



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

101

Zejan

FACULTAD DE INGENIERIA

AHORRO DE ENERGIA Y
DIAGNOSTICOS ENERGETICOS

FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL
P R E S E N T A :
CLAUDIA ISLAS GALINDEZ



DIRECTOR DE TESIS:

ING. RUBEN AVILA ESPINOSA

MEXICO, D. F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres Violeta y Alejandro
quienes siempre me han apoyado y orientado

A Toño
por su amor y ayuda incondicional

**A Carmen, Rafael, Rodrigo y Fernanda
que siempre sean una familia unida y feliz**

**A Jesús y Lourdes
para que logren realizar todas sus metas**

**A Alejandro, Antonio y Nora
por que a pesar de las diferencias siempre me han apoyado**

Agradecimientos

Agradezco al Ing. Rubén Avila Espinosa
por su apoyo y orientación

De una manera muy especial agradezco a mis asesores:

el Ing. Guillermo González Milla
el M en I Odón de Buen Rodríguez
el M en D David Morrillón Gálvez

quienes enriquecieron el presente trabajo con sus conocimientos y experiencias

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México,
especialmente a sus profesores de la Facultad de Ingeniería,
quienes a lo largo de mi carrera
me transmitieron sus valiosos conocimientos

Agradezco a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
por las facilidades prestadas para este estudio

INDICE

	pag.
INTRODUCCION	I
OBJETIVOS	III
HIPOTESIS GENERAL	IV
JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	V
I. MARCO HISTORICO DE LA ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO	 1
I.1 De 1870 hasta la Nacionalización	2
I.2 La Nacionalización de la Industria	3
I.3 De la Nacionalización hasta nuestros días	4
II.- MARCO TEORICO	8
II.1 Energía	9
II.1.1 Energéticos	10
II.2 Formas de energía	12
II.3 Fuentes de energía	14
II.3.1 Energía renovable y no renovable	15
II.3.2 Sistemas convencionales y no convencionales	15
II.4 Unidades de energía	17
III.- DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL	20
III.1 Situación energética en México	21
III.1.1 Producción y destino de la energía primaria	21
III.1.2 Centros de transformación	22
III.1.2.1 Transformación de la energía primaria	22
III.1.2.2 Generación de la energía eléctrica	23
III.1.3 Consumo nacional de energía	24
III.1.4 Consumo final total	24
III.2 Demanda de la energía eléctrica	25

III.3	Uso de la energía en edificios	27
III.3.1	Formas de uso de la energía eléctrica por tipo de edificio	29
III.3.2	Información de cargas eléctricas de los edificios	29
III.3.3	Edificios	30
III.3.4	Clasificación de edificios	31
III.3.5	Análisis de algunos edificios	33
III.3.5.1	Edificios de oficinas	33
III.3.5.2	Escuelas	35
III.3.5.3	Hospitales y clínicas	36
III.3.5.4	Hoteles y moteles	37
III.3.5.5	Restaurantes y cafeterías	37
III.3.5.6	Establecimientos comerciales	37
III.4	Barreras que no han permitido utilizar eficientemente la energía	38
IV.	METODOLOGIA PROPUESTA	39
IV.1	Diagnóstico Energético	40
IV.1.1	Objetivos	40
IV.1.2	Niveles o Grados de los Diagnósticos Energéticos	41
IV.1.2.2	Diagnósticos de Primer Grado	41
IV.1.2.2	Diagnósticos de Segundo Grado	41
IV.1.2.3	Diagnósticos de Tercer Grado	42
IV.1.2.4	Comparación entre los diferentes tipos de diagnósticos	43
IV.1.3	Metodología para los diagnósticos energéticos	44
IV.1.3.1	Actividades	45
IV.1.3.1.1	Preparación de formatos	45
IV.1.3.1.2	Entrevista con directivos	45
IV.1.3.1.3	Acuerdos sobre horarios y personal con quien se tendrá relación y de quien se obtendrá apoyo	45
IV.1.3.2	Obtención de información	46
IV.1.3.2.1	Situación existente	46
IV.1.3.2.2	Elaboración y acuerdos para levantar datos y listados complementarios y convenientes	46
IV.1.3.3	Inspección	47
IV.1.3.4	Medición	48
IV.1.3.4.1	Definición de mediciones a efectuar	48
IV.1.3.4.2	Selección de equipo a medir	49
IV.1.3.4.3	Instrumentos para mediciones de campo	49
IV.1.3.4.4	Mediciones a realizar	49

IV.1.3.4.5	Análisis de las mediciones	49
IV.1.3.4.6	Otros aspectos a considerar	50
IV.1.3.5	Análisis y estudio de la información	50
IV.1.3.5.1	Revisión de datos de formatos	50
IV.1.3.5.2	Revisión de costo de la energía eléctrica	50
IV.1.3.5.3	Cálculos de costos y pronósticos de consumo de energía	51
IV.1.3.5.4	Estudio de la información	51
IV.1.3.5.5	Perfil de carga de día típico	51
IV.1.3.6	Detección de los potenciales de ahorro	51
IV.1.3.7	Análisis de viabilidad	52
IV.1.3.8	Estimación de los beneficios esperados	52
IV.1.3.9	Estimación de costos de las medidas propuestas	52
IV.1.3.9.1	Estimación de costos de inversión	52
IV.1.3.9.2	Ajuste de costos	52
IV.1.3.9.3	Evaluación económica	53
IV.1.3.9.4	Jerarquización	53
IV.1.3.10	Programa de seguimiento y evaluación	53
IV.1.3.10.1	Evaluación económica de medidas	53
IV.1.3.11	Elaboración de reportes	53
IV.1.3.11.1	Memoria descriptiva	53
IV.1.3.11.2	Reporte final	54
IV.1.3.11.3	Informe ejecutivo	54
IV.1.3.11.4	Presentación de los trabajos a la Dirección	54
IV.1.4	Administración de la energía	55
IV.1.5	Organización del programa	56
IV.1.5.1	Seguimiento y control	58
IV.1.5.2	Subprogramas de apoyo	58
IV.2	Alternativas de ahorro de energía	59
IV.2.1	Técnicas	59
IV.2.1.1	Iluminación	59
IV.2.1.2	Instalaciones eléctricas	63
IV.2.1.3	Bombeo de agua	64
IV.2.1.4	Medidas relacionadas con el entorno	65
IV.2.1.5	Recomendaciones generales	67
IV.2.2	Administrativas	69
IV.2.3	Administración de la demanda	69

V	EJEMPLO DE APLICACION	71
	V.1 Aspectos generales del inmueble	72
	V.2 Alternativas de cambio consideradas	73
	V.3 Tablas-resumen	95
	V.4 Conclusión	97
	CONCLUSIONES	98
	GLOSARIO	100
	BIBLIOGRAFIA	103
	ANEXOS	105
	Estructura del Mercado Eléctrico	106
	Estudio del Mercado Eléctrico	107
	Sistema Interconectado Nacional	108
	Tarifas Eléctricas	110
	Evaluación de Proyectos	114
	Contaminación ambiental	116
	Nivel, Grado y Monto de Inversiones en Proyectos de Ahorro de Energía	117
	Apéndice Nueva Normalización	118

INTRODUCCION

El ahorro de energía y el mejoramiento ambiental son dos temas que han cobrado gran importancia en nuestros tiempos, pero lo más importante es que están íntimamente ligados y el mejoramiento de uno de ellos repercutirá necesariamente en el del otro.

Desde principios de los años ochenta en México se iniciaron esfuerzos para utilizar eficientemente los hidrocarburos. Ante el nuevo proceso de globalización de los mercados internacionales y la búsqueda de un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, el ahorro de energía representa un factor fundamental para lograr mayor productividad y competitividad en los mercados exteriores, y un elemento base para eficientar los procesos productivos que impactan en mayor medida los aspectos ambientales de nuestro país.

La energía disponible en una región o en un país, debe ser propiedad del mismo, y por lo tanto, administrarse para el beneficio nacional y de todos sus habitantes. En otras palabras, cada persona, física o moral, está obligada a hacer el mejor uso de la energía, el más económico para el país. Lo anterior lleva a afirmar que *la energía es un bien nacional y por lo tanto nadie tiene derecho a hacer mal uso de la misma, aunque haya pagado por ella.*

Por lo anterior, y dada la situación energética nacional y mundial, se detecta la enorme, urgente e impostergable necesidad de desarrollar planes efectivos para el Ahorro de Energía a todos los niveles de educación y en todos los sectores sociales.

No hay que olvidar que la forma en que cada país utiliza la energía, constituye sin duda un fiel indicador del modo de vida de su sociedad. El nivel de desarrollo, la utilización de los recursos naturales, la estructura de producción de bienes y servicios, la eficiencia y competitividad, y el grado de bienestar se ven reflejados en la generación y consumo de energéticos.

El ahorro de energía actualmente ha cobrado tal importancia que en la mayor parte del mundo existen comisiones reguladoras para ello. En nuestro país la encargada es la Comisión Nacional de Ahorro de Energía, que depende directamente de la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (ahora Secretaría de Energía)*.

Esta tesis está enfocada al uso de la energía eléctrica, la cual no es una energía primaria, sino que requerimos de diferentes procesos de transformación para obtenerla. Actualmente las centrales eléctricas nacionales tienen una eficiencia del 34% (Balance 93).

* A partir del 28 de diciembre de 1994 esta Secretaría, junto con otras, cambió de nombre por disposición oficial.

Asimismo, se presenta un panorama general del sector eléctrico en México, de su evolución y de su situación actual, para entender la necesidad de eficientar el uso de la energía eléctrica en los diferentes tipos de edificios de nuestro país; también se da una metodología para realizar Diagnósticos Energéticos, mediante los cuales se detectan áreas y sistemas de los edificios en los que se puede ahorrar y hacer un uso eficiente de la energía eléctrica.

Es conveniente mencionar que la metodología propuesta está enfocada a la realización de Diagnósticos Energéticos en edificios de oficinas, en los cuales se ha observado que el mayor potencial de ahorro de energía se encuentra en los sistemas eléctricos de alumbrado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Dar una metodología de uso general para realizar Diagnósticos Energéticos que permita evaluar las alternativas de ahorro de energía eléctrica en los edificios.

Objetivos de la investigación

- Dar una metodología general para realizar Diagnósticos Energéticos en edificios.
- Aplicar la metodología en un caso práctico.
- Dar un panorama general de la situación energética en México.
- Comparar el uso de la energía eléctrica en edificios de oficinas de México con respecto a otros países.
- Dar alternativas tecnológicas para el ahorro de energía eléctrica en edificios.

HIPOTESIS GENERAL

La hipótesis para el presente trabajo, es que es posible disminuir en forma importante y económica el consumo de energía eléctrica de los edificios de nuestro país, con la aplicación de medidas de ahorro de energía, derivadas de una investigación y análisis previo.

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Es conveniente y necesario mejorar el uso de la energía en los diferentes sistemas que tienen los inmuebles de nuestro país; esta tesis se enfoca a la detección del mal uso de la energía en los sistemas de alumbrado de los edificios de oficinas.

Entre las razones más importantes por las que debemos ahorrar energía y eficientar el uso de la misma, podemos mencionar las siguientes:

- La mayor parte de los energéticos utilizados son no renovables y se agotarán; nuestras reservas probadas de hidrocarburos son de 50 años.
- El incremento en la capacidad de generación de electricidad requiere de la aplicación de recursos escasos.
- Para ser competitivos en los mercados internacionales, necesitamos tener costos de producción razonables y los energéticos pesan mucho en ellos.
- La generación de electricidad tiene impactos ambientales que se pueden evitar al ahorrar energía (Anexo 6).
- El país necesita el dinero que se invertiría en la capacidad de generación, para dedicarlo a cubrir necesidades sociales más urgentes.
- El ahorrar en nuestros pagos de energéticos nos permite que este dinero lo invirtamos para mejorar nuestro nivel de vida.
- Lo que pagamos por la electricidad, los combustibles y el agua, es principalmente por su procesamiento, desde las fuentes o formas primarias, hasta nuestros hogares o lugares de trabajo.
- La energía nos pertenece a todos; no importa lo que una persona pague por el derecho a usarla. Nadie tiene derecho a derrochar la energía.

Por un lado los avances tecnológicos han permitido mejorar las condiciones de vida de la población en general, pero también han acentuado la pobreza de algunos países. La dependencia tecnológica y la imposición de modelos técnicos importados ocasiona saltos tecnológicos con grandes huecos y deficiencias. Si se quiere satisfacer la demanda de energía que requiere cada habitante del planeta es indispensable buscar fuentes de energía que se puedan mantener a largo plazo. Esa necesidad existe y para satisfacerse es necesario solucionar problemas como el pronóstico sobre el agotamiento del petróleo, que comenzará a sentirse a mediados del siglo XXI, cuando las reservas de crudo serán insuficientes para satisfacer la demanda mundial⁽²⁹⁾.

Por lo anterior y dada la dificultad técnica y económica para disponer de energía en nuestros medios familiares, laborales y sociales, la energía debe ser utilizada de la forma más eficiente en que sea posible.

En este sentido, los diagnósticos energéticos juegan un papel fundamental, ya que por medio de éstos se pueden detectar áreas de los inmuebles, en las que sea posible disminuir los consumos de energía, mediante la eficientización de los sistemas instalados y cambios en las costumbres de los ocupantes.

Capítulo I

**MARCO HISTORICO DE LA ENERGIA ELECTRICA EN
MEXICO**

I.1 De 1870 hasta la Nacionalización

Hablar de la electricidad en México es conocer una historia, mezcla de conocimientos, tecnología y entusiasmo, pero también, de la fuerza de cientos de hombres que lucharon por lograr el control de su energía, puesto que a finales del siglo pasado los derechos de electrificación se encontraban en manos de extranjeros (principalmente de Estados Unidos), que la generaban a diferentes frecuencias, con sistemas desintegrados, tarifas diferenciadas y sin una programación de las fuentes energéticas.

Aunque la electricidad para fines industriales y comerciales apareció a finales del siglo XIX, puede considerarse como un fenómeno del siglo XX. En nuestro país se inició con la planta en la Ciudad de León, Guanajuato, en 1879 para apoyar principalmente la industria textil⁽¹¹⁾. Posteriormente se utilizó en la explotación minera, alumbrado público y uso doméstico. A principios del siglo, había en el país 177 plantas en operación.

Después de varios años en que se otorgaron concesiones para generar electricidad y derechos para la fusión de diversas empresas, en 1922 se creó la Comisión Nacional de Fuerza Motriz, como el primer intento serio por regular el servicio eléctrico, sin embargo, no fue sino cuatro años más tarde, cuando por decreto presidencial, el gobierno promulgó la primera legislación sobre la materia: el Código Nacional Eléctrico, que la preveía como una actividad de utilidad pública y de la exclusiva jurisdicción del Poder Federal. Esto no sirvió para evitar que empresas extranjeras invirtieran en el país para controlar la generación y abastecimiento, como fue el caso de la American and Foreign Power Co., filial de la Electric Bond and Share. En esa época la electricidad estaba bajo el control de dos compañías: la Mex Light, que cubría la zona central del país, y la American Foreign, el resto de la nación. No existía una legislación que controlara la distribución y precios, por lo que el gobierno se vio en la necesidad de facultar al Congreso de la Unión, para crear leyes sobre energía eléctrica. La situación no era del todo sencilla, había que pensar en la mejor opción; elaborar una ley eléctrica, expropiar las compañías extranjeras o crear un organismo para competir con éstas. No fue sino hasta el 14 de agosto de 1934 que se promulgó la ley para crear la Comisión Federal de Electricidad (CFE), publicada en el Diario Oficial del 24 de agosto de 1937⁽¹¹⁾.

En ese momento la capacidad instalada de electricidad en el país era de aproximadamente 629,980 kW. A partir de entonces fue aumentando poco a poco, y una vez que entraron en operación las plantas de vapor y turbogas de La Laguna y Ciudad Juárez, así como la planta hidroeléctrica de Santa Bárbara, la capacidad instalada de CFE se incrementó a 167,126 kW, lo que representaba el 13% de la total del país que era de 1'234,000 kW. Las perspectivas de crecimiento continuaban, por lo que la CFE siguió con sus objetivos de atender las zonas periféricas de las ciudades principales y zonas rurales, a la vez que abastecía de energía a las empresas privadas para que la revendieran.

I.2 La Nacionalización de la Industria

A principios de la década de los sesenta, el control de la electricidad continuaba en manos de diversas empresas, incluso la propia CFE tenía 19 filiales y existían en el país 277 pequeñas empresas generadoras, importadoras y revendedoras de energía. La capacidad instalada era de 3'021,000 kW, de los cuales la CFE aportaba 1'256,000 kW (40% aproximadamente del total de generación), la American 337,000 kW, la Mex Light 585,000 kW y el resto de las empresas 843,000 kW. Prácticamente la mitad del servicio estaba en manos del estado⁽¹⁾.

