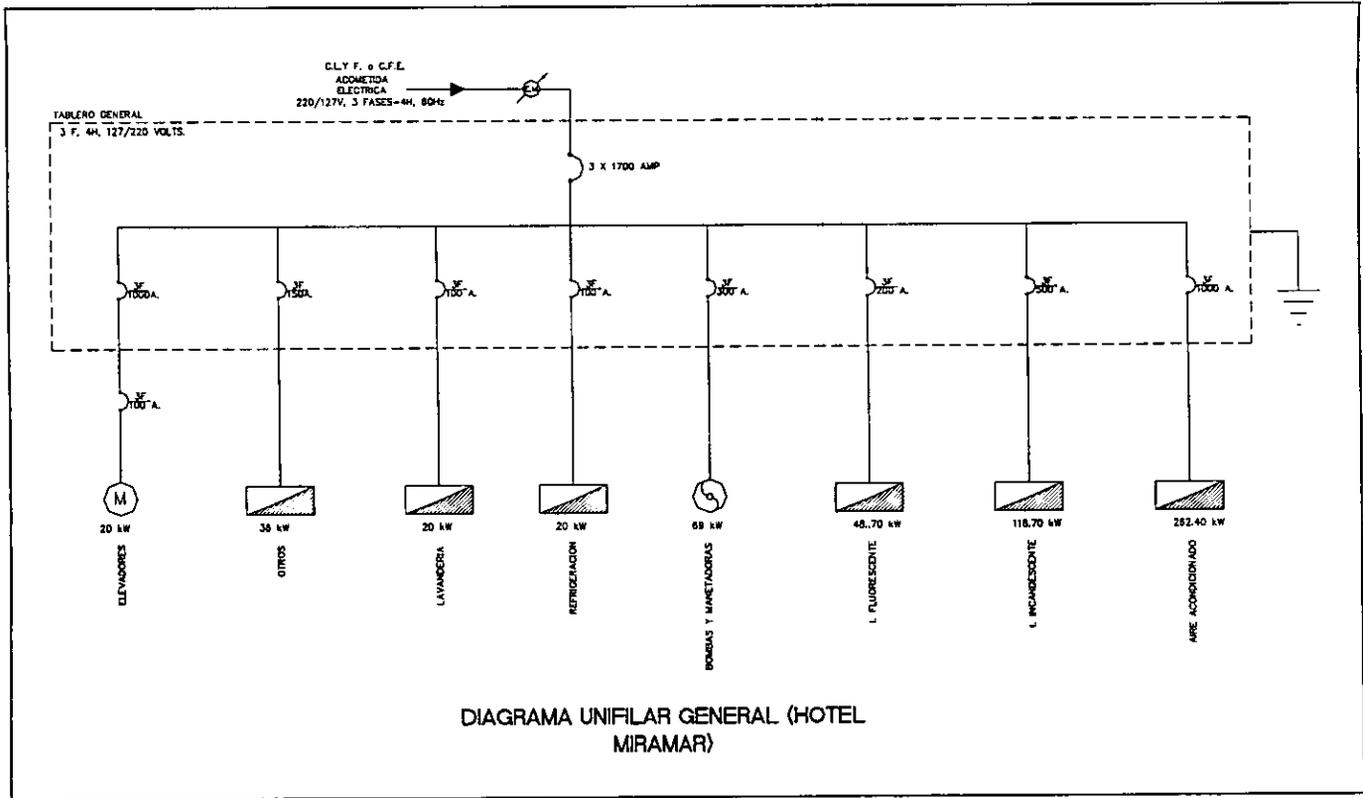
### Distribución de cargas

De acuerdo con las mediciones efectuadas por la firma consultora responsable del diagnostico la distribución de cargas conectadas es:

CONCEPTO	CARGA CONECTADA	
	kW	%
AIRE ACONDICIONADO	262.4 <sup>1</sup>	44.6
ILUMINACIÓN INCANDESCENTE	118.7	20.2
ILUMINACIÓN FLUORESCENTE	48.7	8.3
BOMBAS Y MANEJADORAS	69.0	11.7
REFRIGERACIÓN	20.0	3.4
LAVANDERÍA	15.0	2.6
ELEVADORES	20.0	3.1
OTROS	36.0	6.1
<b>TOTAL</b>	<b>587.8</b>	<b>100.0</b>

CUADRO 2. *Carga conectada*

<sup>1</sup> No incluye la 3a. unidad por no trabajar simultáneamente.



Como se puede observar, la carga más importante está representada por el sistema de acondicionamiento ambiental, quedando en segundo lugar la iluminación, incandescente; se observó, asimismo, que la carga por bombas y manejadoras también es importante. Tomando en cuenta que para mantener un clima agradable, que es fundamental en este aire acondicionado opere correctamente y siendo éste el 44.6% de la carga total instalada, el diagnóstico consideró las condiciones de operación de esta carga y su potencial de ahorro sin afectar la condiciones de confort.

### **Descripción del sistema**

El sistema de aire acondicionado consta de 3 unidades centrales generadoras de agua helada, enfriadas por aire, con una capacidad nominal de 120 T-R- cada una, de las cuales 2 operan simultánea y continuamente, mientras la otra, en forma alternada, cada unidad cuenta con 3 compresores recíprocos de 40.3 kW cada uno más ventiladores con carga de 10.3 kW; por lo que cada unidad demanda 131.2 kW. Mediante un análisis se determinó que cada unidad genera realmente 82.5 T.R., por lo que su eficiencia es de 1.59 kWTR. El agua helada se distribuye a través de 2 columnas de tuberías, una abastece del primero al quinto piso y la segunda del sexto al noveno. En cada piso existe una derivación que corre por ambos lados de los pasillos, alimentado a cada cuarto.

## **Problemática**

1.- Se comprobó que la operación del sistema de aire acondicionado, se hacía en forma manual y funcionaba las 24 horas del día durante todo el año, sin considerar variaciones en el clima originadas por los ciclos estacionales, ni la ocupación del hotel.

2.- Por otra parte, se sabe que para tener una eficiente operación del sistema de aire acondicionado, se requiere que en la línea de distribución del agua helada no existan fugas y los termostatos estén censando en forma continua la temperatura, tanto de entrada como de salida, para dejar de operar el sistema si las condiciones de temperatura y confort así lo permiten, o en su defecto operar exclusivamente los *fan coils* de los cuartos.

3.- El aislamiento de las tuberías de distribución de agua helada se encontraban en pésimas condiciones, teniendo como consecuencia condensación y humedad en pasillos y, principalmente, en las habitaciones. Se comprobó que las fugas en la línea de distribución y habían afectado los plafones y las paredes de las habitaciones; con esta problemática se tenían una pérdida en la capacidad de enfriamiento de aproximadamente 15 TR/hr.

### **• ACCIONES CORRECTIVAS**

#### **Aislamiento**

Considerando las pérdidas calculadas por el pésimo estado del aislamiento, se

estimó que al corregir esta anomalía el sistema podría trabajar con una potencia liberada y, por lo tanto, no demandada, de aproximadamente 30 kW, generando un ahorro de energía eléctrica de 262,800 kWh anuales que a un precio medio de 0.168 kWh equivaldría a un ahorro anual de \$44,150.00, mientras que el costo de los trabajos ascendía a \$ 126,000.00. En vista de que esta inversión se recuperaba en 2.8 años y ante las limitaciones presupuestales del FIDE, el usuario tomó la decisión de aplicar esta acción correctiva con sus propios recursos.

Dichos trabajos consistieron en aislar todas las tuberías de agua helada del sistema de aire acondicionado, a lo largo de 1,200 Mts. líneas con diámetro variable (de 4" a 1/2") con los que se cubrió la red principal que abarca las siguientes áreas: pasillos, servicios, habitaciones, cuarto de máquinas y el sótano.

### **Sistema de acondicionamiento ambiental**

Al sustituir los compresores reciprocantes por compresores tipo tornillo, se obtiene una mayor eficiencia del orden del 64% que, necesariamente, se refleja un ahorro sustancial de energía eléctrica. Otra ventaja consiste en que el compresor tipo tornillo es más eficiente cuando trabaja a carga parcial, que cuando se tiene plena carga, característica que permite utilizar el sistema de acondicionamiento ambiental de acuerdo con la ocupación del hotel, lo cual es muy importante, si se considera que el hotel está al 100% de ocupación sólo cinco meses al año.

Por lo anterior, se tomó la decisión de sustituir dos de las tres unidades generadoras del agua helada con compresores recíprocos, por dos unidades con compresores tipo tornillo, lo cual tuvo un costo de \$ 458,906.80, que fueron pagados en parte iguales por el FIDE y el usuario. A continuación se muestra una tabla comparativa del equipo anterior vs. el equipo instalado.

	EQUIPO ANTERIOR CON COMPRESORES RECÍPROCOS	EQUIPO INSTALADO CON COMPRESORES TIPO TORNILLO	DIFERENCIA	%
TONELADAS DE REFRIGERACIÓN ENTREGADAS <sup>1</sup>	82.5	97.1	+ 14.6	+ 17.7
POTENCIA (KW)	131	75	- 56	- 42.7
ÍNDICE ENERGÉTICO (kW/TR)	1.59	0.77	- 0.82	- 51.5
EER (EFICIENCIA ENERGÉTICA)	7.5	12.3	+ 4.8	+ 64.0
CONSUMO MENSUAL KWh <sup>2</sup>	96,360	54,750	- 41,610	- 43.2

CUADRO 3. *Comparación entre equipos de acondicionamiento de aire*

El equipo ahorrador cuenta con un controlador cuenta con un controlador integrado y sensores de arranque y paro para cada compresor, de tal manera que al encender el equipo, arranca el primer compresor y si las condiciones de temperatura del agua de circulación se encuentran por arriba de los 13°C, mide dicha temperatura y enciende el segundo compresor; en caso contrario, el sistemas del sistema del aire acondicionado trabaja con un solo compresor.

### **Pronóstico de los ahorros**

De acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados y con base en los precios de las tarifas vigentes en 1994, año en que se desarrollo el

<sup>1</sup> Trabajando el equipo al 80% de su capacidad.