En los años siguientes el gobierno adquirió un considerable número de acciones, sin embargo se enfrentó con varias dificultades debido a que una empresa extranjera era retenedora de parte de las acciones. Esto llevó a que el 20 de octubre de 1960 el ejecutivo federal enviara una iniciativa para adicionar el siguiente texto al párrafo sexto del artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer la 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⁽¹⁾.

Como el objetivo era tener un solo organismo que controlara la electricidad, para 1970 se decidió que el director de la Comisión Federal de Electricidad fungiera también como director y apoderado general de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro S.A., y de esta manera las dos principales entidades eléctricas quedaron bajo una misma dirección.

Después de varios años en que se promulgaron leyes, decretos y se crearon comisiones, y una vez que se nacionalizó el servicio eléctrico en 1960 por el Presidente Adolfo López Mateos, el siguiente paso era el de unificar la frecuencia eléctrica a 60 ciclos por segundo, puesto que había de 50 y 60, esto implicaba tener una gran variedad de equipo eléctrico (transformadores, cuchillas desconectadoras, fusibles y aisladores). El plan general consistió en cambiar los aparatos domésticos en forma gratuita, asesorar a usuarios comerciales, de servicio e industriales, y programar los cambios en sistemas eléctricos y subestaciones en la zona central. Esto a fin de que el gobierno absorbiera los gastos de adaptación de los equipos de uso doméstico de la población: refrigerador, lavadora, bomba de agua, tocadiscos y regulador de voltaje. Los trabajos debían realizarse en un plazo máximo de siete años, pero se concluyeron el 22 de noviembre de 1976¹, tres años antes de lo previsto⁽¹⁾. El costo total de los cambios fue de 190 millones de pesos para la CFE y de 444 millones para la Compañía de Luz.

¹ Los cambios se realizaron de 1973 a 1976.

I.3 De la Nacionalización hasta nuestros días

Con la unificación, México logró ofrecer un solo producto al consumidor, lo cual derivó en aparatos electrodomésticos bajo una sola frecuencia, equipo industrial que pueda instalarse en cualquier parte del país, y desde luego, una industria eléctrica que pudo integrarse en un solo sistema nacional.

Para apoyar la investigación, en 1975 se creó el Instituto de Investigaciones Eléctricas, con sede en Cuernavaca, Morelos, cuyas funciones son las de realizar investigación aplicada y de apoyar el desarrollo tecnológico de la industria nacional.

Otro de los objetivos de la CFE² por cumplir era el de establecer las bases para la creación de un Sistema Interconectado Nacional³, que permitiera el aprovechamiento total racional de los recursos naturales en el país; distribuir adecuadamente la generación de las plantas hidroeléctricas y termoeeléctricas, reduciendo en lo posible el uso de hidrocarburos y por lo tanto, los costos de operación, así como minimizar el número de plantas de emergencia y hacer uso común de ellas. Las principales líneas de transmisión trabajaban en tensiones de: 150 000, 138 000, 110 000, 90 000, 85 000, 44 000 y 30 000 volts, después de varios estudios se decidió eliminar únicamente las de 90 000 y 44 000 y estandarizar las de 60 000 y 30 000 a 66 000 y 33 000. Se establecieron otras dos tensiones nuevas: 220 000 y 440 000 volts para la transmisión de grandes bloques de energía a gran distancia. Actualmente nuestro Sistema Interconectado Nacional cuenta con una red de transmisión razonablemente estandarizada (Anexo 3).

En cuanto al desarrollo de las instalaciones de generación y transmisión de energía de la CFE, se deben de tomar en cuenta dos épocas. En la primera, que abarca de 1937 a 1960, la Comisión coexistió con dos empresas eléctricas privadas extranjeras y se dedicó principalmente a la construcción y operación de plantas hidroeléctricas y de las líneas de transmisión correspondientes.

² CFE fue creada para planear, organizar, desarrollar, dirigir y operar el Sistema Nacional de generación, transmisión y distribución de electricidad, basado en principios técnicos y económicos sin propósitos de lucro y con el objetivo de obtener con un mínimo costo el mayor posible rendimiento en beneficios de interés general, así como de firmar los contratos necesarios para el desempeño de sus funciones: promover la investigación científica y tecnológica; y regular las importaciones y exportaciones de la energía eléctrica (Department of Energy (Estados Unidos) y SEMIP (México) 1991).

³ Después de la nacionalización vino un proceso de integración de 7 regiones que se habían desarrollado independientemente para formar el Sistema Nacional Interconectado (Anexo 3).

El primer proyecto hidroeléctrico de CFE durante esta época fue el de Ixtapantongo (Valle de Bravo, Edo. de México) y se puso en operación en 1944. La segunda época comenzó en 1960 y se caracterizó por un cambio en la escala de los proyectos hidroeléctricos. El primer proyecto fue el de Infiernillo (La Unión, Guerrero), en el río Balsas, se puso en servicio en 1965. Para transmitir la energía eléctrica generada en estas nuevas plantas hidroeléctricas más alejadas de los centros de consumo, fue necesario recurrir a un voltaje de transmisión más alto, de 400 kV, que casi duplicó el que se había introducido a principios de los años cincuenta de 230 kV.

Como la década de los sesenta se caracterizó por la abundancia del petróleo, la CFE dio preferencia a las plantas termoeléctricas, sobre todo a las que se basaban en el uso del combustóleo o gas natural como combustible. Sin embargo, años después comenzó la preocupación por preservar las reservas de petróleo, lo que llevó a buscar nuevas fuentes de energía para generar electricidad y disminuir la dependencia de los hidrocarburos. Así se tomó la decisión de desarrollar otras fuentes de energía y de realizar un proyecto nucleoelectrico en Laguna Verde (Alto Lucero, Veracruz).

El descubrimiento de una nueva y rica zona petrolera en el sureste de México, que empezó a producir en 1973, permitió superar la crisis durante un tiempo, pues debido al aumento del precio de los hidrocarburos, nuevamente se buscaron alternativas energéticas.

En 1974 se propusieron varios proyectos hidroeléctricos, como Manuel Moreno Torres (Chicoasén, Chiapas) y Peñitas (Otzuacán, Chiapas) en el río Grijalva y El Caracol (Apaxtla, Guerrero), en el río Balsas. De igual manera se amplió el programa de plantas geotermoeléctricas y se promovió un programa para la utilización del carbón en el norte del país, esto llevó a la construcción de la planta carboeléctrica de Río Escondido (Río Escondido, Coahuila), a la par se mantuvo el programa de plantas termoeléctricas que utilizaban el combustóleo producido en las refinerías de PEMEX como subproducto de la refinación del petróleo.

Durante la década de los 80's, la escasez de recursos financieros, y la baja de los precios del petróleo y del combustóleo, propiciaron el apoyo a los programas tanto de construcción, como de restauración de las plantas termoeléctricas.

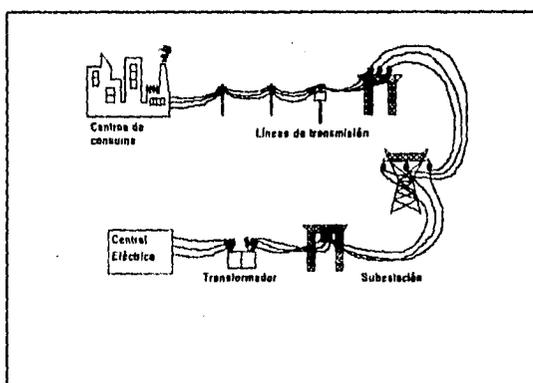
En diciembre de 1993 la situación de los sistemas de generación y transmisión de energía eléctrica en México era la siguiente:

- La capacidad instalada de generación era de 29,204 MW, de la cual el 27.98% correspondía a plantas hidroeléctricas y el 72.02% a termoeléctricas.
- La generación de energía eléctrica alcanzó el valor de 126,530 GWh; las plantas termoeléctricas aportaron el 62.6% de esa cantidad, el 37.4% restante fue por generación de otras fuentes.
- El número de centrales generadoras de energía eléctrica era de 158⁽⁶⁾.

Hasta 1993 el Sector Eléctrico Nacional tenía en funcionamiento 75 centrales hidroeléctricas, siendo la más grande "Ing. Manuel Moreno Torres" (Chicoasén, Chiapas), de 1,500 MW inaugurada en 1980.

Dentro del proceso operativo de los sistemas eléctricos, la distribución es la función mediante la cual se hace llegar al usuario, la energía eléctrica producida en las centrales generadoras.

Los sistemas de distribución son la parte del sistema eléctrico que están más ligados con el usuario, se extienden desde las barras de carga de las grandes subestaciones de potencia, hasta la entrada de los servicios, en donde se miden los consumos de energía, para satisfacer necesidades de alumbrado, fuerza motriz, calor, refrigeración, etc.



Red de distribución de energía eléctrica

Figura 1.1

Esta extensa red de distribución de energía eléctrica, está ubicada en zonas urbanas y rurales, el 90% de su instalación está a merced de agentes externos como son tormentas, contaminación salina, descargas atmosféricas, vientos fuertes; así como los provocados de manera intencional o circunstancial por el hombre, como el vandalismo, el choque de postes, los defectos de construcción y papalotes sobre las líneas, los cuales interrumpen en cualquier momento el servicio.

Para subsanar todas esas fallas y disminuir la falta de servicio no sólo se ha instalado un equipo automático de supervisión, sino también un equipo de protección, para determinar su naturaleza y localización aproximada, puesto que la demanda de electricidad es continua, sobre todo en las horas "pico" o periodo de punta⁴, que se presentan entre las 18:00 y las 22:00 h.

En septiembre de 1986 entró en vigor un contrato por diez años, para la venta de 220 MW de capacidad firme y energía asociada, con las empresas San Diego Gas & Electric y Southern California Edison. La exportación de esta energía se logra a través de dos enlaces de 230 kV entre el Sistema de Baja California Norte y el Sistema Eléctrico de California. Existe otro punto de interconexión para la venta de energía entre el área Peninsular y la Compañía Belice Electricity Limited, con la cual se inició un contrato de venta en el año de 1989. La exportación de 5 MW de capacidad firme se realiza a través de un enlace de 34.5 kV, ubicado en la zona de Chetumal, Quintana Roo⁽⁵⁾.

Debido a que el ahorro y uso eficiente de la energía recibe la más alta prioridad, porque apoya el esfuerzo de productividad de toda la economía, amplía el horizonte energético y libera recursos para decidir su uso más eficiente en función de las necesidades del país, el 28 de septiembre de 1989 se creó por Acuerdo Presidencial la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la cual es un organismo intersecretarial del Gobierno Federal, cuyo objetivo es promover, apoyar, impulsar y difundir acciones de ahorro y uso eficiente de la energía que involucren a todos los sectores de la sociedad Mexicana.

En el Diario Oficial del 23 de diciembre de 1992 se publicó el Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, editándose posteriormente el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en el que se incluyeron las disposiciones emitidas en este Decreto.

El 31 de mayo de 1993 se publicó en el Diario Oficial, el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en el que se permite la cogeneración, el autoabastecimiento, la producción independiente, la pequeña producción, o la importación o exportación de energía eléctrica, mediante ciertos requerimientos que establecen la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (ahora Secretaría de Energía) y la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Se establece que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la participación de las Secretarías de Energía y de Comercio y Fomento Industrial y a propuesta de la CFE, fijará las tarifas⁵ para la venta de energía eléctrica, su ajuste, modalidades que dicten el interés público y los requerimientos del servicio público.

⁴ Desde el punto de vista de tarifa eléctrica, es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 h de lunes a sábado, a excepción de las regiones de Baja California Sur y Noreste, para las cuales y durante los meses de julio a octubre será el tiempo comprendido entre las 16:00 a las 22:00 h. en el que el costo del consumo de la energía eléctrica y demanda de potencia es más alto. Exceptuando los días marcados por la Ley Federal del Trabajo (Diario Oficial de la Federación (DOF)-911110).

⁵ En el Anexo 4 se describen los diferentes tipos de tarifas que existen en nuestro país.

Capítulo II
MARCO TEORICO

II.1 Energía

Es más fácil explicar para que sirve la energía que tratar de definir su esencia. Desde el punto de vista físico la energía puede definirse como la capacidad que tiene un cuerpo o sistema de realizar trabajo; entendido este último como producto de la fuerza que se ejerce sobre un cuerpo, multiplicada por la distancia que se recorre aplicando dicha fuerza. Esta relación se expresa matemáticamente de la siguiente manera: $W = F \cdot d$ (donde W = trabajo, F = fuerza y d = distancia). Dicha definición de trabajo sólo es válida cuando la fuerza aplicada y la distancia recorrida están en la misma dirección; cuando no es así, el trabajo es igual al producto de la componente o proyección de la fuerza sobre la dirección en la que se mueve el objeto por la distancia recorrida. Matemáticamente esto equivale a $W = F \cdot d \cdot \cos \theta$ (donde θ es el ángulo que forman la fuerza con la dirección de movimiento del objeto)⁽²⁹⁾.

La evolución de la humanidad ha estado indisolublemente ligada a la utilización de la energía en sus distintas formas. Sin lugar a dudas, el descubrimiento del fuego, su producción y control marcan el primer acontecimiento importante en la historia de la sociedad, que al correr de los siglos, cada vez que el hombre ha encontrado alguna fuente de energía o creado un procedimiento distinto para aprovecharla, ha experimentado grandes avances.

El aprovechamiento de la fuerza de tracción de los animales permitió el desarrollo de la agricultura; fue así como algunos pueblos nómadas se asentaron y establecieron las bases para el surgimiento de las antiguas culturas.

La utilización de la energía del viento mediante la invención de la vela dio un fuerte impulso a la navegación, al comercio y al intercambio de ideas y conocimientos entre los pueblos de la antigüedad.

El empleo de la energía cinética de las corrientes de agua, gracias a la rueda hidráulica, liberó al hombre de cantidad de tareas que requerían gran esfuerzo físico y dio lugar a la creación de los primeros talleres y fábricas, remotos antecedentes de las primeras plantas industriales.

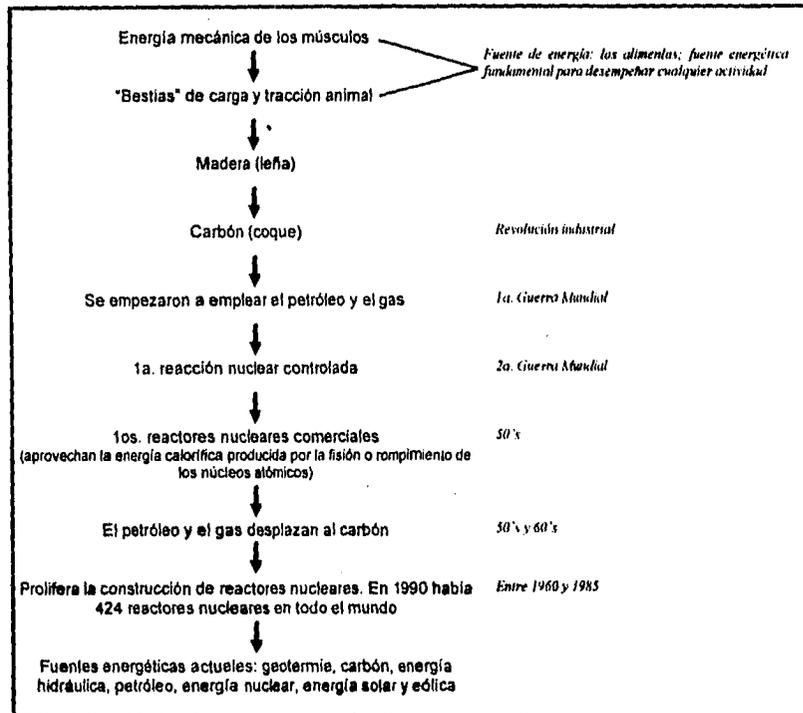
La invención de la máquina de vapor propició la transición del trabajo artesanal a la producción masiva y dio origen a una verdadera revolución social y económica a fines del siglo XVIII y principios del XIX.

Asimismo, los enormes avances de nuestra época han sido posibles, fundamentalmente, debido al uso de la energía eléctrica, al aprovechamiento del petróleo y, más recientemente, al empleo comercial de las energías nuclear, eólica y solar.

II.1.1 Energéticos

Cuando hablamos de *energéticos* nos referimos al aprovechamiento de las fuentes de energía, así como a su óptima utilización.

Los energéticos han evolucionado a lo largo de la historia, en el cuadro II.1 se describe la evolución de los mismos.