<sup>2</sup> Trabajando un promedio de 730 horas mensuales.

diagnóstico, se llegó a la conclusión de que el proyecto así contemplado redituaria ventajas para el usuario, ya que además de la disminución de gastos por mantenimiento e incremento en el nivel de confort, la inversión se recupera en menos de 3 años, como se muestra a continuación:

CONCEPTO (CIFRAS MENSUALES)	SUSTITUCIÓN DE EQUIPO DE ACOND. AMBIENTAL <sup>1</sup>	AISLAMIENTO DE TUBERÍA
Demanda actual (kW)	264	--
Demanda futura (kW)	150	--
Ahorro pronosticado (kW)	114	30
Consumo actual (kWh) <sup>2</sup>	192,720	--
Consumo futuro (kWh) <sup>3</sup>	109,500	--
Ahorro pronosticado (kWh)	83,220	21,900
Cargo por demanda (\$/kW)	23.086	23.086
Ahorro por demanda (\$)	2,631.80	692.60
Cargo por energía (\$/kWh)	0.1356	0.1356
Ahorro por energía (\$)	11,284.65	2,969.65
Importe total del ahorro (\$)	13,916.45	3,662.25
Inversión	458,906.80	126,000.00
Recuperación de inversión (Meses)	33	34
<b>INVERSIÓN TOTAL =</b>	<b>\$ 584,906.80</b>	
<b>AHORRO TOTAL ANUAL =</b>	<b>\$ 210,945.00</b>	
<b>RECUPERACIÓN =</b>	<b>2.77 AÑOS</b>	

CUADRO 4. *Pronósticos de ahorro para los proyectos del sistema de acondicionamiento ambiental*

## • RESULTADOS OBTENIDOS

Durante el mes de diciembre de 1994, se concluyó la instalación de las dos unidades generadoras de agua helada que, como se mencionó, contienen dos compresores de tipo tornillo, habiéndose desarrollado las pruebas

<sup>1</sup> Considerando 2 unidades.

<sup>2</sup> Demanda actual por 730 horas.

<sup>3</sup> Demanda futura por 730 horas.

correspondiente y su puesta en operación, de tal manera que a partir de la facturación del mes de enero de 1995, se empezaron a comprobar los ahorros pronosticados, según se aprecia en el siguiente cuadro. Cabe mencionar que, para fines comparativos, la última columna contiene un recálculo del importe que hipotéticamente deberá estar pagando el usuario de no haber desarrollado el proyecto, ya que, en este caso, el consumo anterior debería estar afectado por los nuevos precios de la tarifa que incluye un ajuste en el precio del combustible.

Como se puede observar, los ahorros realmente obtenidos rebasan las expectativas que se tuvieron antes de realizar el proyecto, habida cuenta de que el ahorro por la acción de aislar la tubería ya se estaba dando en el mismo año de 1994 y, por consiguiente, la comparación sólo es válida para los resultados contenidos por la sustitución del equipo de acondicionamiento ambiental y que a continuación se puntualizan.

1. En lo que se refiere a demanda, el pronóstico fue de ahorrar 114 kW, cuando se observa que de una demanda mensual promedio de 496 kW registrada durante 12994, se redujo a 389 kW en 1995, lo cual arroja una disminución de 107 kW que es ligeramente inferior al ahorro pronosticado.

Aún así, es válido subrayar que en 6 meses del año el ahorro en demanda superó ampliamente el valor de 114 kW, lo cual se explica porque son los meses de mayor afluencia turística. Por vía de ejemplo, obsérvese el mes de abril, en el cual se tuvo una demanda de 532 kW (1995) con un ahorro real de 168 kW.

2. En lo referente a consumo de energía se pronosticó un ahorro de 83,220 kWh mensuales, observándose que el ahorro promedio mensual de todo el año de 1995, fue de 81,933 kWh, cifra que es muy cercana a la del pronóstico. Sin embargo, aquí también cabe el razonamiento anterior, pues se comprueba que en 5 meses del año el ahorro fue también superior, llegando a 158,600 kWh durante el mes de septiembre, ya que de 381,200 kWh (1994) disminuyó hasta 222,600 kWh (1995). Ver cuadro siguiente:

PERIODO	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)	PRECIO MEDIO (\$/kWh)	RECALCULO DEL IMPORTE (\$)
ENERO 94	483	278,600	56,396.03	0.2024	60,498.84
ENERO 95	378	196,000	42,562.00	0.2172	42,562.00
AHORRO	105	82,600			17,936.84
FEBRERO 94	490	256,200	53,083.80	0.2072	61,900.11
FEBRERO 95	336	177,800	42,958.00	0.2416	42,958.00
AHORRO	154	78,400			18,942.11
MARZO 94	532	275,800	57,265.21	0.2076	67,556.52
MARZO 95	378	219,100	53,668.00	0.2449	53,668.00
AHORRO	154	56,700			13,888.52
ABRIL 94	532	334,600	66,751.81	0.1995	87,351.76
ABRIL 95	364	213,500	55,737.00	0.2611	55,737.00
AHORRO	168	121,100			31,614.76
MAYO 94	518	302,400	61,046.83	0.2019	78,997.88
MAYO 95	378	192,500	50,288.00	0.2612	50,288.00
AHORRO	140	109,900			28,709.88
JUNIO 94	483	354,900	72,400.00	0.2040	90,108.69
JUNIO 95	392	235,200	59,717.00	0.2539	59,727.00
AHORRO	91	119,700			30,391.69
JULIO 94	539	261,800	55,533.00	0.2121	69,244.06
JULIO 95	420	237,300	62,764.00	0.2645	62,764.00
AHORRO	119	24,500			6,480.06
AGOSTO 94	539	379,400	79,525.00	0.2096	100,309.55
AGOSTO 95	418	259,000	68,477.00	0.2644	68,477.00
AHORRO	121	120,400			31,832.55
SEPTIEMBRE 94	483	381,200	67,806.00	0.1779	98,051.97
SEPTIEMBRE 95	427	222,600	57,257.00	0.2572	57,257.00
AHORRO	56	158,600			40,794.97
OCTUBRE 94	448	266,000	58,546.00	0.2201	68,792.38
OCTUBRE 95	392	214,900	55,577.00	0.2586	55,577.00
AHORRO	56	51,100			13,215.38
NOVIEMBRE 94	462	268,800	53,733.00	0.1999	70,577.11
NOVIEMBRE 95	399	231,700	60,836.00	0.2626	60,836.00
AHORRO	63	37,100			9,741.11
DICIEMBRE 94	448	212,100	48,455.00	0.2285	60,229.67
DICIEMBRE 95	385	189,000	53,670.00	0.2840	53,670.00
AHORRO	63	23,100			6,559.67
PROM. AÑO 1994	496	297,650	60,878.47	0.2059	76,177.53
PROM. AÑO 1995	389	215,717	55,292.58	0.2559	55,292.58
AHORRO PROMEDIO MENSUAL	107	81,933			20,884.95

CUADRO 5. Ahorros reales obtenidos durante 1995

3. En cuanto a los importes ahorrados, el pronóstico tuvo una desviación que favoreció ampliamente al usuario debido al incremento en los precios de la tarifa aplicable, ya que el promedio mensual durante todo el año de 1995, fue

de \$ 20,884.95, cuando el pronóstico ascendió a \$ 13,916.45, lo que permitirá acelerar la recuperación de la inversión.

En el siguiente cuadro se consignan los resultados obtenidos sólo por lo que hace a valores promedio.

CONCEPTO	CIFRAS MENSUALES		AHORRO MENSUAL	
	ANTERIOR 1994	ACTUAL 1995	UNIDADES	%
DEMANDA (kW)	496	389	107	21.8
CONSUMO (kWh)	297,650	215,717	81,933	27.5
IMPORTE (\$)	76,177.53	55,292.58	20,884.95	27.4
PRECIO MEDIO (\$/kWh)		0.2559	--	--
FACTOR DE CARGA (%)	82.2	75.9	--	--
INVERSIÓN = \$ 458,906.80 <sup>1</sup>			RECUPERACIÓN = 1.83 AÑOS	

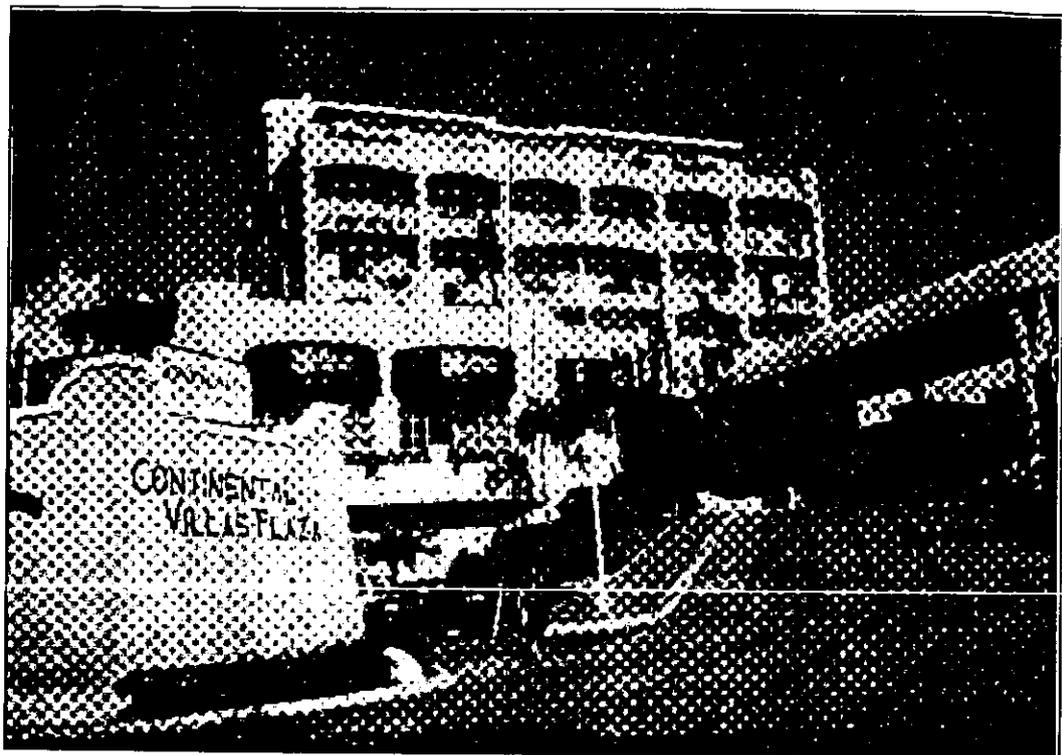
CUADRO 6. Resultados obtenidos durante 1995 (valores promedio)

## • CONCLUSIONES

- \* La experiencia obtenida de este proyecto resultó muy valiosa por cuanto a que, tratándose de equipo con más de 15 años de uso, resultó altamente redituable sustituir los compresores recíprocos por otros de tipo tornillo.
- \* Los resultados de este proyecto indican que existe un amplio potencial de ahorro en todos aquellos casos similares, sean hoteles, edificios, centros comerciales, hospitales, etc., que a la fecha sigan operando con una antigüedad igual o mayor a la mencionada.