Evolución de los energéticos

Cuadro II.1

La energía que las centrales hidroeléctricas producen se debe a la transformación de la energía potencial de los ríos en energía eléctrica. El viento se origina por la diferencia de temperaturas en la atmósfera terrestre, provocada por la forma en que inciden los rayos solares, en combinación con la rotación de la Tierra.

El tiempo en que una máquina realiza el trabajo es fundamental, por ello se introdujo el concepto de *potencia*, que se define como la rapidez con la que se realiza un trabajo o como la energía consumida por unidad de tiempo.

Las máquinas han acortado el tiempo que se requería para desempeñar muchas actividades, por lo que es fundamental producir energía utilizable a través de las diferentes fuentes.

Cuando se habla de energéticos, y en particular de las centrales de energía, es importante conocer, no sólo cuanta energía se produce, sino la rapidez con la que se produce dicha energía; la energía por unidad de tiempo. Por lo tanto es mejor desarrollar mucha potencia.

Las plantas o centrales de energía eléctrica deben ser de mucha potencia, para poder satisfacer, en todo momento las necesidades de los usuarios. Así, la producción de electricidad depende de la demanda de la población, la cual tiene que satisfacerse.

Otro concepto involucrado en el uso de la energía es la *eficiencia*, que se define como el cociente de la energía que sale dividida entre la energía que entra, esto es siempre menor que la unidad. El valor es adimensional, expresándolo comúnmente en porcentaje (%). La diferencia de lo que entra menos lo que sale son "ineficiencias" o "pérdidas", dependiendo de numerosos factores. parte de estas pérdidas se pueden reducir y aumentar la eficiencia, o bien recobrar parte de la energía que se libera (pérdida aparente) para reaprovecharla en la misma máquina u operación.

El hombre y toda máquina requieren de una fuente de energía para realizar cualquier trabajo. Sin embargo, la eficiencia con la que se realiza éste nunca podrá ser de 100%, dado que la naturaleza ha impuesto su ley: *todo sistema que realice un trabajo siempre tendrá pérdidas de energía calorífica, que se manifiestan de diversas formas*; por ejemplo, la fricción de las ruedas en el pavimento, el rozamiento de un pistón en un motor, la transpiración del cuerpo humano, etc. Por lo tanto, una parte de la energía empleada para realizar un trabajo se transforma inevitablemente en energía calorífica y por ello la eficiencia de cualquier máquina térmica nunca será de 100 por ciento.

En los sistemas de conversión de energía, por ejemplo de una presa, la eficiencia se define como el cociente de la energía útil que se extrae del sistema, dividida entre la energía que entra al mismo. Como la primera siempre será menor que la segunda, la eficiencia de conversión de cualquier máquina, planta, central o dispositivo siempre será menor que 1 ó expresado en porcentajes, menor que el 100 por ciento.

La eficiencia de una lámpara, de un circuito, o de un sistema de iluminación completo; es la porción de la potencia de entrada que es convertida en radiación visible, la eficiencia está dada en porcentaje o fracción propia.

II.2 Formas de energía

La energía del Universo se manifiesta en diversas formas físicas y químicas como la energía cinética y la potencial, que en conjunto constituyen la energía mecánica, energía térmica, electromagnética (eléctrica y magnética), nuclear y química.

A continuación se describen algunas de ellas:

Energía térmica y calorífica

Desde luego, la fuente más importante de este tipo de energía es el Sol. Si todos los combustibles disponibles se quemaran para proporcionar a la Tierra el calor que diariamente recibe de este astro, en unos cuantos días se agotarían todas nuestras reservas.

Los hidrocarburos y el carbón, que en última instancia son producto de la energía solar, siguen en orden de importancia al sol como fuentes de energía calorífica, que liberan calor al quemarse.

A pesar de que el carbón fue el primer energético empleado por el hombre, el petróleo y el gas natural se encuentran en vías de desaparecer, debido a su explotación y uso. Las reservas detectadas sólo garantizan su disponibilidad hasta los primeros lustros del próximo siglo, de acuerdo con las tasas actuales de crecimiento en su consumo.

La fuente más moderna es el núcleo del átomo. A principios de este siglo Albert Einstein postuló que todo el Universo es energía; que la energía y la materia son la misma cosa y que entre ambas existe una relación definida que puede expresarse en la fórmula:

$$E = mc^2$$

en la que

E es igual a la energía

m es igual a la masa

c es igual a la velocidad de la luz

Un numeroso y selecto grupo de hombres de ciencia, llevó a cabo los experimentos que culminaron con la fisión o ruptura de los núcleos de átomos de uranio 235. Lograron que una pequeña parte de la materia se transformara en energía calorífica y corroboraron así las teorías de Einstein. Gracias a esta propiedad, el hombre dispone hoy de una fuente importante de energía, que le permitirá a corto plazo sustituir y complementar a las otras fuentes.

Energía mecánica

Se dice que la energía mecánica es aquella que poseen los cuerpos en movimiento. Su fuente natural por excelencia es la fuerza de gravedad o atracción terrestre que hace que cualquier objeto colocado por encima de cierto nivel de referencia, posea energía mecánica potencial, que se manifiesta en el momento de soltar el objeto, mediante el movimiento del mismo.

El hombre ha aprovechado este fenómeno desde hace siglos, reteniendo en represas las corrientes de agua para acumular energía. El agua así almacenada es posteriormente liberada y conducida hacia las aspas de una rueda; la corriente hace girar la rueda y se obtiene así energía mecánica utilizable.

Otra fuente natural de energía mecánica es el viento que, independientemente de su empleo en la navegación a vela, se ha utilizado desde hace mucho para mover los molinos de viento.

El mar también es una fuente importante de energía mecánica. El movimiento de las aguas es consecuencia de la fuerza de gravedad cuando se producen las mareas, y del viento cuando se trata el oleaje.

Energía eléctrica

Esta importante forma de energía también proviene de la naturaleza y sus manifestaciones más espectaculares y comunes son las descargas eléctricas conocidas como rayos. Desafortunadamente, no es posible aprovechar éstos como fuente natural y es necesario emplear ciertos dispositivos para producirla a partir de otras fuentes.

Gracias a que la producción de esta forma de energía es relativamente simple, el hombre ha contado con ella desde fines del siglo pasado. En efecto se puede obtener energía eléctrica con sólo mover una serie de espiras de cobre (bobina) en el seno del campo magnético producido por un imán. En las terminales de la bobina se generará un voltaje.

El conjunto que forman el campo magnético y la bobina se denomina generador y no es otra cosa que una máquina que transforma la energía mecánica, utilizada para mover la bobina, en electricidad.

De acuerdo con lo anterior, para producir energía eléctrica es necesario disponer de un generador y de suficiente energía mecánica para moverlo, de donde se desprende que la energía eléctrica no es más que energía mecánica transformada.

II.3 Fuentes de energía

Cuando hablamos de las formas de energía no nos estamos refiriendo a las formas de ésta, sino únicamente al tipo de energía; en cambio, cuando aludimos a las fuentes de energía nos referimos a su origen, es decir, de dónde se obtiene. Una fuente de energía como el petróleo produce una forma de energía: térmica, mecánica, química o eléctrica. También, cuando hablamos de fuentes se dice implícitamente que se trata de energía aprovechable, es decir, energía que el ser humano puede utilizar para realizar todo tipo de actividades.

Existen los siguientes tipos de fuentes de energía según su origen y aprovechamiento:

1. *Energía del petróleo, gas y carbón.* La energía química se convierte en calor para posteriormente transformarse en electricidad u otras formas de energía. Cuando la energía que proporcionan el petróleo, el gas o el carbón se obtiene en grandes cantidades, se transforma en energía eléctrica a través de las centrales termoeléctricas o carboeléctricas. En el caso de los transportes la energía se transforma en cinemática o mecánica (pasando por la energía calorífica o térmica) o bien en energía calorífica cuando se trata de un calentador o una estufa.
2. *Energía hidráulica.* En esta se aprovechan las caídas de agua que se originan por la diferencia de altura en un terreno, por lo tanto se trata de energía potencial. La energía hidráulica es energía mecánica, primero potencial, cuando el agua de un río es detenida por la cortina de una presa y se establece una diferencia de altura, y después cinética, cuando se deja caer el agua de la presa. Dicha energía cinética es la que se utiliza para mover un turbogenerador y producir energía eléctrica en las centrales hidroeléctricas.
3. *Energía geotérmica.* Es la energía calorífica del interior de la Tierra, la cual se transforma en energía mecánica y eléctrica a través de un turbogenerador.
4. *Energía nuclear.* En ésta, la energía que une a los núcleos de los átomos se transforma en energía calorífica, y ésta, a su vez, en mecánica y eléctrica.⁶
5. *Energía solar.* En ésta se aprovecha directamente la radiación solar, para producir calor o electricidad.
6. *Energía eólica.* Es la que utiliza la energía cinética de los vientos, que pueden aprovecharse como tal o, a su vez, convertirse en electricidad.

⁶ Consiste en partir o fisiónar núcleos de un tipo de uranio que tiene 235 partículas en su núcleo, llamado Uranio 235.

7. *Energía de la biomasa.* Es el aprovechamiento de la materia viva y los desechos orgánicos como combustibles, por lo tanto se trata de energía química, que se puede transformar en cualquier tipo de energía. El caso de la madera es un ejemplo.

Un país sin petróleo, carbón, geotermia y con baja insolación o soleamiento, difícilmente puede aprovechar distintas formas de energía.

II.3.1 Energía renovable y no renovable

Existe también una clasificación de las fuentes de energía de acuerdo con su tiempo de renovación:

- Renovables
- No renovables

Las fuentes no renovables son aquellas que después de cierto tiempo de explotación acabarán por agotarse. Este es el caso de los combustibles fósiles, la fisión nuclear y la energía geotérmica. Por otro lado están las fuentes de energía renovables, entre las que se encuentran la solar y la eólica, dado que son fuentes que para todo fin práctico nunca se agotarán.

El uso de recursos energéticos renovables evitan problemas de contaminación pero en conjunto no parecen representar una posibilidad real para apoyar de una manera significativa a la generación con respecto a la producida por hidrocarburos, al menos a corto plazo. Por otra parte, la generación con energía nuclear representa contaminación de gran riesgo: el de radiaciones ionizantes. Estas radiaciones están ligadas con los efectos en los seres vivos y en el medio ambiente en general. Así pues, este tipo de energía debe resolver los siguientes problemas: 1) seguridad y 2) disposición final de los desechos radioactivos.

II.3.2 Sistemas convencionales y no convencionales

Otra clasificación que se utiliza, es la que se hace de acuerdo a la explotación comercial de la energía (\$/kWh generado):

- Sistemas Convencionales
- Sistemas No Convencionales

Se consideran como sistemas convencionales de suministro energético, a los desarrollados principalmente a través de unidades de producción y distribución altamente centralizados, es decir son más baratos, en lo que respecta a \$/kWh generado. Estos sistemas no siempre son la mejor opción cuando se trata de satisfacer las necesidades del sector rural, ya que el transmitir energía eléctrica a zonas aisladas resulta ser muy costoso, principalmente por el cableado que se requiere para ello.

Los sistemas no convencionales tienen unidades de producción pequeñas, con muy baja densidad energética, siendo más caros, en lo que respecta a \$/kWh generado.

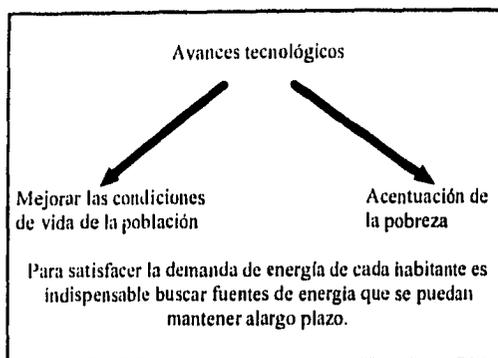
Comparando los sistemas convencionales contra los no convencionales, estos últimos tienen las siguientes ventajas:

- Ofrecen múltiples ventajas para el suministro en el medio rural
- Origen local
- Renovables
- Facilitan el uso de materiales y mano de obra locales
- Compatibles con el medio natural del lugar, tienen un mínimo impacto en el medio ambiente
- Facilitan la producción económica de energía útil a pequeña escala

Las desventajas de los sistemas no convencionales son:

- Intermitentes
- De baja densidad energética
- No controlables en su origen y difíciles de predecir
- Dificiles de transportar

La integración e implantación de los sistemas para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía requieren de mayor soporte ingenieril para el diseño, dimensionamiento, cálculo, construcción, instalación, prueba, operación y mantenimiento de los equipos. El aprovechamiento de estas fuentes debe darse dentro de un marco normativo que optimice el uso de recursos y garantice la eficiencia, confiabilidad y durabilidad de los equipos de los sistemas instalados. La competitividad económica de estos sistemas depende de varios factores, entre ellos el grado de concentración de la carga, la disponibilidad y costo de los energéticos complementarios y la distancia a la red. Se estima que sistemas de este tipo instalados a más de 15 km de la red eléctrica pueden ser económicamente competitivos. Sin embargo, es necesario efectuar estudios caso por caso para determinar su economía, ya que estos deben ser diseñados para cada caso particular.



Los dos caminos de los avances tecnológicos

Figura II.1

A través de los años el hombre ha perfeccionado la capacidad de hacer trabajos que requieran de grandes esfuerzos físicos, para dejar a las máquinas las tareas pesadas y dedicarse a labores más creativas; sin embargo, como consecuencia ha aumentado el consumo de energía por habitante, el cual es más alto en países desarrollados.

II.4 Unidades de energía

Desde que el hombre apareció en la Tierra, tuvo necesidad de comunicarse, para informar sobre ubicación, intensidad, posición, extensión, forma, etc.; así como sobre las manifestaciones de energía, y fenómenos sociales y naturales; por lo que tuvo que darles "magnitud" y "dimensión" a los mismos, concibiendo las "Unidades".

En el transcurso de la historia ha habido centenas de miles de Unidades; cada época, cada "cultura", han tenido Unidades; su grado de consistencia y sistematización dan idea del nivel socio-cultural alcanzado por ella.

La Revolución Francesa trajo consigo un profundo cambio en la humanidad; los revolucionarios estipularon que las cosas deben ser "racionales". Las unidades tradicionales hasta esa época eran un claro ejemplo de "lo que existía antes y que ya no debe ser"; así pues, se promueve el desarrollo de un Sistema realmente racional de Unidades. Este sistema original ha sufrido cambios hasta la actualidad, habiendo tenido diferentes nombres, tales como Sistema General de Pesas y Medidas, Sistema Métrico Decimal, etc. En la actualidad se denomina, desde 1960, Sistema Internacional (se escribe SI en todos los idiomas del mundo). Este SI cancela a todos los anteriores, tanto a los "absolutos" como a los "gravitacionales".

Hay que aclarar que México, fiel a su tradición, fue uno de los primeros países que desde el tercer cuarto del siglo pasado se adhirió y comprometió a usar el ahora llamado SI, pero aún existen algunas deficiencias.

El SI está normalizado a nivel mundial, siendo la Norma ISO 1000 la base de otras tantas derivadas, tales como las ASTM E380, SAE J916, NOM Z1, EEE 286, ANSI Z210.1.

Actualmente en México se utiliza la NOM-008-SCFI-1994, que sustituye a la NOM Z1, en la cual se describen las unidades del SI y conceptos tales como magnitud, nombre de la unidad, símbolo internacional de la unidad, entre otros.

El SI tiene actualmente 7 Unidades de Base, que son suficientes para "dimensionar" todos los fenómenos y conocimientos del presente; hay otras dos Unidades Complementarias y varias Derivadas. El SI contempla igualmente la uniformidad de su escritura (las unidades deben manejarse como "símbolos"), múltiplos y submúltiplos, precisiones, etc.

Magnitud	Nombre de la Unidad	Símbolo Internacional de la Unidad
longitud	metro	m
masa	kilogramo	kg
tiempo	segundo	s
intensidad de corriente eléctrica	ampere	A
temperatura termodinámica	kelvin	K
intensidad luminosa	cañdela	cd
cantidad de sustancia	mol	mol

Unidades de Base del Sistema Internacional

Tabla II.1

La Unidad Derivada del SI para la Energía es el Joule (J) que es el producto de **Nom** (fuerza por distancia) ó kgm^2/s^2 , coincidiendo dimensionalmente también con la de "momento de una fuerza" o "par" (torque en inglés). En la práctica, se usa aún más frecuentemente como unidad de fuerza, el kgf , por lo que la energía se mediría como kgfm , aunque esto no es recomendable, sobre todo en trabajos científicos.