<sup>1</sup> Corresponde a la sustitución del equipo de acondicionamiento ambiental.

- \* La disminución en el consumo y demanda de energía eléctrica durante 1995, se logró no obstante que en ese año se pudo incrementar la ocupación de cuartos por noche, pasando de un promedio mensual de 2,733 CON a 3,490 CON.
- \* Lo anterior significa que los índices de energía y demanda-cuarto noche ocupado disminuyeron hasta 61.8 kWh/CNO y 0.11 kW/CNO, que representan mejoras de 43.2% y 38.95% respectivamente, en la operación del hotel, y significa un mayor aprovechamiento de la energía eléctrica, sin demeritar las condiciones de confort de los huéspedes.
- \* Aunque la sustitución de las unidades generadoras de agua fría puede resultar a simple vista una medida costosa, los ahorros obtenidos en los tres rubros, consumo, demanda e importe, son a tal punto atractivos que la inversión se recupera en menos de 2 años, además de otras ventajas como disminución en los gastos de mantenimiento generados por el equipo anterior.



HOTELES CONTINENTAL

## **4.5. CASO: HOTELES CONTINENTAL**

### **• ANTECEDENTES**

Debido al éxito alcanzado en el proyecto demostrativo de ahorro de energía en el Hotel Continental Villas Plaza Cancún, el cual pertenece a la cadena SIDEKTUR, propietaria de unos 12 hoteles y villas diseminadas a lo largo de la costa del Pacífico y el Caribe Mexicano, se planteó la posibilidad de emprender un proyecto más ambicioso, en el cual se incluían 4 establecimientos de esta cadena para eficientizar sus sistemas de acondicionamiento ambiental. Los hoteles y villas que entraron en este programa fueron:

1. Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta.
2. Hotel Plaza Las Glorias Cancún.
3. Hotel Continental Villas Plaza Cancún.
4. Hotel Plaza Las Glorias Cozumel.

### **• DIAGNÓSTICO**

Una firma consultora realizó inicialmente un estudio del sistema de aire acondicionado en el Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta, para determinar la viabilidad del proyecto y así poder extenderlo a los otros 3. En el cuadro 1, se muestran los consumos e importes habidos durante un período de 3 meses:

PERIODO	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)
Junio 92	536,200	72,736.00
Julio 92	541,100	73,400.00
Agosto 92	518,000	70,266.00
Promedio	532,767	72,134.00

**CUADRO 1. Consumos e importes del hotel continental plaza puerto Vallarta**

Asimismo, se analizaron las condiciones de operación de los sistemas de acondicionamiento ambiental (unidad recíprocante con presión máxima de descarga de 300 libras/pulg<sup>2</sup>), cuyos resultados aparecen en el cuadro 2.

CONCEPTO	
Capacidad de enfriamiento (TR)	220
Potencia (kW)	313 <sup>1</sup>
Relación de eficiencia (kW/TR)	1.4
Tiempo de operación (Hrs)	600 <sup>2</sup>
Consumo de energía (kWh)	187,800
Costo de operación (N\$)	37,560.00 <sup>3</sup>
Costo de mantenimiento (N\$)	925.00 <sup>4</sup>
Costo por refacciones (N\$)	1,100.00 <sup>4</sup>
Costo total (N\$)	39,585.00

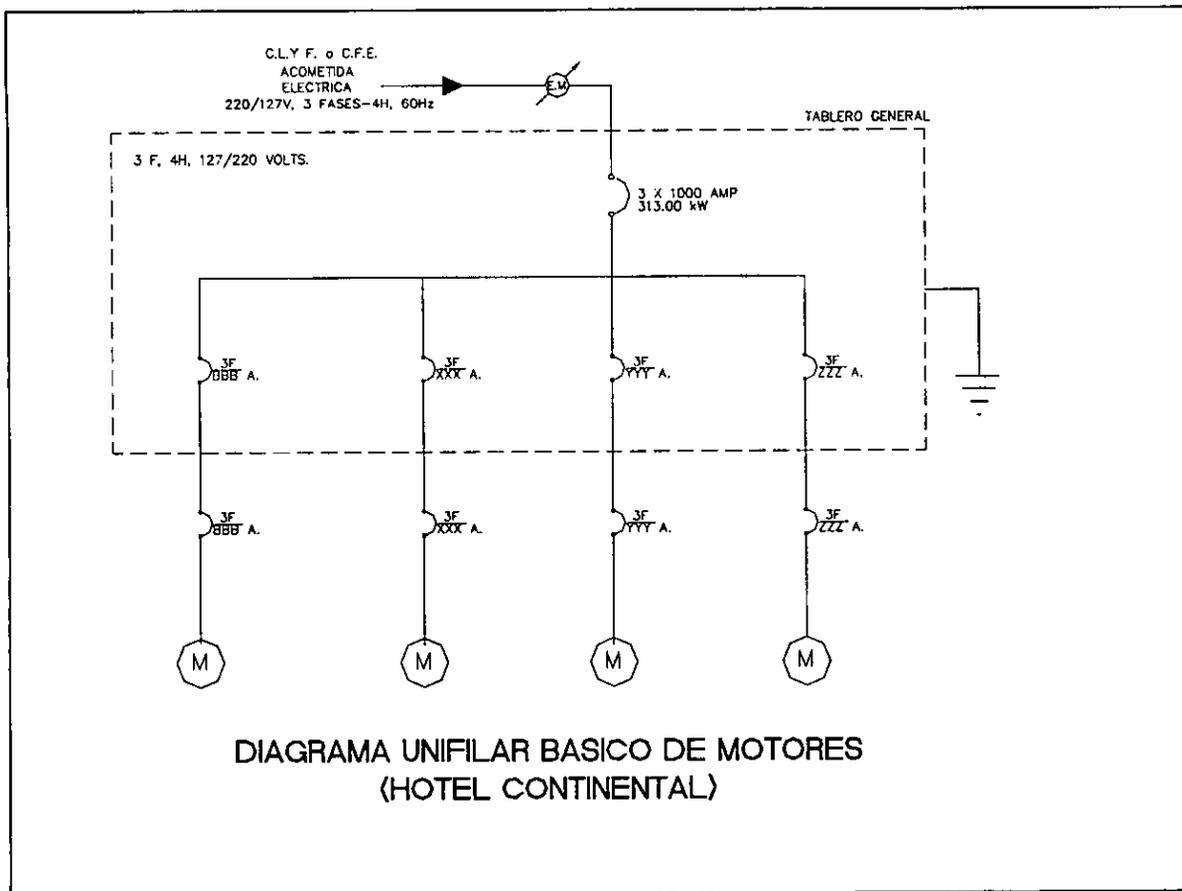
**CUADRO 2. Datos técnicos y operativos del aire acondicionado del Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta, durante un mes**

<sup>1</sup> Incluye motores de compresores y ventiladores de condensadores.

<sup>2</sup> El tiempo de operación de los equipos fue de 20 horas al día, durante 30 días por mes.

<sup>3</sup> El costo promedio por energía eléctrica se consideró de N\$ 0.2 por kWh (incluye el cargo por demanda máxima).

<sup>4</sup> En los costos de mantenimiento y refacciones, se consideran unidades de pistón trabajando en óptimas condiciones.



Se pudo comprobar que la eficiencia del equipo actual era de 1.4 kW/TR, índice elevado en comparación con las modernas unidades de refrigeración centrífugas (0.7 kW/TR). En caso de que fuera factible sustituir dicha unidad reciprocante, podría obtenerse una disminución considerable en el consumo de energía eléctrica. Sin embargo, cambiar de un sistema a otro implicaba realizar una cuantiosa inversión, debido al alto costo de los equipos centrífugos. Era importante, en consecuencia, encontrar una solución al problema financiero, la cual surgió de un novedoso esquema, en donde no es necesario invertir en la compra de esta clase de unidades, sino únicamente adquirirlas en renta por una cuota mensual fija, la cual se pagaría, por sí mismo, con el ahorro de energía eléctrica y aún así quedaría un remanente.

Si bien la unidad centrífuga implica menores costos de operación y, por consiguiente, menores costos por consumo de energía eléctrica, también requiere de un sistema de agua de enfriamiento, cuya reposición tiene un costo adicional. Aún así, el beneficio potencial es muy atractivo, tal como se observa en el cuadro 3.

CONCEPTO	UNIDAD RECIPROCANTE	UNIDAD CENTRIFUGA	DIFERENCIA
Capacidad de enfriamiento (TR)	220	220	--
Potencia (kW)	313	162 <sup>1</sup>	151
Relación de eficiencia (kW/TR)	1.4	0.7	0.7
Tiempo de operación (Hrs)	600	600	--
Consumo de Energía (kWh)	187,800	97,200	90,600
Costo de operación (\$)	37,560.00	19,440.00	18,120.00
Costo de mantenimiento (\$)	925.00	--	925.00
Costo por refacciones (\$)	1,100.00	--	1,100.00
Costo de renta (\$)	--	9,800.00	-9,800.00
Costo de agua de reposición para torre de enfriamiento (\$)	--	4,158.00 <sup>2</sup>	
Costo total (\$)	39,585.00	33,398.00	6,187.00
Ahorro mensual	--	--	6,187.00
Ahorro anual	--	--	74,244.00

**CUADRO 3. Comparativo entre la unidad recíproca y centrífuga del Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta. Valores mensuales**

Como se puede observar, sustituirla la unidad recíproca por otra de tipo centrífuga, originaría ahorros del orden de \$ 6,187.00 mensuales, que a todas luces se ventajoso desde el punto de vista del beneficio al usuario, y aún más visto del beneficio al usuario, y aún más visto como beneficio al usuario, y aún más visto como beneficio a Comisión Federal de Electricidad, ya que por una parte se disminuye la potencia en 151 kW y, por otra, la energía eléctrica ahorrada es de 90,600 kWh mensuales con un importe de \$ 18,120.00. Conviene mencionar que en este caso la inversión sólo corresponde a los costos de instalación y de la obra civil, con un monto de \$ 64,680.00 y \$ 22,000.00 respectivamente, cuya suma (\$ 86,680.00, incluyendo I.V.A.) se recupera en un período de 14 meses que compite ventajoso con cualquier otro tipo de inversión.

<sup>1</sup> Incluye funcionamiento del motor del compresor, de la bomba de agua de condensación y del ventilador de la torre de enfriamiento.

<sup>2</sup> El flujo de agua de reposición es de 9 lts/hr-TR a un costo de \$3.5 m<sup>3</sup>.

## • ACCIONES CORRECTIVAS

Habida cuenta de los resultados obtenidos del diagnóstico, se decidió realizar este proyecto en paquete, incluyendo otros 3 hoteles ubicados en Cancún (2) y Cozumel. El proyecto integral consistió en instalar 4 unidades centrífugas que totalizan 770 TR, distribuidas de la siguiente manera: 220 TR, en Puerto Vallarta; 150 TR, en las Glorias Cancún y 150 TR, en Cozumel. La inversión que se realizó se muestra en el cuadro No. 4, en donde se observa que el período de recuperación sería de 24 meses.

HOTEL	AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$)	AHORRO NETO <sup>1</sup> (\$)	INVERSIÓN (\$)	RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (MESES)
Continental Plaza puerto Vallarta	18,120.00	6,187.00	86,680.00	14
Plaza las Glorias Cancún	12,505.00	3,433.00	99,000.00	29
Continental Villas Plaza Cancún	20,557.00	3,736.00	97,900.00	26
Plaza Las Glorias Cozumel	12,352.00	3,280.00	113,300.00	34
<b>Total</b>	<b>63,534.00</b>	<b>16,636.00</b>	<b>396,880.00</b>	<b>24</b>

CUADRO 4. *Ahorros estimados e inversión necesaria para la realización del proyecto. Valores mensuales*

## • RESULTADOS

A fin de evaluar los resultados reales alcanzados, tomando como referencia los valores del Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta, se compararon los consumos habidos durante 3 meses después de haberse concluido el proyecto, habiéndose obtenido los ahorros según cifras del cuadro 5.

<sup>1</sup> Considera costos de agua de reposición más renta de los equipos.

PERIODO	CONCEPTO	
	CONSUMO (kWh)	IMPORTE (\$)
Junio 92	536,200	72,736 00
Junio 93	336,000	45,578 00
AHORRO	200,200	27,158.00 (37.3%)
Julio 92	541,100	73,400 00
Julio 93	378,000	51,276 00
AHORRO	163,100	22,124.00 (30.1%)
Agosto 92	518,000	70,267 00
Agosto 93	379,400	51,466 00
AHORRO	138,600	18,801.00 (26.7%)
Valores promedio anteriores	532,767	72,134 00
Valores promedio actuales	362,467	49,440 00
AHORRO PROMEDIO	167,300	22,694.00 (31.5%)

**CUADRO 5. Consumos de energía eléctrica e importes correspondientes antes y después del proyecto, en el Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta**

Según se observa, los resultados superaron las expectativas del consultor, pues éste había pronosticado ahorros de \$ 18,120.00, cuando el promedio es de \$22,694.00, sólo por lo que hace al Hotel Continental Plaza Puerto Vallarta, resultados que han sido satisfactorios en los otros 3 hoteles.

#### • VENTAJAS

Con este proyecto se obtienen las siguientes ventajas:

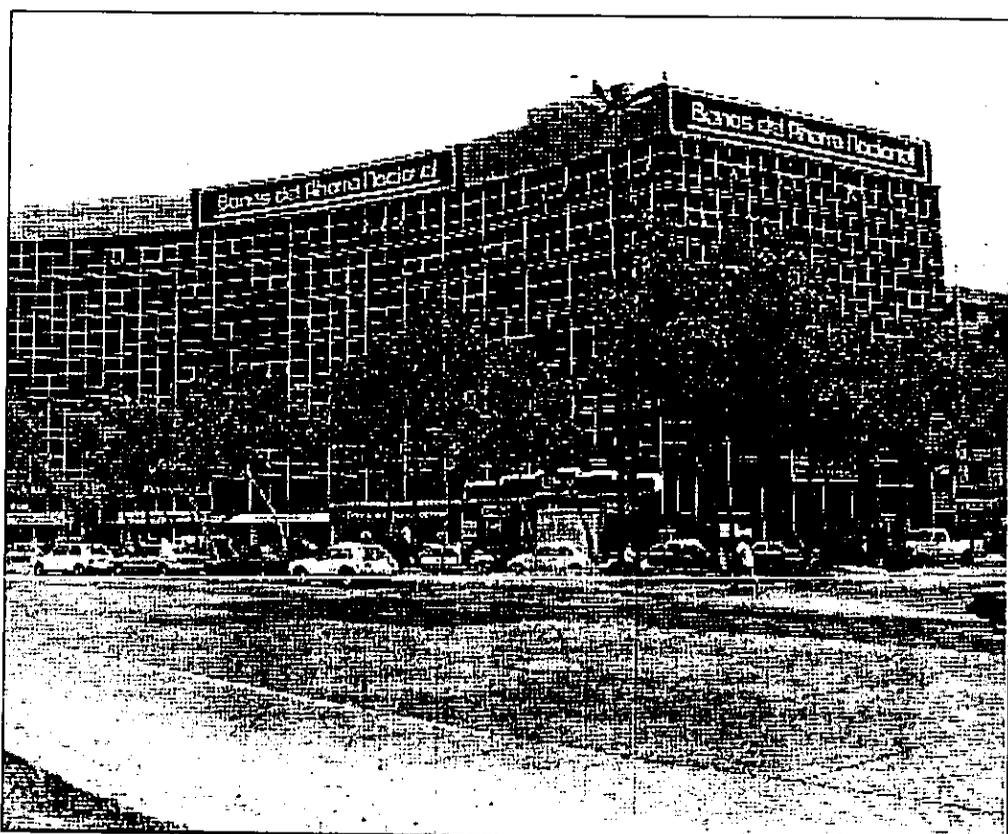
- \* El usuario pagará hasta 37.3% menos por concepto de energía eléctrica.
- \* Una vez cubiertos los gastos adicionales como renta de equipos y agua de reposición, el usuario verá disminuido sus gastos de operación en \$ 4,162.00 que representa el 11.1% de los gastos originados por el funcionamiento del equipo de acondicionamiento ambiental.

- \* Dado que la inversión sólo corresponde a gastos de instalación más costo de obra civil, el nivel de ahorro obtenido permite recuperar la inversión en 24 meses que es un período sumamente atractivo.
- \* En virtud del grado de concientización de los funcionarios de la cadena SIDEKTUR, fue posible realizar este proyecto con aportaciones tanto del grupo como del FIDE.

## • CONCLUSIONES

- \* La hotelería es un negocio con costos crecientes pero con tarifas al usuario difíciles de incrementar, situación que aunada al nivel de competencia en zonas turísticas de playa, origina la necesidad de reducir costos a fin de mantener las utilidades.
- \* Uno de los costos más fáciles de abatir corresponde al de energía eléctrica, fundamentalmente porque una gran proporción más fáciles de abatir corresponde al de energía eléctrica, fundamentalmente porque una gran proporción está dada por el funcionamiento de equipos de acondicionamiento ambiental que, ha quedado demostrado, son obsoletos en cuanto a su eficiencia de kW por tonelada de refrigeración.
- \* Si se desea incrementar la eficiencia y, por consiguiente, reducir gastos por consumo de energía eléctrica, no es necesario realizar inversiones cuantiosas en la compra de equipos más eficientes. Se ha encontrado una fórmula a base de renta que también reditúa beneficios.

- \* Una opción para incrementar la eficiencia en equipos de acondicionamiento ambiental, según resultados satisfactorios obtenidos, consiste en instalar equipo centrífugo enfriado por agua.



**PATRONATO DE AHORRO NACIONAL**

## **4.6. CASO: PATRONATO DE AHORRO NACIONAL**

### **• ANTECEDENTES**

El patronato del Ahorro Nacional, organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, concretó negociaciones con una firma de consultoría para desarrollar un proyecto de ahorro de energía eléctrica en su edificio de Paseo de la Reforma No. 77 de la Ciudad de México, empresa que diagnosticó la posibilidad de que tal ahorro podría alcanzar la cifra de 4,181,000.00 anuales, incluyendo I.V.A., mediante la modificación del sistema de iluminación, para lo cual sería necesario desarrollar trabajos con un costo de \$557,000.00 incluyendo I.V.A., inversión recuperable aproximadamente en 3.1 años.

Siendo una de los objetivos del FIDE apoyar este tipo de proyectos que, por la naturaleza de las actividades de la institución, permiten obtener un efecto multiplicador importante, con fecha 14 de junio de 1995 celebró con el Patronato del Ahorro Nacional un Convenio por virtud del cual el FIDE financiaría sin intereses las dos terceras partes de la inversión.