Como el Joule es una unidad muy pequeña para medir el consumo de energía doméstica se emplea otra unidad, tal vez más conocida: el kilowatt-hora, abreviado kWh (1 kilowatt-hora = 3 600 000 joules). Otra unidad que también se utiliza es la kilocaloría; 1 kilocaloría = 4 186.8 joules. También se utiliza frecuentemente el BTU (British Thermal Units) con la siguiente equivalencia: $1 \text{ BTU} = 1/9.478 \times 10^{-4}$ joules.

La unidad de potencia es el watt⁷ y sus múltiplos: el kilowatt, el megawatt, el gigawatt y el terawatt, abreviados W, kW, MW, GW y TW, respectivamente. Un watt equivale a un joule/segundo, o en forma abreviada $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

Las unidades de energía que se utilizan comúnmente son los kilowatts-hora, las de la potencia son los kilowatts.

⁷ Sociedad inglesa de lunáticos. Durante la segunda mitad del siglo XVIII existía en Birmingham, Inglaterra, una sociedad llamada Sociedad Lunar, porque sus miembros se reunían el primer lunes posterior a la Luna llena. A la asociación de lunáticos, como se les llamó, pertenecían: James Watt, Erasmus Darwin, Tatthew Boulton, John Wilkinson y William Small, entre otros.

Capítulo III
DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

III.1 Situación energética en México

Para entender los siguientes conceptos diremos que:

- La energía primaria es aquella que no ha sufrido transformación.
- La energía secundaria es aquella que proviene de la transformación de los energéticos.

III.1.1 Producción y destino de la energía primaria

De acuerdo al Balance de Energía de 1993, la producción nacional de energía primaria totalizó 2473.12 TWh, cifra 3% superior a la del año anterior. Los hidrocarburos participaron con el 89.7% en la producción de esta energía, la biomasa y la electricidad participaron con el 4.4% cada una y el carbón con el 1.5% (tabla III.1).

<i>Producción Nacional de la Energía Primaria 1993</i>		
	GWh	%
<i>total</i>	2 473 120	100.0
carbón	37 840	1.5
hidrocarburos ⁸	2 218 690	89.7
electricidad ⁹	107 960	4.4
biomasa ¹⁰	108 680	4.4

tabla III.1

El 90.8% de la oferta interna bruta de energía¹¹ fue destinada a centros de transformación, el 8.0% fue directamente a consumidores finales y el 1.2% restante se distribuyó entre el consumo propio del sector energético, las pérdidas y la diferencia estadística (tablas III.2 y III.3).

⁸ Petróleo crudo, condensados, gas no asociado y gas asociado

⁹ Nucleoenergía, geoenergía e hidroenergía

¹⁰ Bagazo de caña, leña

¹¹ El concepto de oferta interna bruta de energía primaria considera de forma agregada a la producción total, la variación de inventarios y las importaciones, descontando la energía no aprovechada y las exportaciones

Oferta Interna Bruta de la Energía Primaria

	1992 GWh	1993 GWh
<i>total</i>	1 541 048	1 557 810
producción	2 464 872	2 473 176
exportaciones	-879 695	-869 607
importaciones	5 333	148
variación de inventarios	1 608	2 663
energía no aprovechada	-51 069	-48 570

tabla III.2

Destino de la Oferta Interna Bruta de la Energía Primaria

	GWh	%
<i>Total</i>	1 557 810	100.0
Centros de transformación	1 414 490	90.8
Consumidores finales	124 620	8.0
Otros (Sector energético, pérdidas y diferencia estadística)	18 690	1.2

tabla III.3

III.1.2 Centros de transformación

En 1993 la capacidad completa de refinación de crudo totalizó 1370 miles de barriles diarios (MBD) distribuidos en 6 refineries. Para el procesamiento de gas natural y condensados se tuvo una capacidad nominal de 37 millones de metros cúbicos diarios (MMCD) de absorción y 94 MMCD de plantas criogénicas.

III.1.2.1 Transformación de la energía primaria

Para que la energía pueda ser fácilmente controlada para su aprovechamiento, la mayor parte debe llevar un "procesamiento"; es decir tiene que transformarse en formas más comerciales. De los 1 414 490 GWh que fueron enviados a transformación, las centrales eléctricas transformaron el 9.7% (137 210 GWh) (tabla III.5) y el 90.3% restante fue transformado en refineries (petróleo crudo y condensados), plantas coquizadoras (carbón) y en plantas de gas y fraccionadoras (gas húmedo dulce, gas amargo y condensados).

**Energía Transformada en
Centrales Eléctricas**

<i>Total</i>	137 210 GWh
Hidroeléctricas	76 177 GWh
Geotérmicas	16 980 GWh
Nucleoeléctricas	14 770 GWh
Carboeléctricas	28 726 GWh

tabla III.5

III.1.2.2 Generación de energía eléctrica

La producción de los centros de transformación totalizó 1 384 200 GWh, obteniéndose el 89.8% (1 243 010 GWh) de las refinerías, plantas de gas y fraccionadoras, de las cuales 230 739 GWh se utilizaron en la generación de energía eléctrica y el resto fue destinado a usos propios de refinerías, plantas de gas y fraccionadoras, así como a los demás sectores.

En las termoeléctricas convencionales se obtuvieron 79 200 GWh de electricidad, las que adicionadas al resto de la generación por otras fuentes arrojan un total de 126 530 GWh de electricidad, es decir, 9.1% del total de energía obtenida en la transformación.

Las pérdidas por transformación¹² en las centrales eléctricas ascendieron a 240 857 GWh, por lo que se tuvo una eficiencia de 34.5% en las centrales del sistema eléctrico nacional.

En las exportaciones de energía secundaria la electricidad participó con el 2.1% del total (2 015.5 GWh) y en las importaciones con el 0.8% (909 GWh).

Se espera que las ventas totales de energía eléctrica crezcan a un ritmo anual promedio del 4.5% para llegar alrededor de 175.6 TWh en el año 2003.

En diciembre de 1993, la capacidad instalada para la generación de electricidad ascendió a 29204 Megawatts (MW), con la siguiente distribución⁽²⁴⁾:

Generación de Electricidad

	MW	%
Termoeléctricas	17 718.07	60.67
Hidroeléctricas	8 171.28	27.98
Geotermoeléctricas	738.86	2.53
Carboeléctrica	1 901.18	6.51
Nucleoeléctrica	674.61	2.31

tabla III.4

¹² Las pérdidas por transformación se obtienen de la diferencia entre la energía enviada a transformación y la obtenida en forma de energía secundaria.

III.1.3 Consumo nacional de energía

Durante 1993 el consumo nacional de energía registro la cifra de 1 583 890 GWh (disminuyó 1.5% con respecto al año anterior). El sector energético utilizó 449 616 GWh, 28.4% de la energía empleada, mientras que 1 134 270 GWh, 71.6% del total, se destinaron al consumo final total.

Medida con base en el consumo nacional de energía y el Producto Interno Bruto (PIB) a precios de 1980, la intensidad energética en 1993 disminuyó en 2.0 por ciento respecto a 1992, registrando 0.280 kWh por peso producido. El consumo nacional de energía por habitante decreció en 3.7% al pasar de 18.96 a 18.26 MWh entre 1992 y 1993.

III.1.4 Consumo final total

En 1993 el consumo final total de energía fue de 1 134 270 GWh, lo cual representa un aumento de 0.4% respecto al año anterior, mientras que el consumo energético final¹³ aumentó a 1 028 560 GWh (2.1% con respecto al año anterior), el consumo no energético¹⁴ disminuyó en 13.7%, llegando a 105 717 GWh.

La estructura del consumo final muestra que: el 36.2% correspondió al sector transporte, el 30.5% a al industria, el 21.6% al sector residencial, comercial y público y el 2.4% al sector agropecuario. El consumo no energético participó con el 9.3%.

Sin considerar el consumo no energético se tiene la siguiente distribución:

<i>Consumo Final Energético</i>		
	GWh	%
<i>Total</i>	<i>1 028 560</i>	<i>100.0</i>
Sector transporte	410 390	39.9
Sector Industria	346 620	33.7
Sector Residencial, Comercial y Público	244 797	23.8
Sector Agropecuario	26 750	2.6

tabla III.6

¹³ Gasolinas y naftas, gas, diesel, gas licuado, electricidad, leña, combustóleo, kerosinas, bagazo de caña y coque

¹⁴ Gas, gasolinas y naftas, bagazo de caña, coque, kerosinas, productos no energéticos (asfaltos, lubricantes, grasas, parafinas, etano, propano-propileno, butano-butileno, azufre y materia prima para negro de humo).

Por energético se tuvo la siguiente distribución:

*Distribución por
Energético*

Energético	1993 %
gasolina	25.5
gas natural	16.7
diesel	12.8
gas licuado	9.5
electricidad	8.9
combustóleo	7.4
leña	7.4
otros combustibles	11.8

tabla III. 7

III.2 Demanda de la Energía Eléctrica

CFE clasifica la demanda de la energía eléctrica por sectores, con base en las estadísticas de ventas, mismas que se integran por tarifas. Los sectores considerados son los siguientes:

Residencial: Usuarios de las tarifas 1, 1A, 1B, 1C y 1D para servicio doméstico.

Comercial: Usuarios de las tarifas 2 y 3, para servicio general en baja tensión, que son principalmente establecimientos comerciales y de servicios, y también microindustrias.

Servicios: Usuarios de las tarifas 5, 6 y 7, para servicios de alumbrado público, de bombeo de aguas negras y potables, y servicio temporal.

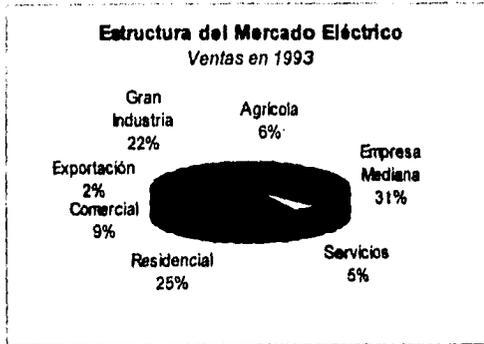
Empresa Mediana: Usuarios de las tarifas O-M y H-M, para servicio general en media tensión, que son principalmente establecimientos industriales pequeños y medianos, y que también incluyen establecimientos comerciales y de servicios grandes.

Gran Industria: Usuarios de las tarifas H-S, HSL, H-T y HTL, para servicio general en alta tensión, principalmente grandes establecimientos industriales, y también los grandes sistemas de bombeo de agua potable.

Agrícola: Usuarios de la tarifa 9, para servicio de bombeo para riego agrícola.

Exportación: Ventas que se realizan a empresas de EUA y Belice.

Habiéndose tenido la siguiente distribución en el Mercado Eléctrico:



Gráfica III.1

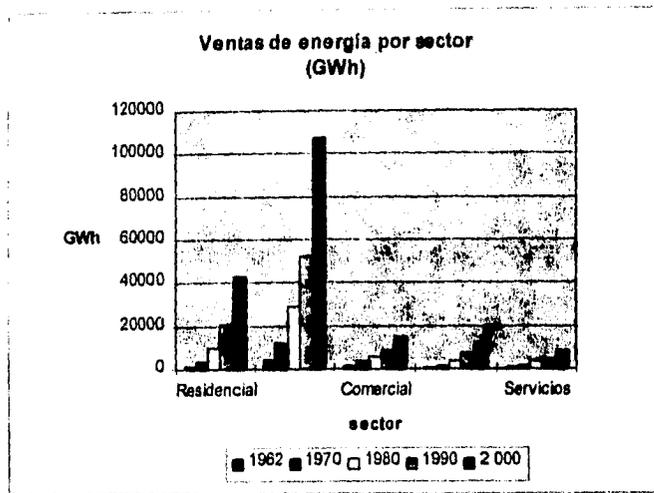
De acuerdo a datos de CFE se han tenido y se estiman las siguientes ventas de energía eléctrica por sector:

Ventas de energía por sector (GWh)

Sector	1962	1970	1980	1990	2000**
Residencial	1,419	3,582	10,038	20,605	43,090
Industrial	4,162	11,795	28,744	52,213	107,153
Comercial	1,508	3,253	5,821	8,265	14,601
Agrícola	621	1,349	3,746	6,707	12,059
Servicios	668	1,580	3,677	4,549	8,604
Total	8,378	21,559	52,026	92,339	185,507

* No incluye exportación
 ** Proyección

Tabla III.8



III.3 Uso de la Energía en Edificios

El consumo de energía en edificios está relacionado íntimamente con diversos factores externos entre los que destacan las condiciones ambientales y climática, el nivel socioeconómico de la población y la penetración en el mercado de sus nuevos productos consumidores de energía. A su vez, un edificio es un sistema complejo formado por una serie de elementos que interactúan entre sí y que influyen en forma individual o conjuntamente en su comportamiento.

En la búsqueda de formas para ahorrar energía se deben analizar una serie de aspectos que incluyen sus materiales y estructura, equipos e instalaciones, su relación con el entorno que lo rodea y los factores internos (usos, costumbres, etc.). En el sector comercial, la variedad de tipos y funciones de los edificios dependen de sus necesidades de energía: edificios de oficinas, hospitales, escuelas, centros comerciales, hoteles, etc. requieren en cada caso de la energía en diferente forma, cantidad e intensidad, de acuerdo a sus actividades y formas de uso final.

Algunas cifras publicadas establecen que en el mundo aproximadamente un tercio de la energía usada es consumida en edificios; en los Estados Unidos, el nivel de consumo en este sector es del orden del 36% de la energía total primaria consumida y, se estima que dicho sector consume un 65% del total de la electricidad generada en ese país. Por otro lado, se ha demostrado que el sector edificios tiene un potencial de ahorro de energía comprendido entre 30 y 50% aplicando las tecnologías actuales disponibles a la vez que se incrementa su funcionalidad y el confort de sus ocupantes⁽¹⁾.

La forma en que se consume la energía en los edificios, difiere significativamente para cada tipo de edificio, de acuerdo al uso al que se le destine. Por su contribución al consumo global, la climatización de los espacios es el segmento al que se le han enfocado significativamente los esfuerzos de eficientización energética. La calefacción y aire acondicionado, el calentamiento de agua, la conservación de alimentos y la iluminación consumen entre 74 y 83% de toda la energía consumida a nivel mundial en el sector edificios. Consecuentemente, la tendencia en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías se concentra principalmente en la envolvente de los edificios y los equipos que en su interior afectan la calidad del entorno de sus ocupantes y su desempeño; lo anterior no significa que se deba despreciar el rápido crecimiento de las cargas en contactos múltiples originado por la automatización de funciones en oficinas, como un grupo que en el futuro mediano será de gran importancia como sucede en algunos países.

Cabe mencionar que en muchos casos no cuesta más construir un edificio bajo ciertos criterios de eficiencia energética que un edificio ineficiente; aunado a lo anterior, los costos de operación son substancialmente menores a lo largo de la vida útil del inmueble. Por lo tanto, las inversiones aplicadas a la eficiencia energética de edificios han aumentado en virtud de su alta rentabilidad, el mejoramiento del confort y la funcionalidad así como el mejoramiento del medio ambiente urbano y global.

Considerando que los sistemas de alumbrado usualmente representan una carga importante en la mayoría de los edificios, las perspectivas de ahorro con la incorporación de equipos eficientes y mejoramiento de diseños ofrecen ventajas significativas si se toma en cuenta que los costos de operación anuales de un sistema de alumbrado, están constituidos en un 80% aproximadamente por los cargos del suministro de energía eléctrica, mientras que el restante 20% se destina a las acciones de mantenimiento y reposición de equipos.

Así, la energía ahorrada en edificios permitiría liberar hacia la investigación y desarrollo de nuevos aparatos y equipos, diferir inversiones asignadas a la construcción de nuevas plantas generadoras de electricidad y contribuir a la disminución de emisiones contaminantes.

En México, como consecuencia de los diferentes tipos de clima y nivel de desarrollo económico respecto a los países avanzados, las formas de uso de energía siguen un patrón diferente. Algunas cifras estimadas que se han publicado indican que en nuestro sector residencial la iluminación, la conservación de alimentos y el uso de la televisión representan entre el 69 y el 84% del total del consumo de energía eléctrica a nivel nacional. Asimismo, en lo referente al sector edificios no residenciales, se han hecho estimaciones que indican que un 60% de la energía consumida en este sector se aplica en iluminación, 20% corresponde a aire acondicionado y el 10% a bombeo de agua; el resto comprende otras formas de uso que incluyen el consumo de equipos diversos utilizados en este sector.

Considerando que los edificios en nuestro país, constituyen un "bien durable" con una vida útil estimada entre 30 y 50 años, cualquier retraso para construir edificios con sistemas eficientes constituye una "oportunidad perdida" para el ahorro de energía.