### **• CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Para facilitar los cálculos comparativos que deberían hacerse con posterioridad, se tomaron como base las características del servicio de energía eléctrica doce meses antes de efectuarse las acciones correctivas, según se muestra a continuación.

PERIODO	DEMANDA KW	CONSUMO KWh	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$KWh
AGOSTO 94	174	59,760	30,175.00	0.50494
SEPTIEMBRE 94	182	66,840	32,728.00	0.48965
OCTUBRE 94	183	61,740	29,091.00	0.47119
NOVIEMBRE 94	191	62,080	30,143.00	0.48555
DICIEMBRE 94	197	68,220	33,236.00	0.48719
ENERO 95	194	65,220	29,812.00	0.45710
FEBRERO 95	194	68,580	34,950.00	0.50962
MARZO 95	194	67,200	34,796.00	0.51780
ABRIL 95	193	57,660	39,784.00	0.68998
MAYO 95	192	56,160	40,793.00	0.72637
JUNIO 95	202	65,940	45,930.00	0.69654
JULIO 95	201	68,520	46,450.00	0.6770
PROMEDIO	191	63,993	35,657.33	0.5572

CUADRO 1. *Demanda y consumo de energía eléctrica (agosto de 1994 a julio de 1995)*

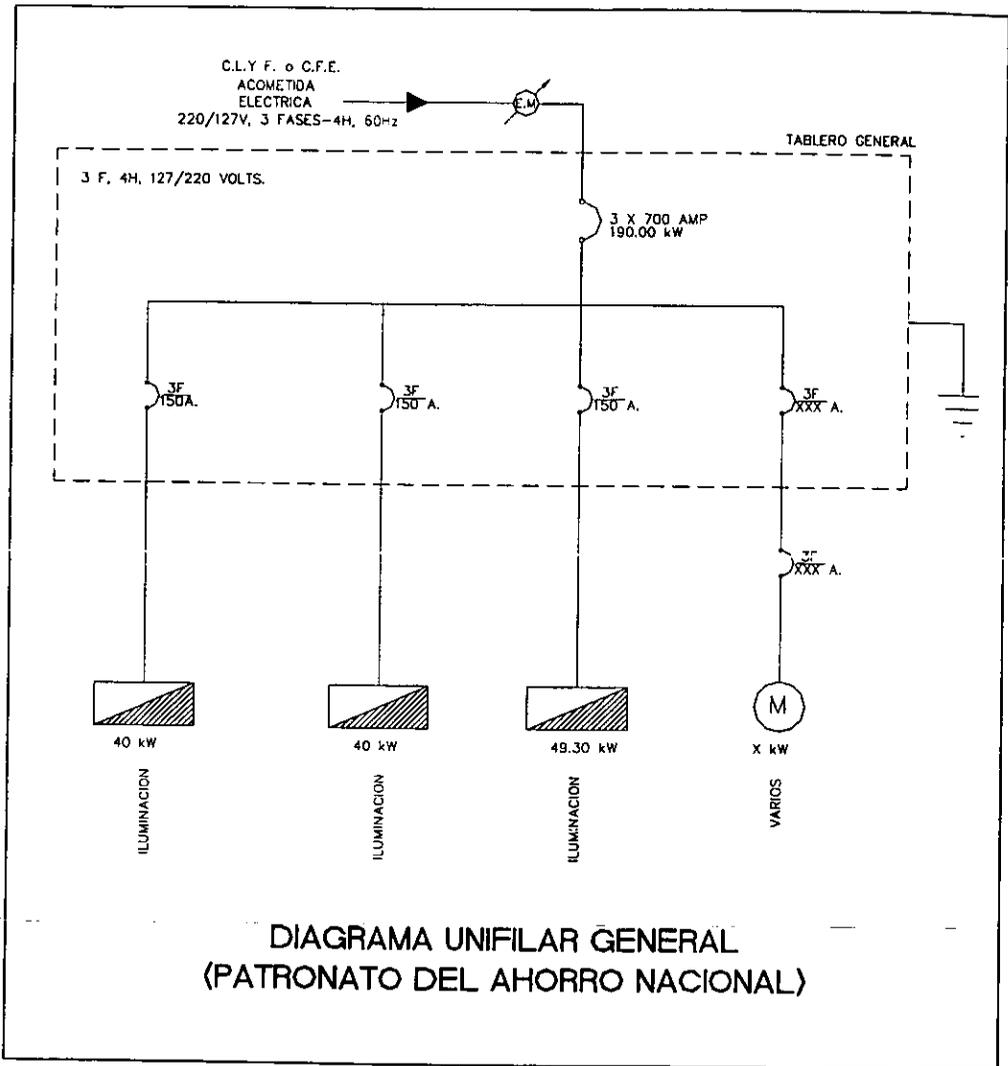
## • CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Por otra parte, se hizo un levantamiento de la carga instalada en el sistema de iluminación, habiéndose obtenido lo siguiente:

TIPO DE SISTEMA	NUMERO DE LUMINARIOS	CARGA UNITARIA WATTS	CARGA TOTAL KW
Fluorescente 4x20W	1,050	110	115.6
Fluorescente 2x74W	9	168	1.5
Fluorescente 2x39W	6	93	0.6
Fluorescente 4x74W	11	336	3.7
Fluorescente 60W	131	60	3.9
<b>TOTAL</b>	<b>1,207</b>		<b>129.3</b>

CUADRO 2. *Características del sistema de iluminación*

Correlacionando los dos cuadros anteriores, se observa que de los 191 kW promedio de demanda máxima, y considerando un factor de diversidad unitario, 130 kW corresponden al sistema de iluminación, lo cual significa que el alumbrado es la carga preponderante con 68% y que es aquí en donde existen las mejores posibilidades de ahorro, aún más si se toma en cuenta que el 87% de las unidades, o sea 1,050, corresponden a gabinetes de 4x20W que es el sistema más ineficiente, tanto por el bajo rendimiento lumínico en comparación con su potencia, como por el alto consumo de los balastos.



## • DIAGNOSTICO

Analizadas las condiciones en que se encontraban los luminarios, se pudo establecer:

- \* Baja reflectancia de los gabinetes debido al deterioro de la pintura originado por la mala calidad de los materiales empleados en su fabricación. Una prueba de campo demostró que el índice de reflectancia, en algunos casos, llegó a ser hasta del 40%, que es deficiente si se toma en cuenta que en la actualidad se están construyendo gabinetes con una reflectancia, en algunos casos, llegó a ser hasta del 40%, que es deficiente si se toma en cuenta que en la actualidad se están construyendo gabinetes con una reflectancia entre 92 y 95%.
- \* Baja eficiencia de las lámparas en uso, que son tipo T-12 arranque rápido de 20 watts luz de día y flujo luminoso de 1078 lúmenes, alojadas cuatro en cada gabinete con un total de 4200 lámparas que representan el 98.3% de las lámparas fluorescentes instaladas.
- \* Baja eficiencia de los balastos utilizados, ya que cada gabinete registró una demanda de 110 watts, lo que proporciona una eficiencia del conjunto igual a 39 lúmenes por watt, que es inferior en cuando menos 50% con respecto a la eficiencia de equipos similares pero con tecnología de punta.

Por lo anterior, la firma consultora propuso las siguientes acciones correctivas:

a) Incrementar el índice de reflectancia de los gabinetes mediante la instalación de reflectores de aluminio en la parte superior de dichos gabinetes. El diseño y construcción de los reflectores debería hacerse conforme a las características del sistema actual, es decir, tomando en cuenta la altura de montaje sobre el plano de trabajo y el espaciamiento entre gabinetes, con el objetivo de que la curva de distribución fotométrica del reflector adaptado, proporcionara la misma uniformidad y así evitar zonas más oscuras que otras.

b) Retirar de cada gabinete las 4 lámparas de 20 watts y en su lugar instalar solamente 2 de 17 watts del tipo T'8.

c) Substituir los balastos por otros de mayor eficiencia que en el mercado se conocen como "híbridos" o "electrónicos de baja frecuencia".

d) Convertir los 9 luminarias de 2x74 watts a 1x60 watts T-12; los 6 luminarias de 2x39 watts a 1x34 watts T-12; los 11 luminarias de 4x74 watts a 2x60 watts T-12 y substituir las 131 lámparas incandescentes de 69 watts por igual número de lámparas fluorescentes compactas de 13 watts.

Bajo este esquema, se determinó que el ahorro, sólo por lo que a la potencia se refiere, era el siguiente:

---

SISTEMA ACTUAL		SISTEMA PROPUESTO		DIFERENCIA DE CARGA WATTS	No. DE LUMINARIAS	AHORRO EN KW
TIPO	CARGA EN WATTS	TIPO	CARGA EN WATTS			
4x20W	110	2x17W	44	66	1,050	69.3
2x74W	168	1x60W	70	98	9	0.9
2x39W	93	1x34W	41	52	6	0.3
4x74W	336	2x60W	140	196	11	2.1
1x60W	60	1x13W	13	47	131	6.2
<b>TOTAL</b>					<b>1,207</b>	<b>78.8</b>

**CUADRO 3. Ahorros obtenidos en Kw**

Para conocer en qué magnitud la disminución de 78.8 KW en la carga, influye en la disminución de la demanda, era necesario aplicar valores de factor de diversidad en cada uno de los alimentadores. Puesto que la carga principal consistía en los gabinetes de 4x20W, se supuso a las demás cargas con factor de diversidad luminoso, mientras que aquella se discriminó por pisos, resultando los siguientes valores:

ÁREA	No. DE GABINETES	DISMINUCIÓN DE CARGA kW <sup>1</sup>	FACTOR DE DIVERSIDAD	DISMINUCIÓN DE DEMANDA (kW)
MEZZANINE	70	4.6	1.1	4.2
1er. NIVEL	1,220	8.1	1.2	6.7
2do. NIVEL	97	6.4	1.2	5.3
3er. NIVEL	182	12.0	1.3	9.2
4o. NIVEL	152	10.0	1.4	7.1
5o. NIVEL	212	14.0	1.4	9.3
6o. NIVEL	215	14.2	1.5	9.5
<b>TOTAL</b>	<b>1,050</b>	<b>69.3</b>		<b>50.5</b>

**CUADRO 4. Ahorros en (kW) por piso**

En consecuencia, el potencial de ahorro en el consumo de energía resultó atractivo, ya que fue el siguiente:

<sup>1</sup> Resultado de considerar una disminución de 66 watts por gabinete.

TIPO DE SISTEMA	AHORRO EN DEMANDA kW	HORAS DE USO AL MES	AHORRO EN CONSUMO MENSUAL kWh	AHORRO EN EL IMPORTE <sup>1</sup>	
				MENSUAL	ANUAL
4 x 20 W	50.5	350	17,675	11,966.00	143,592.00
2 x 74 W	0.9	600	540	365.00	4,380.00
2 x 39 W	0.3	290	87	59.00	708.00
4 x 74 W	2.1	600	1,260	853.00	10,236.00
1 x 60 W	6.2	450	2,790	1,889.00	22,668.00
<b>TOTAL</b>	<b>60.1</b>		<b>22,352</b>	<b>15,132.00</b>	<b>181,584.00</b>

CUADRO 5. *Potencial de ahorro en el consumo de energía eléctrica*

### • ACCIONES CORRECTIVAS

\* En virtud de que tal pronóstico permitía establecer la factibilidad del proyecto, ya que la inversión de \$ 557,000.00 podría recuperarse en un período de 3.1 años, con fecha 21 de julio de 1995 el FIDE y el Patronato del ahorro Nacional celebraron contrato mancomunado con una firma consultora para que ésta desarrollara los trabajos previamente propuestos y los cuales consistieron en:

\* Retirar 4,200 lámparas de 20w T-12 y 2,100 balastos de baja energía en 1,050 gabinetes de 0.60x0.60 m., instalando un reflector espectacular de aluminio en cada uno de dichos gabinetes; asimismo, colocar 2,100 lámparas de 17w T-8 y 1,050 balastos tipo "híbrido" con sus respectivas bases que fueron relocalizados dentro del mismo gabinete.

<sup>1</sup> Considerando un precio medio de \$ 0.677 por Kwh, que corresponde al precio medio del mes de julio de 1995.

- \* Retirar 18 lámparas de 74w T-12 y 9 balastos de baja energía en 9 gabinetes de 0.30 x 2.44 m., instalando un reflector espectacular de aluminio en cada uno de ellos y 9 lámparas de 60w T-12, más 5 balastos de alta eficiencia, con sus respectivas bases.
- \* Retirar 12 lámparas de 39w T-12 y 6 balastos de baja energía en 6 gabinetes de 0.30 x 1.22m., instalando un reflector especular de aluminio en cada gabinete y 22 lámparas de 60 w T-12 más 11 balastos de alta eficiencia, con sus respectivas bases.
- \* Retirar 131 focos incandescentes de 60w cada uno y en su lugar instalar 131 lámparas fluorescentes compactas de 13w cada una, incluyendo su respectivo reflector.
- \* Sustituir 1,076 difusores existentes por otras de material acrílico.

## • CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO INSTALADO

- \* Reflector.- El material utilizado es aluminio anodizado con capa de película dieléctrica, cuyo fabricante presentó el resultado de diversas pruebas desarrolladas en laboratorio. Los dobleces tienen una exactitud milimétrica de acuerdo con las dimensiones del gabinete y la disposición de éstos (espaciamiento y altura de montaje), de tal manera que siendo altamente reflectivo, su propósito consiste en mejorar el control direccional de la luz, el cual minimiza las pérdidas dentro del gabinete hasta el punto de hacerlas casi nulas. Una vez ejecutados los dobleces adecuados, el reflector produce

múltiples imágenes en forma simétrica a las lámparas reubicadas en los extremos dentro del gabinete, haciendo que éste proporcione una luz tan intensa como cuando tenía el total lámparas.

- \* La lámpara T-8 de 17w constituye uno de los adelantos tecnológicos más importantes en lo que a iluminación se refiere, pues su diámetro de 1 pulgada se ha reducido en comparación con la comparación con la convencional que se encontraba instalada (1 1-2 pulgada) con el objeto de obtener mayor flujo luminoso y el cual llega a 1,400 lúmenes que significa un incremento del 30% con respecto a la otra (1,075 lúmenes). Su índice de rendimiento de color (CRI) es de 85, lo cual significa que está muy cerca de la calidad proporcionada por un foco incandescente, cuyo CRI es de 100. Las lámparas retiradas de 20 w tenían un CRI de 79, lo que indica la ventaja obtenida en cuanto al confort visual.

## • RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez concluido el proyecto, se hizo un análisis de los consumos y demandas habidas durante el período de septiembre de 1995 a febrero de 1996, (el mes de agosto de 1995, se eliminó por no ser representativo) en comparación con el mismo período del año anterior, habiéndose obtenido los resultados que se muestran en el siguiente cuadro. Como no existe un comparación directa en los importes debido al incremento en el precio de la energía eléctrica, se ha incluido en la última columna de dicho cuadro, un recálculo del importe ahorrado, el cual se hizo con base en el precio medio del mes comprado, llegándose a la conclusión que el ahorro mensual promedio del

período analizado ascendió a \$ 17,873.25, equivalente \$ 214,479.00 anuales, lo que permitirá recuperar la inversión en 2.6 años, cifra que rebasa las previsiones hechas antes de desarrollar el proyecto.

PERIODO	DEMANDA kW	CONSUMO kWh	IMPORTE \$	PRECIO MEDIO \$/KWh	RECALCULO DEL IMPORTE <sup>1</sup>
Septiembre 1994	182	66,840	32,728.00	0.489	50,597.90
Septiembre 1995	142	48,360	36,632.75	0.757	36,632.75
<b>AHORRO</b>	<b>40</b>	<b>18,480</b>			<b>13,965.15</b>
Octubre 1994	183	61,740	29,091.00	0.471	47,478.00
Octubre 1995	146	43,080	33,160.35	0.769	33,160.35
<b>AHORRO</b>	<b>37</b>	<b>18,660</b>			<b>14,317.65</b>
Noviembre 1994	191	62,080	30,143.00	0.485	51,960.00
Noviembre 1995	145	43,320	36,255.00	0.837	36,255.00
<b>AHORRO</b>	<b>46</b>	<b>18,760</b>			<b>15,705.00</b>
Diciembre 1994	197	68,220	33,236.00	0.487	54,712.40
Diciembre 1995	140	40,680	32,611.25	0.802	32,611.25
<b>AHORRO</b>	<b>57</b>	<b>27,540</b>			<b>22,101.15</b>
Enero 1995	194	65,220	29,812.00	0.457	52,632.50
Enero 1996	133	39,540	31,925.80	0.807	31,925.80
<b>AHORRO</b>	<b>61</b>	<b>25,680</b>			<b>20,706.70</b>
Febrero 1995	194	68,580	34,950.00	0.509	59,390.30
Febrero 1996	147	44,940	38,946.40	0.866	38,946.40
<b>AHORRO</b>	<b>47</b>	<b>23,640</b>			<b>20,443.90</b>
<b>AHORRO PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>48</b>	<b>22,127</b>		<b>0.807</b>	<b>17,873.25</b>

**CUADRO 6. Ahorros obtenidos en el período de septiembre de 1995 a febrero de 1996**

Resumiendo el cuadro anterior, se observa el siguiente que la demanda disminuyó, en un período de 6 meses posteriores a la conclusión del proyecto, de 190 kW a 142 kW que representa un ahorro de 48 kW equivalente al 25.3%; el consumo se redujo de 65,447 kWh promedio mensual a 43,320 kWh, lo que indica un ahorro mensual de 22,127 kWh y que corresponde al 33.8%, mientras que en el importe conviene subrayar el hecho que el usuario estaría pagando actualmente facturas de \$ 52,795.00 mensuales de no haberse

<sup>1</sup> Resultado de multiplicar el consumo del mes por el precio medio del mismo mes del año posterior.

realizado el proyecto, cuando el pago asciende a \$ 34,922.00 lo cual representa un ahorro mensual de \$ 17,873.00 equivalente al 33.8%.

CONCEPTO	CIFRAS MENSUALES		AHORRO MENSUAL	
	ANTERIOR	ACTUAL	UNIDADES	%
DEMANDA (kW)	190	142	48	%
CONSUMO (Kwh)	65,447	43,320	22,127	25.3
IMPORTE \$	52,795.00	34,922.00	17,873.00	33.8
PRECIO MEDIO \$/KWh		0.807		33.8
FACTOR DE CARGA (%)	47.8	42.3		
INVERSIÓN = \$ 557,000.00		RECUPERACIÓN = 2.6 AÑOS		

CUADRO 7. Resumen de los resultados obtenidos

## • CONCLUSIONES

El proyecto representó un magnifico negocio para el usuario, ya que, según se observa en las facturaciones, el precio medio de la energía eléctrica sigue una tendencia ascendente, lo cual significa que la inversión se podrá recuperar en menos de 2.6 años.

- \* Se comprobó que el sistema de iluminación de 4x20 watts sigue siendo uno de lo más ineficientes, pero asimismo, se pudo demostrar que sin necesidad de realizar trabajos costosos y molestos, este sistema puede convertirse en uno de lo más eficientes utilizando materiales con tecnología de punta.
- \* El hecho de reducir el 50% el número de lámparas instaladas, no sólo significa un ahorro substancial en el consumo de energía eléctrica, sino ahorros adicionales por concepto de mantenimiento, ya que al término de su

<sup>1</sup> No se consigna cifra porque el importe ha sido recalculado conforme a los precios vigentes.

vida útil, sólo serán reemplazados el 50% tanto de lámparas como de balastos.

## CONCLUSIONES

### • CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

El uso de la energía eléctrica en los últimos años se ha caracterizado por un acentuado dinamismo, cuyo comportamiento se puede observar a través de su consumo. Éste se incrementó de 70,614 Gwh en 1985 a 113,365 Gwh<sup>1</sup> en 1995, en tanto el número de usuarios aumentó de 12,551,000 a 20,143,497 usuarios,<sup>2</sup> en el mismo periodo.