III.3.1 Formas de uso de la energía eléctrica por tipo de edificio

En Estados Unidos, la distribución del consumo de la energía en el sector edificios corresponde principalmente a: calefacción (29%), iluminación (15%), aire acondicionado (11%), calentamiento de agua (10%) y otros usos (35%)⁽³⁰⁾. En México, como ya se mencionó, como consecuencia de las diferencias en cuanto a ubicación geográfica, tipo de clima y nivel de desarrollo económico respecto a los países avanzados, las formas de uso de energía siguen un patrón diferente, estimándose que el 60% de la energía eléctrica consumida por el sector edificios se aplica en iluminación⁽¹⁶⁾, puesto que otras formas de uso común como son la calefacción y el aire acondicionado representan un nivel de consumo inferior con respecto a estos países.

Desafortunadamente, en nuestro país no se tienen estadísticas respecto a las formas de uso de la energía eléctrica en edificios, ya que solamente se dispone de la información proporcionada por las facturas de electricidad, donde no es posible establecer la distribución de energía en el tiempo por tipos de uso final para cada edificio. Aun cuando la realización de Diagnósticos Energéticos se ha venido impulsando en los últimos años, se puede decir que en edificios ésta actividad está apenas iniciándose en nuestro país, por lo que la información recabada hasta la fecha es escasa; en forma general, se puede mencionar que la energía eléctrica es usada principalmente en equipos de iluminación, aparatos conectados a contactos (computadoras personales, cafeteras, máquinas de escribir, copiadoras, etc.); equipos de climatización de espacios (incluyendo equipos de aire acondicionado y de aire lavado), elevadores y equipos de bombeo de agua.

A falta de información precisa sobre los hábitos de consumo en los diferentes edificios se presenta un análisis de las cargas específicas, áreas y espacios útiles típicos; estos datos contribuirán a la determinación de los potenciales de ahorro que es posible obtener con la aplicación de la metodología propuesta para realizar Diagnósticos Energéticos (DEN).

Diversos trabajos realizados en edificios confirman que importantes ahorros de energía pueden ser alcanzados mediante mejoras en el diseño y la aplicación de una combinación de tecnologías eficientes y elementos de control para el alumbrado; sin embargo, existen obstáculos para integrar sistemas más eficientes, tales como falta de información, insuficientes líneas de financiamiento, disponibilidad de productos eficientes y falta de normatividad.

III.3.2 Información de cargas eléctricas de los edificios

No existe información estadística confiable sobre las formas y niveles de uso de la energía eléctrica en los edificios de nuestro país. La información que se obtiene de la facturación sólo indica el consumo y la demanda globales en éstos inmuebles; aun cuando se tiene información de otros países como es el caso de Estados Unidos de Norteamérica, ésta constituye una referencia y no procede su aplicación en forma directa a nuestro entorno.

En México, el porcentaje de consumo de las instalaciones de alumbrado en edificios no residenciales es superior con respecto al de los países líderes tecnológicos, por ser menores los correspondientes a otros usos como son la calefacción y el aire acondicionado cuya penetración en el mercado está estrechamente vinculada al nivel económico de la población.

Con la disponibilidad de mayor número de equipos para iluminación con tecnologías eficientes, se considera que el potencial de ahorro de los sistemas de alumbrado de edificios es elevado y puede ser aun mayor si son mejorados los hábitos de uso de los propios usuarios de estos inmuebles.

III.3.3 Edificios

Los diferentes tipos de edificios existentes en nuestras ciudades y poblaciones constituyen un núcleo importante en lo referente al consumo y demanda de energía eléctrica a nivel nacional. En estos inmuebles se desarrolla gran parte de las actividades socioeconómicas de la población incluyendo tanto las correspondientes a la vida familiar en el caso de edificios residenciales, como las actividades de negocios, comercios, prestación de servicios y actividades empresariales en el caso de edificios no residenciales.

Las diferentes tareas que realizan los ocupantes de los edificios no residenciales requieren de condiciones favorables y específicas que proporcionen el confort psicofisiológico necesario para crear un ambiente laboral que permita la mayor productividad. Las instalaciones y equipos requeridos para proporcionar los diferentes servicios en estos inmuebles coadyuvan en esta función, pero también consumen energía; dentro de las diferentes formas de uso de la energía en estos inmuebles, se destacan los sistemas de alumbrado por su incidencia en el consumo y la demanda de energía eléctrica.

Tradicionalmente, los proyectos de alumbrado de edificios se han enfocado a proveer los niveles de iluminación recomendados para las diferentes actividades o tareas a realizar en su interior considerando adicionalmente aspectos de seguridad, flexibilidad y estética, soslayándose por lo general el aspecto de eficiencia en el proyecto de la instalación. Sin embargo, en los últimos años tanto en México como en muchos países, es creciente la conciencia hacia el uso más eficiente y racional de los recursos energéticos, para lo cual se ha detectado la necesidad del desarrollo y establecimiento de normas que regulen el desempeño de equipos e instalaciones, como una eficaz estrategia para disminuir la tasa de crecimiento de la demanda de este servicio, indispensable en las sociedades del mundo contemporáneo.

III.3.4 Clasificación de Edificios

En México, el sector edificios se ubica principalmente dentro de los grupos tarifarios correspondientes a las tarifas 1, 1A, 1B, 1C y 1D para servicios domésticos que en conjunto representan el 23% del total de ventas; tarifas 2 y 3 servicios generales suministrados en baja tensión hasta 25 kW y mayores de 25 kW de demanda respectivamente que representan el 9% del total. Adicionalmente, los grandes edificios tienen servicios contratados en tarifas generales suministradas en alta tensión.

Con base en lo anterior, se desprende una primera subdivisión del sector edificios sustentada en el marco tarifario: edificios residenciales y edificios no residenciales, en donde los primeros son los destinados a las actividades familiares, mientras que los segundos abarcan inmuebles donde se desarrollan actividades en los ámbitos laboral, comercial y de servicios y son ocupados por empresas, negocios e instituciones.

En nuestro país la construcción y uso final de los edificios no residenciales, presenta un gran mosaico de actividades pudiendo un edificio, independientemente de los permisos de uso de suelo, albergar oficinas, comercios y restaurantes, para los cuales existen diferentes reglamentaciones tanto estatales como federales, e inclusive muchas veces son proyectados y construidos sin conocer quienes serán los ocupantes y las necesidades de los mismos.

El Acuerdo donde se establecen los requisitos que deben contener los proyectos y trámites simplificados para obtener la aprobación de las instalaciones destinadas al uso de energía eléctrica, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 9 de mayo de 1988, establece en su Artículo 3o. una clasificación de inmuebles o lugares de concentración pública:

- Arenas de box
- Auditorios
- Baños públicos
- Bares y cantinas
- Bibliotecas públicas
- Cárceles y reclusorios
- Carpas y circos
- Centros de conferencias
- Centros nocturnos (cabarets)
- Cines
- Edificios para oficinas públicas
- Edificios para oficinas privadas donde se atiende al público
- Escuelas y demás centros docentes
- Establecimientos comerciales
- Estadios
- Ferias y exposiciones
- Galerías o salas de exposición
- Gimnasios y centros deportivos
- Hospitales y clínicas
- Hoteles, moteles y albergues
- Iglesias y templos
- Funerarias
- Mercados
- Museos
- Plazas taurinas
- Restaurantes y cafeterías
- Salas de fiestas
- Salones de baile
- Teatros
- Terminales para pasajeros (aéreas, terrestres, marítimas)

Los demás inmuebles destinados a fines de esparcimiento, recreativos, culturales, para recibir un servicio, concertar negocios o cualquier otro tipo que sea motivo de reunión en forma normal.

De estos edificios los que mayor crecimiento tienen son⁽¹⁸⁾:

- Edificios para oficinas públicas y privadas con un incremento anual del 5 a 7%.
- Hospitales generales de especialidades y unidades de consulta externa con un 5% de incremento anual.
- Establecimientos comerciales con un incremento anual del 5 al 7%.

Los edificios que destacan por su tipo de ocupación son:

- Edificios públicos y privados
- Escuelas y demás centros docentes
- Hospitales y clínicas
- Hoteles, moteles y albergues
- Restaurantes y cafeterías
- Establecimientos comerciales
- Terminales para pasajeros

Dentro de estas subdivisiones es necesario considerar los niveles de iluminación requeridos por cada tipo de edificios en donde se destacan:

- Las escuelas y oficinas que requieren un nivel de iluminación relativamente elevado y de excelente calidad para satisfacer las necesidades de una amplia diversidad de tareas visuales.
- Los establecimientos comerciales, en donde la iluminación artificial es uno de los elementos más importantes que integran la estrategia de mercadotecnia para llamar la atención hacia la tienda y hacia la mercancía mostrada.
- Los restaurantes y cafeterías, que al igual que los establecimientos comerciales usan la iluminación artificial para atraer la atención y crear diversas atmósferas.
- Los hoteles que utilizan alumbrado artificial para proporcionar confort a sus ocupantes durante su estancia y como elemento decorativo.

Por lo anterior y con base en el estudio de los edificios que presentan una mayor tasa de crecimiento así como el impacto que representan en la red del Sistema Eléctrico Nacional, a continuación se analizan algunos tipos de edificios, como son escuelas, oficinas, hospitales y clínicas, restaurantes y cafeterías, hoteles y establecimientos comerciales (tiendas departamentales, tiendas de autoservicio y tiendas de especialidades).

III.3.5 Análisis de algunos edificios

A continuación se presentan en forma general, a falta de información precisa, hábitos de consumo en algunos de los edificios mencionados anteriormente, así como las cargas específicas, áreas y espacios útiles típicos.

III.3.5.1 Edificios de oficinas

En los edificios de oficinas se identifican dos formas básicas de desarrollo de los proyectos de construcción de éstos, que son:

- Las construcciones donde el usuario final está perfectamente identificado, en este caso el inmueble se construye con base en un proyecto de acuerdo a las necesidades particulares del usuario, conociéndose de antemano el número aproximado de personas que lo ocuparán, sus actividades así como la distribución preliminar del personal en toda el área.
- Las construcciones al régimen de venta total, parcial o en opción de renta, en este caso el proyecto se desarrolla sin conocer a el o los usuarios finales, sus necesidades particulares en función de las actividades que se llevarán a cabo; usualmente el edificio se construye a partir del área disponible sin conocer el número y la distribución de las personas que lo ocuparán, cubriendo los requisitos mínimos marcados por la normatividad vigente. En este tipo de construcciones se buscan altas tasas de rentabilidad de la inversión, sacrificando el confort de las personas, siendo el usuario final el encargado de efectuar, frecuentemente, las adecuaciones del espacio ocupado, realizadas algunas de ellas sin el soporte técnico necesario.

En este tipo de edificaciones se cuenta con una serie de equipos y servicios adicionales (aire acondicionado centralizado, elevadores, etc.), los cuales pretenden proporcionar el confort requerido por las personas que ocupan el edificio. Asimismo, estos edificios, en muchas ocasiones, cuentan en su planta baja y locales para renta o venta, en los cuales no existe un uso determinado.

Otro tipo de edificios destinados a oficinas son el resultado de la adaptación y remodelación de pequeños edificios o casas para utilizarse como despachos, los cuales generalmente no tienen una carga eléctrica conectada mayor de 20 kW.

Dependiendo del tamaño del edificio, el contrato de energía eléctrica, el cual regula las relaciones entre el usuario y la empresa suministradora de energía, puede estar sujeto a las siguientes tarifas:

- Tarifa 2
- Tarifa 3
- Tarifa O-M
- Tarifa H-M
- Tarifa H-S

El Grupo de Trabajo de la Norma de Eficiencia Integral en Edificios no Residenciales estima que el 70% de los contratos de la Tarifa 2 son edificios de oficinas, el 50% de los contratos de la Tarifa 3 son edificios de oficinas, el 17% de los contratos en Tarifa OM son edificios de oficinas, el 18% de los contratos de la Tarifa HM son edificios de oficinas y el 1% de los contratos en Tarifa H-S son edificios de oficinas.

Por lo anterior y de acuerdo a datos de CFE se puede decir que:

*Edificios de oficinas
1993*

Tarifa	Ventas GWh	Usuarios
Tarifa 2	5,162	1'363,153
Tarifa 3	1,055	10,049
O-M	3,733	11,579
H-M	1,870	197
H-S	68	2

Tabla III.9

De acuerdo a estimaciones de la CONAE, se dice que un edificio es:

- grande si tiene más de 9999 m² construidos
- mediano si tiene más de 2999 m² construidos
- pequeño si tiene más de 99 m² construidos

La práctica usual de diseño de los sistemas de alumbrado es instalar luminarios con lámparas fluorescentes en las áreas generales y alumbrado incandescente en áreas de poca ocupación como escaleras, baños, etc.

Los niveles de iluminación varían entre edificios de acuerdo al tipo de construcción, pero un valor comprendido entre 300 y 500 luxes¹⁵ es el usualmente utilizado para diseño. Sin embargo, cabe destacar que en la gran mayoría de los edificios los horarios de trabajo se realizan entre 8:00 A.M. y 7:00 P.M. quedando después de esta hora menos del 25% del personal, quienes normalmente dejan encendido gran parte del sistema de alumbrado. Asimismo, las labores de limpieza se efectúan usualmente antes y después de estas horas de trabajo dando lugar a un importante desperdicio de energía por tener encendido el alumbrado innecesariamente. En algunas ocasiones el aire acondicionado queda prendido en días inhábiles.

Las áreas de aplicación de los diagnósticos energéticos en oficinas son tres básicamente:

- Iluminación
- Acondicionamiento ambiental
- Aparatos eléctricos

III.3.5.2 Escuelas

De acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática⁽¹⁸⁾ en el país existen alrededor de 100,000 escuelas, desde nivel preescolar hasta nivel profesional, las cuales reciben a más de 25'000,000 de estudiantes, lo cual origina una gran diversidad de tipos de edificios que son destinados a escuelas.

Gran parte de las escuelas laboran con los siguientes horarios:

Nivel preescolar	de 9:00 a 12:00 h
Nivel primaria	de 8:00 a 19:00 h
Nivel secundaria	de 7:30 a 20:00 h
Nivel bachillerato	de 7:00 a 22:00 h
Nivel profesional	de 7:00 a 22:30 h

Las labores de limpieza en estos edificios se efectúan al término de los turnos matutino y vespertino, por lo que todo el sistema de alumbrado permanece encendido innecesariamente al menos una hora (al término del primer turno), quedando bajo responsabilidad de una persona la actividad de apagar el sistema de alumbrado al término de las labores diarias.

¹⁵ Lux es la cantidad de flujo luminoso [lumen] que se tiene por unidad de área [metro cuadrado] $lx = lm/m^2$

La gran mayoría de escuelas tienen sistemas de alumbrado con luminarios fluorescentes y en las zonas de baños se cuenta con iluminación incandescente. Estos sistemas están controlados por tableros de distribución centralizados para alumbrado a través de interruptores termomagnéticos los cuales permanecen usualmente energizados durante todo el día y, dependiendo del tipo de escuela, algunas áreas son apagadas durante el día.

Las áreas destinadas a laboratorios en escuelas secundarias, preparatorias y de educación superior proporcionan el ejemplo típico de instalaciones de alumbrado mal utilizado. En estas áreas, gran parte del tiempo el local permanece desocupado mientras que el sistema de iluminación no es desconectado.

Los niveles de iluminancia varían ampliamente entre edificios de acuerdo al tipo de construcción y actividades específicas; prácticamente no existe el mantenimiento preventivo en los sistemas de alumbrado de escuelas, originando una disminución en el nivel de iluminancia hasta 75 luxes en algunos casos. El mantenimiento se limita a la reposición de lámparas una vez que éstas se funden y en casos muy contados se hace el reemplazo en grupo de lámparas.

Cabe mencionar que la Secretaría de Educación Pública inició en el año de 1993 un programa de ahorro de energía en todos sus planteles, el cual ha tenido una gran aceptación por parte de los encargados de las diferentes escuelas.

III.3.5.3 Hospitales y clínicas

El sector salud del gobierno federal cuenta, de acuerdo a información del INEGI, con 804 unidades hospitalarias y 11,880 clínicas de consulta externa en el país⁽¹⁸⁾.

Las unidades hospitalarias se caracterizan por su servicio ininterrumpido durante las 24 horas en tanto que las clínicas trabajan en periodos desde las 7:00 a las 21:00 h y sólo en algunas existe el servicio de emergencia nocturno.

Debido a la gran importancia de la carga conectada de equipos y sistemas de alumbrado (general y localizado) los hospitales cuentan con subestaciones propias y generadores de emergencia de respaldo para suministrar energía eléctrica bajo cualquier condición y sus contratos de energía eléctrica, por lo general, están dentro de las tarifas O-M y H-M.

La gran mayoría de los hospitales cuenta con alumbrado fluorescente y sólo en áreas especializadas se cuenta con alumbrado incandescente. En las áreas de camas se cuenta con alumbrado general fluorescente el cual se apaga aproximadamente a las 21 h y un luminario de pared para cada cama, el cual es encendido por la noche si así se requiere, quedando los pasillos, mesas de enfermeras, sanitarios y otras áreas generales permanentemente encendidas.

Los sistemas de alumbrado en hospitales también se encuentran controlados por tableros de distribución para alumbrado centralizado a través de interruptores termomagnéticos, los cuales son operados exclusivamente por personal de mantenimiento.

III.3.5.4 Hoteles y moteles

Los 7,984 establecimientos dedicados a este giro ofrecen 333,547 cuartos⁽¹⁸⁾ los cuales en su mayoría tienen alumbrado incandescente.

Los hoteles y moteles se encuentran divididos en categorías de clase especial, gran turismo, 5 estrellas, 4 estrellas, 3 estrellas, 2 estrellas, 1 estrella, clase económica o sin categoría.

Los grandes hoteles cuentan con subestación propia y generadores de emergencia para cubrir sus necesidades y sus contratos de energía se incluyen en las tarifas O-M, H-M y algunos en tarifas H-S.

Aproximadamente el 60% del área de estos edificios corresponde a cuartos y el 40% restante corresponde a pasillos, vestíbulos, restaurantes, salas de conferencias, etc.

III.3.5.5 Restaurantes y cafeterías

De acuerdo a los datos proporcionados por el INEGI⁽¹⁹⁾ en el país existen alrededor de 117,000 establecimientos dedicados al giro de restaurantes y cafeterías.

En este tipo de establecimientos usualmente los contratos de energía eléctrica están bajo las tarifas 2, 3 y O-M.

La carga por concepto de alumbrado se estima entre 30 y 50% (dependiendo del tipo de establecimiento), en virtud de que la carga por la utilización de equipos de refrigeración, aire acondicionado, hornos, lavavajillas y equipos portátiles constituyen una parte importante.

III.3.5.6 Establecimientos comerciales

En las tiendas de autoservicio el alumbrado representa entre el 15 y 30% de la carga total conectada, destacando los equipos de refrigeración como la carga más importante, mientras que en las tiendas departamentales el sistema de alumbrado significa aproximadamente el 50% de la carga total conectada, aunque estas cifras pueden variar considerablemente, de acuerdo a la ubicación geográfica del establecimiento.

III.4 Barreras que no han permitido utilizar eficientemente la energía

En forma general se ha detectado que en México para la implementación de programas de ahorro de energía, los cuales permitan inducir cambios permanentes en los hábitos de consumo hacia usos más eficientes con el objeto de contener la dinámica de la demanda y así ahorrar recursos naturales y liberar recursos de inversión, es necesario hacer frente a las siguientes barreras:

- A) El costo de la energía eléctrica en nuestro país se puede considerar bajo en la relación al costo de la misma en otros países, lo cual ha originado que en éstos se han impulsado sensiblemente las acciones en materia de ahorro de energía. Sin embargo, se ha venido trabajando durante los últimos años en la adecuación del marco tarifario de manera que responda a la realidad nacional y al contexto de libre mercado. Prueba de ello es la creación de nuevas tarifas (horarias e interrumpibles¹⁶) así como el apego a las políticas de precios reales, con lo cual se espera lograr un uso racional y económico de la energía.
- B) El costo que por concepto del servicio de suministro de energía eléctrica paga el usuario aun no es significativo, por lo que el invertir en eficiencia energética es rebasado por otras prioridades. En particular dentro del sector edificios, el impacto del costo de la energía eléctrica es muchas veces desplazado por los costos de otros servicios, como por ejemplo el originado por el servicio telefónico.
- C) La aplicación de una amplia variedad de tecnologías novedosas para la mejora de la eficiencia en edificios está más limitada por factores institucionales que tecnológicos. Inestabilidad del precio de la energía, disponibilidad de capital, políticas de regulación, normas y reglamentos, infraestructura limitada, falta de información y resistencia al cambio son sólo algunos de estos factores. El factor desequilibrante de esta situación lo constituyen las empresas suministradoras de energía, quienes al implantar programas de ahorro de energía de aquellas medidas técnicamente viables y económicamente justificables sustentadas en análisis costo-beneficio así como en políticas de optimización de recursos y una planeación integral de los mismos, han impulsado mediante diferentes formas de estímulo a sus usuarios hacia el uso más eficiente de la energía.
- D) Una barrera adicional en el caso el sector edificios, es que siendo la gran mayoría de ellos arrendados, los costos de la energía son afrontados por los inquilinos, por lo que las inversiones requeridas para mejorar la eficiencia energética de los inmuebles no son tomadas en cuenta por los dueños o arrendadores.

¹⁶ Anexo 4

Capítulo IV
METODOLOGIA PROPUESTA

IV.1 Diagnóstico Energético

Un Diagnóstico Energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuánta, cómo, dónde y por qué es desperdiciada, mediante un análisis histórico del consumo de energía.

Con base en este estudio, se fijarán los objetivos y metas a seguir en función de los potenciales de ahorro aplicados y se investigarán las diversas alternativas para alcanzarlos.

Los Diagnósticos Energéticos son una excelente herramienta para promover el uso racional de la energía, ya que muestran en sitio las ventajas de prácticas de ahorro y además tienen un importante efecto multiplicador.

IV.1.1 Objetivos

- Dar a conocer el ahorro potencial de energía que puede tener el inmueble.
- Evidenciar las áreas de oportunidad para diseñar y aplicar un sistema integral para hacer un uso racional de la energía eléctrica y determinar medidas para ahorrar energía, estimando la viabilidad de su implantación, sus costos, plazos e índices.
- Elaborar planes y metas de ahorro para los próximos años, y proponer organización y acciones de capacitación para su logro.
- Determinar áreas de potencial ahorro que requieran del desarrollo de proyectos adecuados, preestimando su monto.
- Establecer la manera más apropiada para implantar las acciones que se desprendan de los estudios, sin afectar el confort y seguridad de los usuarios

IV.1.2 Niveles o Grados de los Diagnósticos Energéticos

Como ya se mencionó anteriormente, el diagnóstico energético es un estudio que tiene por objeto estudiar, cuantificar y analizar el uso, prácticas y aprovechamiento que se tiene de la energía, derivándose de estos recomendaciones y conclusiones. Existen diferentes niveles dentro de los diagnósticos, el nivel varía dependiendo de la metodología de las mediciones, el tiempo, la profundidad y la decisión de las medidas propuestas, así como del grado de estudio de la inversión requerida.

IV.1.2.1 Diagnósticos de Primer Grado

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía; asimismo, se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

IV.1.2.2 Diagnósticos de Segundo Grado

Comprenden la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan, así como aquellos para bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares, entre otros. La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia.

El primer paso, es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las de diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo de estudios.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico. ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones. las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, se debe evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

IV.1.2.3 Diagnósticos del Tercer Grado

Consisten en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En éstos diagnósticos es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de energía eléctrica.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos.

Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al periodo de recuperación de la inversión.

IV.1.2.4 Comparación entre los diferentes tipos de diagnósticos

A continuación se presenta un resumen comparativo de los tres grados de Diagnósticos Energéticos que se pueden realizar en los inmuebles.

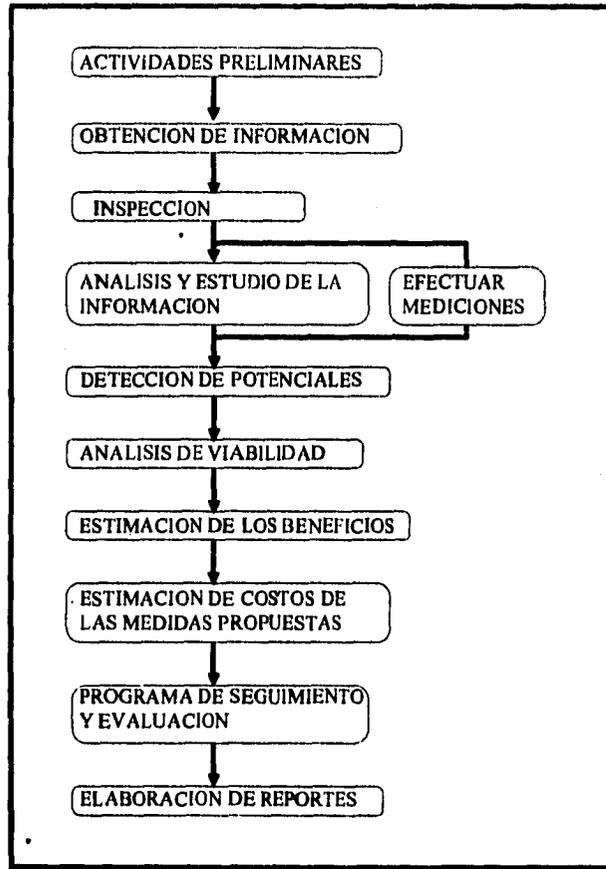
Categoría	DEN de primer grado	DEN de segundo grado	DEN de tercer grado
Alcance del Diagnóstico	Inspección visual superficial, mediciones mínimas con aparatos sencillos. Parte esencial del estudio	Inspección visual; análisis histórico de consumos; mediciones puntuales; limitado al equipo auxiliar	Análisis del consumo energético con base en el balance de materia y energía y la evaluación de la eficiencia de los equipos.
Objetivos	Detectar medidas de ahorro de energía obvias, inmediatas, con inversiones marginales	Crear conciencia; empezar un programa de ahorro energético; evidenciar oportunidades de ahorro con cambios operativos y de mantenimiento.	Desarrollar un plan de acción de actividades tanto técnicas como administrativa para asegurar eficiencia energética a largo plazo.
Trabajo en el inmueble	1 a 3 días	3 a 6 días	5 a 20 días
Preparación del informe	2 a 5 días	4 a 10 días	15 a 60 días
Tiempo corrido		3 a 4 semanas	1.5 a 4 meses
Medición de equipo y motores eléctricos	Mediciones instantáneas	Mediciones y registros	Registros a través del tiempo
Compromiso de la planta	Apoyo general	Apoyo general para la recopilación de datos y realización de mediciones	Apoyo en recopilación de datos y en mediciones; compromiso de realizar las medidas
Análisis costo-beneficio	Periodo simple de recuperación	Periodo simple de recuperación	Periodo simple; tasa interna de retorno
Ahorros identificados	5 a 15%	10 a 20%	10 a 30%
Resultado	Bases para un programa de ahorro de energía, balance energético global de la planta, lista de medidas con nula y baja inversión ¹⁷	Programa de ahorro de energía básico, lista de medidas de baja y media inversión	Un plan de acción con recomendaciones, tanto de media como de alta inversión; bases para la administración de la energía en la empresa

*Grados de los Diagnósticos Energéticos
tabla IV.1*

¹⁷ Anexo 7

IV.1.3 Metodología para los diagnósticos energéticos

Los pasos que se deben de seguir para realizar un Diagnóstico Energético son:



Metodología para realizar Diagnósticos Energéticos de edificios
Cuadro IV.1

IV.1.3.1 Actividades Preliminares

IV.1.3.1.1 Preparación de Formatos

El personal del consultor elaborará los formatos para el vaciado de información del edificio o inmueble a diagnosticar.

Estos formatos considerarán las características de operación del edificio y se integrará en función de su tipo, tamaño y ubicación del mismo.

La información a vaciar en los formatos será la correspondiente a los principales equipos, su capacidad, condiciones de operación y consumos.

IV.1.3.1.2 Entrevista con directivos

El Responsable de la empresa consultora se entrevistará con los directivos del inmueble a diagnosticar, para darles a conocer el procedimiento a seguir en el diagnóstico, la información preliminar obtenida a través de su propio personal, y hacerles partícipes de la importancia del diagnóstico y del ahorro de la energía.

A través de esta entrevista, se podrán conocer las características, limitantes, variaciones estacionales, principales parámetros de funcionamiento y de planeación del edificio.

IV.1.3.1.3 Acuerdo sobre horarios y personal con quien se tendrá relación y de quien se obtendrá apoyo

El consultor efectuará los ajustes a su estrategia de diagnóstico, en función de las limitantes de operación del edificio, disponibilidad de su información y personal de apoyo que participará.

IV.1.3.2 Obtención de información

IV.1.3.2.1 Situación existente

Se refiere a conocer la forma actual de uso de energía en el inmueble. Se parte de la información relativa a:

- Información sobre el inmueble: uso, área, número de pisos, planos, tipo de construcción y distribución de áreas.
- Historial de consumos y facturación de los 12 meses anteriores como mínimo.
- Información de los sistemas del edificio: alumbrado, contactos, aire acondicionado, calefacción, bombeo y equipos especiales.
- Hábitos de uso de los usuarios.

Esta información deberá obtenerse mediante:

1. Documentos disponibles: planos, recibos eléctricos, etc.
2. Encuestas
3. Recorridos de inspección
4. Realización de mediciones

IV.1.3.2.2 Elaboración y acuerdos para levantar datos y listados, complementarios y convenientes

El consultor, en función de la estrategia definida para el diagnóstico, planteará los procedimientos de obtención de la información complementaria a la eléctrica requerida, tales como consumos de combustibles y agua, listas de equipos, etc.

IV.1.3.3 Inspección

El propósito de la inspección es verificar las condiciones ambientales, validar la información previa, establecer estrategias y conocer físicamente las instalaciones por áreas de trabajo. La inspección incluye:

1. *Localización y orientación del edificio*, que puede abrir la posibilidad de un mayor aprovechamiento de la luz natural e incluye la observación del tipo de edificio (paredes, ventanas, tragaluces, ver si sobresale de otros edificios, reflejo de luz de otros edificios, árboles, etc.) así como su orientación (norte, sur, oriente, poniente).
2. *Distribución general del edificio*, que permite conocer los servicios generales del edificio y su funcionamiento para proporcionar los elementos que se usarán al efectuar recomendaciones. Se deben tener en cuenta los siguientes puntos.
 - a) Verificar acometidas (la subestación o varias acometidas) indicando datos de la SE o de distintas acometidas (1 ó 3 fases, voltaje, etc.) y dónde se puede poner equipo de medición adicional.
 - b) Localizar, si existe, equipo centralizado de aire acondicionado, planta de emergencia, bancos de capacitores, equipos especiales, etc. Si alguno de estos servicios existe indicar carga y localización (si hay equipo de Aire Acondicionado en cada piso se deberá incluir en las cargas del mismo).
 - c) Verificar formas de distribución de agua (bomba y tinaco) si existen bombas tomar sus datos.
 - d) Verificar, si existen elevadores, periodos de operación.
 - e) Localizar tableros de distribución por piso o área indicando tipo, capacidad y si es posible la carga que alimenta. Verificar si existe lugar para instalar y conectar equipos de medición puntuales.
 - f) Efectuar censos de cargas en áreas no productivas (escaleras, baños, cuartos de servicio, estacionamiento, etc.).
 - g) Verificar si existe servicio de vigilancia (recorridos e instrucciones) y como controlar el servicio en la noche.
 - h) Obtener información de forma de operación del edificio (si se cierra sábado y/o domingo, en promedio, hasta qué hora trabaja la gente).

3. *Inspección por piso*, que permitirá efectuar mediciones, conocer las distintas áreas y su estado general lo cual permitirá efectuar el diagnóstico y recomendaciones para el ahorro de energía. Bajo este punto tenemos:

- a) Determinar las áreas productivas (excluyendo cubos de elevador, escaleras de servicio, etc.) y tipo de tarea por área. Indicar áreas de pasillos, oficinas, cubículos, etc. Esta información se utilizará en el cálculo de intensidades energéticas.
- b) Verificar condiciones en el área tales como temperatura, tipo de ventanas, tipo de mobiliarios, acabados en interiores (techo, pared, piso). Si se cuenta con persianas, cortinas, etc. Esta información es necesaria en las propuestas de ahorro.
- c) Realizar censo de carga o verificar en caso de existir planos, las cargas instaladas de alumbrado, contactos, equipos de oficina (computadoras personales, máquinas de escribir, etc.) verificar la existencia de alumbrado zona, la cual se utilizará en los cálculos de cargas del edificio.
- d) Indicar estado de conservación de luminarios, tiempo de operación estimado, forma de mantenimiento (reemplazos y limpieza) para poder determinar costos de operación.
- e) Efectuar mediciones de iluminación en zonas específicas de trabajo, indicando bajo que condiciones se realizan. Asimismo, medir niveles de iluminación a pasillos, vestíbulos, etc.
- f) Verificar uso de alumbrado, horas de encendido, número de personas que laboran después de horas de oficina, en qué horario se realiza la limpieza (si es personal del edificio o contratado), lo cual ayudará a efectuar los cálculos de consumo.