El aumento del consumo de energía eléctrica es el resultado, principalmente, de la tendencia a la concentración de los habitantes en grandes centros urbanos, al ritmo acelerado de electrificación rural y al uso intensivo de la electricidad, inducida por el proceso de modernización industrial del país.

En 1995, México disponía de una capacidad instalada de 32,166 MW,<sup>3</sup> con la cual atendía un consumo de 113,365 GWh/año.

Del total de la energía producida, el sector industrial consumió en 1995 55.8%, el sector doméstico 25.1%, los servicios públicos y comerciales 13.0% y la agricultura 5.9 por ciento.<sup>4</sup>

---

<sup>1</sup> Las cifras utilizadas corresponden a las ventas anuales registradas por la CFE y no incluyen exportaciones

<sup>2</sup> *Idem*

<sup>3</sup> *Idem*

<sup>4</sup> *Idem*

Se estima que es posible obtener ahorros significativos en el consumo de energía eléctrica, considerando el uso de equipos y tecnologías ya existentes, que permiten elevar la eficiencia de los usos finales de la energía eléctrica.

Los beneficios de los programas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica permiten favorecer no sólo a las empresas generadoras que implanten estos programas, sino también a los usuarios que participan en la conservación. Los usuarios se benefician finalmente en cinco formas fundamentales:

- 1) Reducen su consumo y eso les ahorra dinero.
- 2) Aumentan la confiabilidad de sus equipos.
- 3) Mejoran la rentabilidad del capital invertido.
- 4) Reducen los costos de mantenimiento de las plantas.
- 5) Contribuyen a reducir los índices de emisiones de gases invernadero.

El financiamiento de estos proyectos de ahorro de energía, en casi todos los casos, no tiene costos financieros para el usuario, porque la empresa generadora o promotora del programa los financia y obtiene una utilidad proveniente de futuros decrementos de costos.-----

## **POTENCIALES Y METAS DE AHORRO DE ENERGÍA PARA EL AÑO 2000**

Derivadas de los primeros proyectos desarrollados por el FIDE, se han captado algunas experiencias que, sin duda, serán de gran utilidad para los programas que se efectúan.

Se ha observado que los ahorros de energía eléctrica pueden ser, en la mayoría de los casos: de 15% en la industria, 20% en comercios, servicios y edificios, 40% en alumbrado público y 20% en el sector doméstico, aun cuando en ocasiones los potenciales son mayores.<sup>5</sup>

La experiencia internacional y las actividades que se han comenzado a realizar en nuestro país, muestran que cada peso invertido en ahorro y uso eficiente de la energía se traduce en amplios beneficios, lo cual hace que los proyectos de ahorro de energía sean no sólo prioritarios para el país, sino también económicamente atractivos para las empresas.

Para hacer un análisis integral de los efectos que arroja un proyecto de ahorro de energía, se requiere incorporar no solamente los beneficios para el usuario, sino también los que corresponden al sector eléctrico, al reducir sus necesidades de inversión y los que repercuten en otras áreas, como los aspectos ecológicos o de conservación de recursos no renovables.

El entorno que se ha configurado, tanto en la parte política como en la económica y social, favorece la toma de conciencia, por parte de los consumidores de energía eléctrica, de la importancia que tiene su uso adecuado.

En este contexto, se ha estimado que con la aplicación de programas de ahorro de energía eléctrica se pueden obtener ahorros significativos en los sectores con mayores consumos de energía eléctrica: industrial, doméstico, servicios

---

<sup>5</sup> Hasta diciembre de 1993 el FIDE realizó proyectos demostrativos de ahorro de energía eléctrica en 300 grandes y medianas industrias, en más de 60 sistemas de alumbrado público municipal, en 50 instalaciones

municipales, agrícola, comercios y servicios y el propio sector eléctrico, como se puede observar en el cuadro 1.

	Ahorro GWh	Porcentaje de ahorro en relación con el potencial total	Porcentaje de ahorro en relación con el consumo nacional de 1995
<b>Internos</b>			
Centrales eléctricas	2,799	13.6	
Distribución y transmisión	3,562	17.4	
Subtotal	6,361	31.0	5.6
<b>Externos</b>			
Sector doméstico	1,133	5.5	
Comercios y servicios	2,549	12.4	
Servicios municipales	1,274	6.2	
Agrícola	1,082	9.7	
Industrial	7,221	35.2	
Subtotal	14,159	69.0	12.4
Total (internos + externos)	20,520	100.00	18.0

FUENTE: COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

**CUADRO 1. Potenciales de ahorro de energía eléctrica estimados para el año 2000**

comerciales y de servicio, y preparó más de 2,000 diagnósticos en instalaciones domésticas.

## **RENTABILIDAD DE LOS PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Desde el punto de vista meramente económico, resulta rentable instrumentar programas de ahorro de energía eléctrica en los diferentes sectores. Las inversiones que se realizan al implantar un programa de ahorro se recuperan en plazos que van de seis meses a tres años.

Esta afirmación es válida y se sustenta en los diagnósticos energéticos y en los proyectos de demostración realizados por el Fide y presentados en esta investigación.

En todos los casos, los ahorros que se obtienen al implantar las medidas de ahorro son superiores a la inversión que se destina a ellas.

De acuerdo con la estructura actual de la generación de energía eléctrica por tipo de planta, el costo promedio de instalación de un KW es de aproximadamente 1,200 dólares.<sup>6</sup> Por otro lado, con base en la experiencia de los proyectos realizados con el apoyo del FIDE, se estima que la inversión requerida para ahorrar un kW es de 300 dólares.

Desde el punto de vista social, los proyectos de ahorro de energía tienen, evidentemente, una alta rentabilidad, ya que los kWh que se dejan de consumir por los diferentes usuarios, pueden canalizarse hacia otros usos como la electrificación de nuevas poblaciones. De esta manera, el ahorro de energía se

---

<sup>6</sup> Comisión Federal de Electricidad, Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión en el sector eléctrico, 12a. de México, 1993.

transforma en elemento promotor de bienestar social, además de ahorrar recursos económicos del país, en virtud de que el sector eléctrico requiere de menores inversiones para ampliar o mejorar su red.

Una planta de 300 MW tiene un costo aproximado de 360 millones de dólares, en tanto que ahorrar esta misma capacidad cuesta alrededor de 90 millones de dólares, por lo que resulta mejor para el sector eléctrico, y para el país, canalizar parte de sus recursos hacia los programas de eficiencia energética.

Evidentemente, este ahorro tiene límites, por lo que en algún momento se deben poner en marcha nuevos proyectos de generación de energía eléctrica. Por ahora, el resultado más importante es que se está induciendo hacia los empresarios y hacia todas las capas sociales, el concepto de ahorro energético.

## **EFFECTO DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA SOBRE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

El reconocimiento de que la energía, junto con el trabajo, los recursos naturales, el capital y la capacidad empresarial, son factores productivos indispensables para transformar la naturaleza y, a través de ello, satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos, se constituye en un principio que sustenta el ahorro de energía, y lo convierte en un elemento de la competitividad y productividad del sistema económico en su conjunto, una vez que se alcance el óptimo de la eficiencia energética mediante la incorporación de tecnologías que permiten crear otras ventajas competitivas.

Asimismo, cuando se haya avanzado en este sentido, se podrá observar que los factores productivos también seguirán el camino del uso racional; por lo tanto, además de que de inmediato hay una disminución en consumo, a la larga se evitarán los desperdicios y las ineficiencias en su utilización.

## **EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO PARTE DE LOS ESFUERZOS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

En diversos foros nacionales e internacionales se ha manifestado que el ahorro de energía eléctrica tiene un efecto importante en las emisiones que día a día son arrojados a la atmósfera.

Se calcula que por cada 1,000 barriles de petróleo crudo que se queman, se desprenden a la atmósfera 103 toneladas de bióxido de carbono.<sup>7</sup> A nivel global, la producción y consumo de energía eléctrica origina 60% de las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero. En consecuencia, no es extraño que uno de los grandes problemas que enfrenta la industria eléctrica de México, igual que en otros países, sea su efecto ambiental.

Para que la electricidad sea elemento de un desarrollo que no deje secuelas de deterioro, la nueva cultura energética debe caracterizarse por su uso racional y eficiente de la energía, donde se evite el dispendio y la operación intensiva de las plantas generadoras para así destinar recursos y esfuerzos a mejorar y preservar el medio ambiente que heredarán las generaciones futuras.

---

<sup>7</sup> Agencia Americana para la Protección del Medio Ambiente (EPA) y Sistema Nacional Americano para el Registro de Emisiones en Valores Promedio para Plantas Eléctricas en Operación (NEDS).

## **EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO FACTOR DE BIENESTAR SOCIAL**

Entre los proyectos más importantes promovidos por el FIDE y el sector eléctrico, que inciden en el bienestar de la población, está el relacionado con el aislamiento térmico en viviendas con climas extremos y el de sustitución de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas en instalaciones domésticas.

Con proyectos como el aislamiento térmico de viviendas se logra, además del beneficio económico, una mayor comodidad. Hasta finales de 1993, como parte de un proyecto demostrativo en este campo, se aislaron térmicamente más de 25,000 viviendas en ciudades con climas extremos, con lo que se logran ahorros de hasta 35% en los consumos de energía eléctrica.

En general, las medidas recomendadas como estrategia de ahorro son: optimizar los niveles de iluminación, sustituir lámparas y/o sus accesorios por equipos más modernos y eficientes, y automatizar totalmente sus sistemas de control.

## **INSTRUMENTOS DE PROMOCIÓN**

Generalmente, las empresas realizan una actividad, sea industrial, comercial o de servicios, con un objetivo definido: hacer un negocio rentable con determinadas ganancias que les permitan crecer en diversos sentidos. Un porcentaje mínimo de empresas mexicanas pretenden ser más eficientes y competitivas, a causa fundamentalmente de dos razones. Por una parte, no

están convencidos de que esto sea posible y, por otra, no están dispuestos a distraer recursos financieros de su propia empresa para lograrlo.