IV.1.3.4 Mediciones

IV.1.3.4.1 Definición de mediciones a efectuar

Se definirán las mediciones necesarias, dependiendo del grado de DEN, para validar la información recabada y que permita adicionalmente afinar los valores obtenidos para aquellos equipos que por su importancia en capacidad y/u operación afecten significativamente el consumo de energéticos.

IV.1.3.4.2 Selección de equipos a medir

En el aspecto de equipos, se analizarán con mayor detalle los equipos más significativos de la instalación, en cuanto a sus parámetros de diseño y selección, estado actual, comportamiento eléctrico y mecánico.

De esta forma se podrá establecer un criterio de ahorro de energía por condiciones, operación y mantenimiento.

IV.1.3.4.3 Instrumentos para mediciones de campo

Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos, son los siguientes:

- 1.- Luxómetros.
- 2.- Termómetros
- 3.- Tacómetros
- 4.- Analizador de redes
- 5.- Medidor múltiple (A, V, Fp)
- 6.- Wáttmetro
- 7.- Pirómetro digital
- 8.- Radiómetros ópticos

IV.1.3.4.4 Mediciones a realizar

Se procederá a efectuar las mediciones definidas para los equipos seleccionados.

Una vez efectuadas las mediciones, se hará su revisión y asentamiento.

IV.1.3.4.5 Análisis de las mediciones

Las mediciones efectuadas serán analizadas para acotar sus variaciones, justificar sus valores y ajustar sus diferencias y estimar la correlación de impacto en los consumos facturados.

Adicionalmente, se efectuará un análisis comparativo de las mediciones con los valores históricos y/o estándares.

IV.1.3.4.6 Otros aspectos a considerar

Sin embargo, estas mediciones no proporcionarán una información completa sobre la forma en que se usa la energía, haciéndose necesario el efectuar mediciones adicionales para descomponer el consumo y la demanda totales, conocer la forma en que se ramifica y usa esta energía (por piso, por centro de carga, por circuito, por tipo de carga, etc.). Este tipo de información es muy importante en un diagnóstico y no se encuentra en la información histórica contenida en los recibos.

El conocer separadamente la forma en que se consume y demanda la energía, permitirá identificar y jerarquizar aquellas áreas, sistemas, circuitos o cargas que más influyen en el consumo global, lo que, permitirá determinar como dirigir las acciones en materia de ahorro de energía atendiendo primeramente a aquellas áreas que representen los mayores consumos y demandas o donde exista un potencial de ahorro importante.

Cabe mencionar la necesidad de mediciones adicionales posteriores a la implantación de un programa de ahorro de energía, para validar tanto los logros y desviaciones obtenidas con la aplicación de medidas de ahorro como las estimaciones previas hechas sobre estos ahorros.

IV.1.3.5 Análisis y estudio de la información

IV.1.3.5.1 Revisión de datos de Formatos.

Se revisará la información vaciada en los formatos por el cliente y se tendrá un primer esquema de las condiciones de consumo de energéticos, así como la necesidad de información adicional complementaria.

IV.1.3.5.2 Revisión de costos de la energía eléctrica.

Personal del consultor revisará los recibos de pago por consumo de energía, incluyendo demanda contratada, tarifas, demandas máximas, sobrepagos adicionales e irregularidades. No se considera en el alcance del trabajo propuesto, trámite alguno por el consultor ante autoridades y compañía suministradora.

Se hará un análisis sobre la aplicación de las tarifas eléctricas contratadas.

IV.1.3.5.3 Cálculos de costos y pronósticos de consumo de energía

Con la información obtenida y la revisión de los consumos de energéticos, se efectuará una estimación de los costos por este concepto, relacionando cuando proceda este parámetro a otros valores de referencia.

IV.1.3.5.4 Estudio de la información

Una vez que se cuenta con la información mínima necesaria, se deberá proceder a su análisis y estudio con el fin de obtener índices de consumo energéticos por área, piso, edificio, etc.; para establecer una base comparativa con inmuebles similares.

Se identificarán y se clasificarán áreas, sistemas, circuitos o cargas altamente consumidoras para correlacionarlas con los hábitos de uso correspondientes.

En esta etapa podrá requerirse un sistema que permita un óptimo manejo de la información obtenida, así como para su posterior procesamiento y análisis.

IV.1.3.5.5 Perfil de carga de día típico

En función de información recabada, mediciones y/o analogías con edificios de función semejante, se bosquejará un perfil típico; éste será de suma utilidad para determinar la potencialidad de autogeneración y adecuación de tarifas.

De las cargas parciales principales, se estimarán los perfiles típicos, derivados principalmente de los usos, costumbres y prácticas corrientes en el edificio.

IV.1.3.6 Detección de los potenciales de ahorro

De la información analizada, podrán dirigirse las acciones en ahorro de energía primeramente hacia aquellas áreas que representen los mayores consumos y demandas de energía, o equipos con potenciales de ahorro significativos.

Se determinarán los potenciales de ahorro en base a un menú de medidas previamente identificadas y probadas, que van desde la modificación de los patrones de uso hasta la modificación o sustitución de equipos, sistemas o instalaciones, o en su defecto, son la aplicación de diversos equipos de control.

IV.1.3.7 Análisis de Viabilidad

Conocidos los potenciales de ahorro y las posibles soluciones técnicas aplicables en cada caso, se efectuará un análisis sobre la viabilidad de su implementación con base en estudios de costo-beneficio y viabilidad técnica.

Posteriormente se realizarán las propuestas correspondientes agrupándolas en dos grandes grupos:

- Medidas a corto plazo
- Medidas a mediano y largo plazo

IV.1.3.8 Estimación de los beneficios esperados

De acuerdo al escenario de medidas con ahorros potenciales de energía optado, se estimarán en forma global los ahorros en consumo, demanda y facturación esperados como consecuencia de la implantación de tales medidas contenidas en el Programa de Ahorro de Energía.

IV.1.3.9 Estimación de costos de las medidas propuestas

IV.1.3.9.1 Estimación de costos de inversión

Para las opciones propuestas para el ahorro de energéticos, se efectuará una estimación de los costos de adquisición y de instalación.

Esta estimación de los costos se realizará para los equipos principales, en base a precios de lista, valorando su instalación, montaje y puesta en servicio como un porcentaje del costo de adquisición.

IV.1.3.9.2 Ajuste de costos

Con objeto de revisar el concepto de viabilidad y de efectuar las medidas propuestas relacionadas con la operación de la empresa (horarios, estaciones, confinamiento de áreas, etc.), el personal del consultor comentará estos costos con el personal de Mantenimiento del cliente, intercambiando opiniones.

IV.1.3.9.3 Evaluación Económica

Es necesario aplicar evaluaciones económicas para determinar la viabilidad de las medidas propuestas, estimar los ahorros esperados y jerarquizar las medidas propuestas; algunas de las evaluaciones que se pueden utilizar son: Tasa Interna de Retorno, Valor presente, Relación costo/beneficio, etc. (Anexo 5).

IV.1.3.9.4 Jerarquización

Las diferentes áreas de oportunidad o Medidas de Ahorro de Energía (MAE) del "Proyecto" de ahorro de energía, se agruparán de acuerdo a: su beneficio a corto plazo, valor de la inversión, factibilidad de ejecución, sencillez; que reflejen alternativas de programa de implantación.

IV.1.3.10 Programa de seguimiento y evaluación

De los resultados obtenidos en el Diagnóstico Energético podrán establecerse los programas de ahorro aplicables en el inmueble, para lo cual deberá integrarse un Comité de Ahorro de Energía que tendrá a su cargo entre otras funciones, la implantación del programa, su seguimiento, evaluación y la gestión energética en forma permanente.

IV.1.3.10.1 Evaluación económica de medidas

Del proyecto de ahorro de energía como tal, se hará un análisis técnico-económico y financiero global sobre su conveniencia y factibilidad.

IV.1.3.11 Elaboración de reportes

IV.1.3.11.1 Memoria descriptiva

En la memoria descriptiva se asentarán los principales criterios, limitantes y elementos de referencia empleados en el desarrollo del diagnóstico.

Se entregará original y copia de la memoria descriptiva. A petición expresa del cliente se entregarán los papeles de trabajo; no se entregarán programas de procesamiento de datos empleados por el consultor.

IV.1.3.11.2 Reporte final

Se integrará un Reporte Final que contenga todo lo referente a los puntos anotados, eliminando lo que no sea fundamental, que no tenga valor documental o técnico; el reporte incluirá, entre otro material:

- a) Datos básicos de la empresa
- b) Datos básicos de consumos energéticos.
- c) Resumen de cálculos y análisis técnicos.
- d) Medidas propuestas.- formatos, fichas, cuadros, tablas, etc.
- e) Resumen de costos; incluyendo la evaluación económica de las medidas de ahorro de energía seleccionadas; cuadros resumen, tablas.
- f) Propuesta de etapas para el desarrollo del programa de ahorro de energía.
- g) Anexos.

IV.1.3.11.3 Informe ejecutivo

Se integrará un Informe Ejecutivo que contenga lo más relevante del trabajo y del Reporte Final.

IV.1.3.11.4 Presentación de los trabajos a la Dirección

El Responsable de la empresa consultora efectuará una presentación a los directivos de la empresa, indicándoles el estado actual, cambios y opciones de ahorro de energía.

Se discutirá el informe final en el aspecto de la metodología empleada.

IV.1.4 Administración de la energía

El proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados.

Para ello, se debe seguir una serie de etapas:

1.- Planeación:

Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de objetivos y, por último, se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del Programa.

2.- Organización:

En esta etapa se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido.

Aquí es necesario especificar las funciones, jerarquías y obligaciones de todos los grupos e individuos que participen en el Programa de Ahorro de Energía.

3.- Integración:

Consiste en elegir a la persona o grupos de personas que van a ser los responsables de la ejecución del Programa; así como la adquisición de la instrumentación y el equipo necesario para realizar el diagnóstico y monitorear los avances del Programa.

4.- Dirección:

Consiste en delegar la autoridad necesaria al responsable del Programa y especificar su tramo de control y coordinación. Asimismo, se deben definir los mecanismos de supervisión y los medios de comunicación como componentes esenciales del Programa.

5.- Control:

En esta etapa se establecen normas de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como el método que permita dar seguimiento permanente al Programa. Todo ello, mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación de medidas de ahorro de energía.

IV.1.5 Organización del programa

Uno de los aspectos que se debe solucionar inicialmente es el de elegir el tipo de organización que permita la incorporación de la administración de la energía en la empresa, ya sea con la creación de un área específica de trabajo, mediante la formación de un comité o a través de la contratación de un grupo staff.

A) Contratar a un grupo asesor en ahorro de energía para:

- Diseñar programas integrales de conservación y ahorro de energía
- Realizar auditorías energéticas
- Sugerir medidas de conservación y ahorro de energía
- Impartir cursos de capacitación

Algunas de las principales ventajas son las siguientes:

- No requiere un cambio en la estructura de la empresa
- Los análisis son más objetivos
- Al ser un grupo externo se puede acordar pagarles por sus servicios en función y como proporción de los ahorros logrados
- Se cuenta con un grupo de especialistas lo cual de alguna manera garantiza el éxito del programa.

Por su parte, las principales desventajas son:

- Es difícil deslindar responsabilidades en caso de no cumplir con los objetivos
- En ocasiones es difícil obtener suficiente apoyo de las áreas involucradas

B) Nombrar a un administrador de energía que:

- Coordine la aplicación del programa
- Funja como enlace entre los niveles ejecutivos y los operativos
- Sea el responsable de la aplicación de medidas y del logro de metas

La integración del administrador de energía presenta las siguientes ventajas:

- Quedan perfectamente definidas las funciones y responsabilidades para la instrumentación y aplicación de un Programa de Ahorro de Energía
- Se facilita el seguimiento del programa
- Es más sencillo aplicar modificaciones inmediatas al programa
- Se puede capacitar en forma intensiva al administrador de energía

En lo que se refiere a desventajas estas son:

- Se requiere hacer una evaluación económica para determinar la factibilidad de la creación de una área de la administración de la energía
- Pueden presentarse problemas de comunicación entre las áreas involucradas en el consumo de energía
- Se puede entorpecer la ejecución del programa, dependiendo de la posición jerárquica del administrador de energía
- Se debe evitar adicionar funciones de administración de la energía al responsable de alguna área operativa o mantenimiento, ya que el programa puede perder su objetivo principal

C) Formar comités de ahorro de energía, los cuales:

- Están formados por personal de todas las áreas involucradas en el programa
- Pueden ser temporales o permanentes
- De acuerdo a sus funciones pueden ser consultivos, decisorios o ejecutivos
- Sus funciones son las de promover, asistir técnicamente, seguir, controlar y comunicar todo lo referente al programa energético.

Las ventajas más importantes son las siguientes:

- Se involucra a las áreas más representativas en la instrumentación y ejecución del programa
- Se cuenta con un apoyo directo de las áreas que manejan energía o procuran el mejor uso de la misma
- Se facilita la comunicación
- Se agiliza la aplicación del programa

En cuanto a las desventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Se dificulta el deslindamiento de responsabilidades, en caso de no cumplirse con los objetivos del programa
- No se cuenta con un especialista de energía que pueda resolver problemas no previstos
- La actitud de los responsables de área que integran el comité no es totalmente positiva, ya que se amplían sus funciones y responsabilidades
- La respuesta ante situaciones no previstas es muy lenta

IV.1.5.1 Seguimiento y control

Para hacer el seguimiento y control del programa, se debe de:

- a) Evaluar el avance del programa de acuerdo a las medidas de ahorro establecidas
- b) Comparar el consumo de energía planeado mediante la aplicación del programa respecto al consumo real
- c) Establecer una estructura de revisión formal del programa mediante:
 - Listas de verificación
 - Aplicación del sistema de contabilidad energética
 - Realización periódica de diagnósticos energéticos
- d) Determinar los parámetros que permitan establecer la funcionalidad del programa, como son:
 - Costos involucrados en la aplicación de medidas
 - Consumos energéticos históricos
 - Consumos energéticos de empresas o edificios del mismo tipo que tengan equipos similares
 - Consumos energéticos de empresas similares
- e) Revisión periódica del avance global del programa
 - Evaluación del logro de objetivos y metas
 - Principales resultados de la instrumentación del programa
 - Evaluación de las acciones establecidas para cada área funcional

IV.1.5.2 Subprogramas de apoyo

1.- Subprograma de difusión y concientización

Objetivos del subprograma:

- Lograr cambios de actitud del personal hacia el uso eficiente de los energéticos
- Lograr la participación de todo el personal
- Modificar los hábitos operativos que provocan el derroche de energía
- Lograr la actualización y otorgamiento de presupuestos para implementar el programa

2.- Subprograma de capacitación

Este subprograma se refiere a la impartición de cursos básicos orientados al uso eficiente de la energía, como por ejemplo:

- Cursos orientados a la planeación, organización, desarrollo y aplicación de un programa energético
- Cursos orientados a la planeación, organización y levantamiento de diagnósticos energéticos
- Cursos enfocados al análisis energético de sistemas intensivos en consumo de energía
- Cursos orientados al análisis de equipos importantes para la conservación y ahorro de energía
- Cursos para el análisis y revisión de nuevas tecnologías y/o fuentes alternas de energía
- Cursos sobre administración de la energía

IV.2 Alternativas de ahorro de energía

A continuación se presentan una serie de recomendaciones, técnicas y administrativas, con las cuales se pueden disminuir considerablemente los consumos energéticos, estas oportunidades de ahorro de energía son detectadas durante la realización de los Diagnósticos Energéticos en los edificios de oficinas.

IV.2.1 Técnicas

IV.2.1.1 Iluminación

Niveles

Frecuentemente los niveles de iluminación son elevados, tanto en áreas comunes como para áreas específicas. Conviene comprobar tales niveles mediante el uso de un luxómetro y compararlo con la Norma correspondiente. En caso de existir sobreiluminación, conviene retirar algunas lámparas o sustituirlas por unas de menor capacidad. Si el nivel de iluminación no es suficiente, se pueden utilizar reflectores de aluminio en los gabinetes de áreas específicas sin incrementar la carga eléctrica, sin descuidar la relación de brillantez entre el plano de trabajo y el entorno.

Lámparas más eficientes

En caso de que los niveles de iluminación sean los adecuados, entonces lo recomendable es utilizar lámparas que proporcionen el mismo nivel, pero con una menor potencia¹⁸. Lo más aconsejable es esperar a la terminación de la vida útil de la lámpara antes de hacer la sustitución. Para estos fines es fundamental un control por área de las horas de utilización de las lámparas, que servirá para hacer el reemplazo en grupo. Se pueden sustituir las lámparas fluorescentes de 39, 40 y 75 W por lámparas de 32, 34 y 60 W respectivamente.