Es de suma utilidad crear conciencia de que los energéticos, y en particular la energía eléctrica, por sus propias características e importancia en la economía de cualquier nación, se han convertido en factores indispensables para el desarrollo, y por ende, en un elemento de carácter estratégico, lo que nos obliga necesariamente a intensificar las medidas relativas a su ahorro y uso eficiente.

Financieros. Las empresas generadoras de electricidad en el mundo han optado por invertir en programas de ahorro de energía en lugar de instalar costosas construcciones para producirla y distribuirla, con lo cual logran ahorros sustanciales en sus inversiones.

En este contexto, se requiere difundir entre los empresarios la rentabilidad de los proyectos de ahorro de energía y mostrarles que la aplicación de medidas de ahorro no es un gasto sino una inversión.

A continuación se describen los mecanismos financieros que están disponibles en México para financiar estudios y proyectos de ahorro de energía:

*FIDE.* El FIDE, cuyo propósito es demostrar la alta rentabilidad y las ventajas de ahorro de energía eléctrica, otorga financiamientos para elaborar proyectos demostrativos, para lo cual se contratan los servicios de firmas de ingeniería especializadas, previo convenio de contratación con los usuarios, los que generalmente forman parte de cadenas de establecimientos o grupos corporativos, permitiendo lograr un efecto multiplicador.

El costo, tanto del diagnóstico como de las medidas correctivas, es cubierto por el FIDE, obligándose el usuario a reintegrarlo en pagos parciales durante el periodo en que se haya calculado la recuperación del capital. Cabe observar que este financiamiento se otorga sin intereses y que, tratándose de instituciones con funciones públicas o sociales, es a fondo perdido.

Estos proyectos representan una gran oportunidad para que los usuarios se convenzan de que una manera de ser más eficientes y competitivos consiste en ahorrar energía eléctrica.

Tarifas. Las tarifas de la energía eléctrica se están orientando cada vez más hacia dos objetivos: uno que distingue los diferentes parámetros que influyen en los costos del suministro, según el sitio y el momento, y otro que estimula el uso racional y eficiente de la energía.

Son tarifas que estimulan el ahorro de energía las decretadas en 1991 y 1992, destacando las tarifas horarias, obligadas para los usuarios de más de 1,000 kW de demanda máxima y que incorporan los efectos que en los costos tienen los tres conceptos asociados siguientes:

- a) La geografía (ocho regiones).
- b) Las horas del día y de la semana (dos precios de potencia y dos de energía).
- c) El nivel de voltaje en la red de abastecimiento (tarifa H-M, H-S y H-T).

A los usuarios del servicio eléctrico, la tarifa les da una orientación que se traduce en :

- 1) Motivación para desplazar el consumo fuera del periodo de máxima demanda.
- 2) Inducción para invertir en mejoras para la eficiencia de sus equipos.

A partir del 1 de noviembre de 1991, las tarifas 8 y 12 en sus diferentes modalidades se suprimen, aprobándose las nuevas para servicios de media y alta tensión, O-M, H-M, H-S y H-T.

Estas acciones forman parte de la política tarifaria, implantada por el sector eléctrico, que contiene los siguientes lineamientos:

- a) Reducción de subsidios en las tarifas deficitarias mediante estrategias que protejan a los usuarios de menores recursos.
- b) Mayor utilización de tarifas tipo horario.
- c) Aplicación de estructuras tarifarias que reconocen las diferencias estacionales y regionales del consumo de energía eléctrica.

La revisión y actualización sistemática de tarifas permite contar con uno de los medios más eficaces para estimular el uso eficiente de la energía eléctrica.

Las tarifas horarias permiten a las empresas eléctricas, como instrumento de fomento para el ahorro de energía eléctrica, aplicar medidas para el uso eficiente de la capacidad y para el ahorro de combustibles y en capacidad a instalar.

Factor de potencia. El factor de potencia es otro instrumento de que se vale el sector eléctrico para reducir el consumo de energía eléctrica en nuestro país, ya que éste es indicativo de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica para producir un trabajo útil. Se puede definir como el porcentaje de la relación de la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA).

Para usuarios con factor de potencia igual o superior a 90%, se aplicará una bonificación que puede representar un descuento hasta de 2.5% del monto de la factura.

Asimismo, se aplicará una penalización a usuarios que registren un factor de potencia inferior a 90%, en lugar del 85% anteriormente establecido.

Corregir el bajo factor de potencia en una instalación es una medida rentable no sólo porque se evitarán los recargos en la facturación que esto origina, sino porque los equipos operan más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía, además de hacerse acreedores a una bonificación que otorga la CFE por mantener porcentajes elevados del factor mencionado.

Administración de la demanda. La administración de la demanda es un renglón en el que existen grandes posibilidades, si las empresas deciden cooperar con esta acción. Normalmente no se requieren grandes inversiones en dinero por parte del usuario, más bien un mínimo esfuerzo que traerá beneficios económicos importantes.

Evitar el arranque y la operación simultánea de motores y equipo eléctrico en un inmueble, sobre todo en el periodo de punta ( de las 18 a las 22 horas), se traduce en ahorros significativos en la cuenta de electricidad.

Por ejemplo, considérese una instalación con una demanda de 700 kW que incluye la potencia de un grupo de motores de 50 HP que toma de la red 41 kW cada uno; si alguno de estos motores pudiera ser operado fuera del periodo de máxima carga, el valor de la demanda se reduciría aproximadamente 6%, y en la misma proporción la cuenta que por este concepto se aplica en la factura.

## • CONCLUSIONES GENERALES

De lo anteriormente señalado es posible deducir lo siguiente:

a) Una alternativa posible, en el momento actual, es el ahorro de energía, el cual se estima puede alcanzar en el año 2000 más de 20,500 GWh al año, que equivalen al 18% de las ventas de 1995.

b) Este ahorro podrá permitir, en términos equivalentes, evitar la quema de más de 53 millones de barriles de petróleo crudo, con la consecuente disminución de emisiones de óxido de nitrógeno, bióxido de azufre, bióxido de carbono, metano y monóxido de carbono.

c) Los programas de ahorro de energía, además de contribuir sustancialmente a reducir la emisión de contaminantes, tienen otros efectos importantes, como son el aumento de la productividad de la economía nacional, la reducción de las necesidades de recursos de inversión del sector eléctrico y la mejora del nivel de vida de la población.

d) La aplicación de medidas ahorradoras genera simultáneamente un efecto multiplicador que afecta favorablemente la demanda agregada, ya que cada peso invertido en proyectos de ahorro se traduce, por una parte, en el desplazamiento de recursos que no se invierten en generar más energía eléctrica, sino que se canalizan a otras áreas; y por otra, genera una demanda de servicios de consultoría energética, de equipos y productos ahorradores de energía y/o actividades de mantenimiento, que lateralmente incrementan el

producto de la economía. En estricto sentido, el ahorro de energía, particularmente la eléctrica, induce un efecto paralelo en la inversión agregada.

e) Dentro del propio sector eléctrico, la disminución en el consumo de electricidad por parte de los usuarios trae beneficios en materia de protección del medio ambiente, porque se reduce el consumo de combustibles fósiles en el proceso de generación.

f) Se ha podido confirmar la sustancial rentabilidad de las inversiones en proyectos de ahorro de energía eléctrica.

g) Cualquier programa de ahorro de energía, y particularmente de la eléctrica, produce un beneficio neto para las empresas y un apoyo más a su competitividad. Los avances en los proyectos del FIDE permiten estimar que los ahorros pueden oscilar entre 10 y 20%, como valores mínimos. Además, se ha expresado anteriormente que ahorrar energía eléctrica contribuye a reducir el crecimiento en el uso de hidrocarburos y, por lo tanto, a la creciente emisión de bióxido de carbono a la atmósfera. Ahorrar energía eléctrica es contribuir a la competitividad, conservar recursos naturales y cuidar, para el presente y futuro, el medio ambiente del planeta.

Con el panorama expuesto, es posible sostener que el ahorro de energía eléctrica, además de incidir directamente en un mejoramiento del medio ambiente, permite liberar recursos del sistema eléctrico nacional como resultado de evitar inversiones para ampliar la capacidad instalada de generación; asimismo, hace posible que las empresas consumidoras reduzcan

sus costos de operación, mediante la baja del monto de sus pagos por concepto de factura eléctrica.

Parte de estos recursos liberados podrían dirigirse a financiar tanto el desarrollo y promoción de fuentes de generación eléctrica, alternas a las convencionales y más limpias, como directamente a implantar medidas para mejorar el medio ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

1. GONZALEZ CASTILLO IGNACIO ., 1998  
SEMINARIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS PARA  
EDICIOS, DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM., MEXICO
2. GUTIERREZ SANTOS FRANCISCO., 1997  
MANUAL DE INSTALACIÓN, HOLOPHANE S.A. DE C.V.,  
MEXICO
3. HOLOPHANE S.A. DE C.V. , 1997  
PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN Y NIVELES DE  
ILUMINACIÓN EN MÉXICO., MEXICO
4. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA  
ELECTRICA., 1997  
QUE ES EL FIDE., MEXICO
5. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA  
ELECTRICA, 1997  
RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGIA  
ELECTRICA EN EL ALUMBRADO PUBLICO MUNICIPAL
6. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA  
ELECTRICA., 1997  
RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGIA  
ELECTRICA EN EDIFICIOS., MEXICO

7. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (CANAINTRA NUEVO LEON)., 1997  
COMO AHORRAR ENERGIA ELECTRICA., MEXICO
  
8. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA., 1997  
MANUAL DE RECOMENDACIONES PARA AHORRO DE ENERGIA EN INSTALACIONES ELECTRICAS., MEXICO
  
9. FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA., 1997  
GUIA PARA APLICAR CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN CONSTRUCCIONES PARA USO HABITACIONAL., MEXICO
  
10. GROUPE SCHNEIDER., 1997  
DETERTORES FOTOELÉCTRICOS XU., BOGOTA COLOMBIA