También es necesario sustituir los focos incandescentes por compactas fluorescentes, ya que los focos incandescentes son los de menor eficiencia, debido a que su funcionamiento está basado en el calentamiento de un filamento, por lo que convierte 90% de la energía consumida en calor y el otro 10% en luz; las lámparas fluorescentes compactas existen en 5, 7, 9, 13, 15 y 18 W para sustituir en su caso a focos de 25, 40, 60 y 75 W.

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

En centros comerciales, la implementación de diseños con tecnologías avanzadas (fluorescentes y descarga de alta intensidad) ayuda a reducir la densidad de potencia eléctrica y el consumo de dichos edificios.

Para restaurantes y cafeterías, las nuevas tecnologías también ayudan a disminuir la densidad de potencia eléctrica. Las innovaciones en nuevos tipos de lámparas incandescentes, reflectores halógenos tipo PAR, lámparas fluorescentes compactas y fluorescentes ahorradoras ayudan a lograr los niveles de iluminación utilizados en este tipo de edificios.

En los pasillos se pueden disminuir los niveles de iluminación, sin que se afecte el confort de los ocupantes.

Separación de circuitos

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

También impide apagar las lámparas en horarios en que sólo un mínimo de personal esta laborando, pese a que estén encendidas lámparas innecesarias.

¹⁸ Equipos de mayor eficiencia

En estos casos se recomienda rediseñar la instalación eléctrica con circuitos independientes, o bien instalar en cada luminario u apagador de palanca o de perilla colgante. La medida anterior deberá de ser apoyada con campañas de concientización.

Luz diurna

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

Balastos ociosos

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

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

Balastos de alta eficiencia

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

Difusores en mal estado

El difusor es la tapa de acrílico que se coloca debajo de las lámparas. Su función consiste en difundir hacia los extremos la luz que sale en forma vertical. Además reduce la brillantez sin que por ello se afecte el nivel de iluminación. Si el difusor se encuentra sucio por el polvo acumulado, o bien ha adquirido un color amarillo, entonces se disminuirá el nivel de iluminación. Haga una buena limpieza a sus difusores y si no mejoran, conviene sustituirlos por otros de mayor eficiencia; no se deben adquirir difusores de material similar al acrílico como poliestireno y otros; además de ser poco eficientes, su vida está limitada a un promedio de 12 a 15 meses en que pierden por completo su color transparente. Otros difusores son los tipo rejilla, con los cuales se obtienen buenos resultados.

Luminarios obsoletos

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

Actualmente ya se están fabricando reflectores de aluminio (reflectores ópticos especulares) que se sobreponen al luminario con lo cual se logra una mayor reflexión, que puede llegar hasta el 95%, por lo cual, dependiendo del estado en que se encuentre la pintura, se puede ganar entre 25 y 50% de nivel de iluminación, lo que en ocasiones permitirá retirar la mitad de las lámparas ahorrándose el 50% de la energía eléctrica¹⁹. Si con esta medida se perdiera nivel de iluminación, éste se puede recuperar por otros medios, como por ejemplo, sustituir lámparas por otras de mayor flujo luminoso y pintar paredes, techos y columnas de color claro.

Altura de montaje excesiva

En muchos edificios las lámparas se encuentran tan elevadas, que si permanecieran apagadas no se afectaría el nivel de iluminación. Esto se debe a que sólo son elementos decorativos. Si se desea aprovecharlas, se recomienda reducir la altura de montaje y rediseñar el sistema para colocar menor número de luminarios.

Alumbrado exterior

Las áreas que no necesitan nitidez de color, como estacionamientos, jardines, plazas, etc. pueden ser iluminadas por vapor de sodio de alta o baja presión²⁰.

Controles

Los controles y sistemas de control para equipos de iluminación regulan la operación de los sistemas de alumbrado y son un medio eficaz para propiciar la reducción del consumo y la demanda de energía eléctrica.

¹⁹ La instalación de reflectores ópticos especulares se debe hacer en lugares específicos y bien seleccionados, ya que estos dispositivos concentran la luz en los lugares en los que se les instala, pudiendo dejar las áreas perimetrales ligeramente más oscuras.

²⁰ Este tipo de lámparas son las más eficientes para iluminar áreas abiertas en las que no se requiera alto Índice de Rendimiento de Color.

Los controles han sido usados durante muchos años para encender o apagar el alumbrado, para propósitos específicos en instalaciones especiales como son el alumbrado de teatros y salas de conferencia, pero actualmente se han convertido en un elemento esencial de un buen diseño de los diferentes sistemas que tienen los edificios, y una valiosa herramienta en el manejo efectivo de los programas de ahorro de energía emprendidos en áreas interiores y exteriores.

En los últimos años, se han desarrollado una gran variedad de equipos de control así como técnicas y estrategias que permiten beneficios al usuario final, teniendo como premisa principal la disminución del uso de la energía sin menoscabo de las condiciones visuales óptimas de los ocupantes del espacio alumbrado y su entorno.

Los controles ahorran energía al minimizar la operación innecesaria del sistema de alumbrado durante periodos de no ocupación o reducir los niveles de iluminación cuando éstos sobrepasan los requerimientos necesarios para ejecutar tareas visuales.

Los controles se utilizan con las tecnologías disponibles:

- Los temporizadores y los sensores de ocupación son aplicables a lámparas incandescentes, fluorescentes y fluorescentes compactas.
- Los controles de atenuación o intensidad luminosa (DIMMERS electrónicos) son aplicables para lámparas incandescentes y fluorescentes.
- Los controles de tiempo (TIMMER) también son una buena opción.
- Los controles de mantenimiento de flujo luminoso y los de aprovechamiento de la luz natural (FOTOCONTROL) exclusivamente se aplican en lámparas fluorescentes.
- También se pueden instalar controles programable de circuitos y cargas.

IV.2.1.2 Instalaciones eléctricas

Subestación*

En servicios suministrados en alta tensión, debe comprobarse que haya buen contacto en todas las partes de la subestación, ya que alguna conexión floja ocasionará calentamiento y en consecuencia pérdidas de energía eléctrica. Una gran ayuda puede ser el empleo de un termovisor que registra puntos calientes.

Capacitores

En servicios en alta tensión, suele presentarse también bajo factor de potencia, con la consecuente penalización, debido a la utilización de motores para bombeo y al consumo de energía reactiva por el transformador durante los sábados y domingos en que no se labora. Para estos casos se recomienda instalar capacitores.

Conductores

Los conductores de energía deben ser del calibre adecuado a la carga por suministrar, ya que si son más delgados (ya sea por ahorro de cobre o bien por haber aumentado carga), habrá un calentamiento excesivo con el consiguiente desperdicio de energía. En estos casos es necesario hacer una revisión cuidadosa del sistema, par corregir deficiencias.

Sistema de tierras

Un buen sistema de tierras es fundamental para el buen funcionamiento del equipo de protección, lo que permite detectar fugas de energía eléctrica causadas por cierto tipo de fallas.

IV.2.1.3 Bombeo de agua

Motores

Es necesario revisar el dimensionamiento de la bomba en función de la altura, del gasto (litros por segundo) y del tiempo de operación. El objeto de esta medida es verificar que la bomba que se tiene es del tamaño correcto, ya que frecuentemente se compran bombas de mayor tamaño cuando las anteriores se queman, y esto provoca que exista baja eficiencia y pérdidas de energía. El bombeo del agua debe hacerse de preferencia en la mañana, por ser la hora de menor carga. Para el caso de sistemas hidroneumáticos se recomienda revisar que la capacidad de las bombas sea la adecuada²¹. También se puede controlar el encendido de los motores de tal manera que no sea simultáneo.

²¹ En ocasiones, es factible disminuir la capacidad, aunque disminuya la presión del agua, sin afectar el confort de los usuarios.

Baños

Es un deber de todos concientizar a los empleados para que no desperdicien el agua, ya que para traer agua potable a las ciudades es necesario invertir grandes cantidades de energía eléctrica. Si se tienen secadores de mano eléctricos, se debe ajustar su tiempo de operación al mínimo posible (15 segundos).

IV.2.1.4 Medidas relacionadas con el entorno

Arboles

Reiteradamente se ha demostrado que la sombra proporcionada por una serie de árboles reduce la transmisión de energía solar, por lo que el aire acondicionado estará menos tiempo en funcionamiento. Se recomienda hacer un estudio para no bloquear la ventilación y la iluminación.

Banquetas

El concreto es importante conductor del calor por lo cual no debe permitirse que el calor de las banquetas se introduzca al edificio. Esto se logra dejando un espacio entre la banqueta y la fachada que puede ser cubierto con algún material aislante, como poliestireno o poliuretano; o una pequeña franja de arbustos.

Sellado

Frecuentemente el aire acondicionado se escapa por grietas o hendiduras en puertas y ventanas por lo que se recomienda sellarlas con cinta y sellapuerta y cinta y silicón respectivamente, para cuando se depende únicamente de aire acondicionado.

Ventanas

En los edificios las ventanas son elementos más sensibles al paso del calor. Por ejemplo, un vidrio sencillo, común, transmite 80% del total de la energía solar. Por lo tanto es necesario utilizar cristales que cuentan con películas que controlan la transmisión de calor. Las reducciones que se obtienen son importantes al grado que la transmisión llega a ser de solo un 10%. Es importante considerar que existen varios tipos de vidrios con varios grados de transmisión de luz visible.

Techos y paredes

Se ha podido comprobar que una capa de 25 mm de poliuretano aplicada en el techo reduce el consumo de energía eléctrica en aire acondicionado hasta en 29%, mientras que la misma capa colocada en las paredes oeste y sur del inmueble llega a ahorrar hasta 9%. Actualmente los aislantes a base de fibra de vidrio son muy eficientes para este propósito.

Diseño bioclimático

Para remodelaciones y sobre todo en nuevas construcciones, es recomendable hacer un diseño del edificio en donde se tome en cuenta la mejor orientación del mismo, la orientación de las ventanas, así como las dimensiones apropiadas, con el propósito de abatir los consumos de aire acondicionado y electricidad.

Aire acondicionado

En zonas de climas extremos la mayor cantidad de energía es consumida por los aparatos de aire acondicionado; de ahí la importancia de proporcionar un mantenimiento adecuado. Se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Instalar en un lugar visible un termómetro con un impreso que contenga las indicaciones para regular la temperatura ideal que es la de confort, y ésta varía de acuerdo al lugar.
- Limpiar regularmente los condensadores de los refrigerantes así como los filtros.
- Utilizar el aire acondicionado únicamente en las áreas de trabajo.
- Aislar perfectamente los ductos.
- Mantener apagados los equipos cuando el clima natural lo permita y en las horas que no se labore.
- Instalar controles de tiempo, para asegurar que no siga funcionando aún sin personal trabajando.

IV.2.1.5 Recomendaciones generales

Pintura

Siempre se deben utilizar colores claros para techos, paredes, pisos y muebles con objeto de obtener superficies reflejantes mayores.

Carteles y trípticos

Toda acción debe ser apoyada con carteles y trípticos que concienticen al personal y al público, sobre la importancia de las medidas que se adopten.

Medición

Cada edificio debe tener un responsable del uso de la energía eléctrica sea persona o comité, de tal manera que vigile el presupuesto y detecte oportunamente tanto el consumo excesivo como los ahorros obtenidos. Obviamente debe llevarse un control de las mediciones, tanto de kWh como de kW.

También esta persona o comité deberá ser responsable de que los equipos de control automático estén funcionando con una programación adecuada.

Indíces

Es recomendable establecer índices comparativos de consumo para conocer los avances en el programa de ahorro de energía. Un índice puede ser la cantidad de kWh consumidos, divididos entre el área construida en m² o bien kWh consumidos, divididos entre el número de empleados.

También sería útil que el comité pudiera tener un estudio realizado en base a la observación de la ocupación del inmueble en las distintas horas de un día típico para poder determinar el horario de mayor demanda del inmueble y los desperdicios de energía fuera de ese horario.

Agua para beber

Se debe de tomar en cuenta que los enfriadores y calentadores de agua en donde generalmente se colocan los garrafones, consumen energía eléctrica aunque nadie los utilice; por lo que deben de quedar desconectados a la terminación de las labores.

Aparatos eléctricos

Se debe tener cuidado con las cafeteras, ya que normalmente siguen funcionando aunque ya se haya terminado su contenido.

Al finalizar los turnos se debe verificar que las fotocopiadoras, computadoras personales, impresoras, reguladores y no-breackers estén apagados para evitar consumos innecesarios.

Es recomendable instalar controles de apagado en equipos de cómputo que no se estén utilizando; así como analizar y proponer el posible reemplazo de equipos y aparatos en uso por equipos similares de mayor eficiencia.

Ampliaciones y cambios

Se debe considerar que la instalación de equipos y aparatos eléctricos adicionales a los existentes, significa un incremento en la carga eléctrica conectada y en consecuencia, se requiere de la realización de un nuevo proyecto eléctrico que contemple cálculos de conductores de alimentación y protecciones para evitar problemas futuros.

IV.2.2 Administrativas

- Establecer en base a la jornada normal de trabajo programas y controles sobre el suministro de energía eléctrica.
- Establecer reglas y límites sobre la forma de desarrollo de trabajo fuera de los horarios normales de la jornada, correlacionarlas con el suministro de energía.
- Establecer acciones para reducir el consumo de energía durante los horarios de alimentos.
- Establecer medidas para el ahorro de energía en horas fuera de las jornadas de trabajo normales y extraordinarias (noche, madrugada).
- Programar y controlar acciones para el ahorro de energía durante fines de semana y días no laborables.
- Programar el encendido y apagado de equipos de aire acondicionado en base a condiciones ambientales y horarios de trabajo.
- Establecer una estructura administrativa para el ahorro de energía, con funciones, actividades, atributos y responsabilidades definidas.
- Asignar tareas a las áreas en las que se responsabilice el programa de ahorro de energía.
- Desarrollar campañas de capacitación y concientización de las personas sobre el programa de ahorro de energía.
- Implantar sistemas de control y evaluación permanentes del programa de ahorro de energía.

IV.2.3 Administración de la demanda

En los servicios suministrados en tarifa 3 y en alta tensión, además del cobro por energía eléctrica (kWh), la compañía suministradora hace un cargo por cada kW de demanda²², disminuyendo el precio medio de la energía conforme aumenta el factor de carga.

²² La demanda es registrada por el medidor conforme a la potencia de todas las lámparas, motores, etc., funcionando simultáneamente durante un lapso de 15 minutos.

A la utilización uniforme de la energía eléctrica durante un día, un mes o un año, se le denomina demanda media y se determina en kW (es el cociente que resulta de dividir el consumo de energía en kWh entre el periodo dado en horas). La mayor de todas las demandas ocurridas en el mismo periodo es la demanda máxima. Al dividir la demanda media entre la demanda máxima se obtiene un valor al que se le denomina factor de carga.

Ejemplo: En un mes la factura de un usuario arrojó los siguientes datos: consumo 100,000 kWh, demanda 200 kW.

En este caso la demanda media será 100,000 entre 720 horas, igual a 139 kW. El factor de carga será de 139 entre 200, igual a 0.695 o sea 69.5%.

Del ejemplo anterior se deduce que la diferencia entre 200 y 139 puede ser un pico debido a la operación de las instalaciones del usuario. Entre más grande sea el pico, menor será el factor de carga y mayor será el precio medio de la energía eléctrica, por lo que la presencia de picos es nociva para el usuario.

A la eliminación de picos se le denomina administración de la demanda y se logra dejando de operar equipo a la hora pico, para ponerlo a funcionar a la hora del valle o de baja carga o bien apagando el alumbrado innecesario a la hora pico. Se obtienen mejores resultados si se instala equipo, que en forma automática y programable controle las cargas.

Capítulo V
EJEMPLO DE APLICACION

V.1 Aspectos generales del inmueble

Se tiene un edificio de cinco pisos cuyas plantas son similares a la mostrada en la figura V.1. El edificio tiene una altura entre pisos de 2.4 metros, con ventanas que van de 1.2 a 2.3 m. Cuenta con cortinas para protección contra el sol en ambos lados y en todos los niveles. Los interiores están pintados en color hueso. Este inmueble se encuentra ubicado en Cuernavaca, Morelos.

El trabajo básico que se desarrolla en el edificio es la lectura, escritura y operación con computadoras. No se tiene área específica para dibujo de planos. El horario de trabajo es de 8:30 a 17:30 horas, sin embargo parte del personal labora hasta las 21:00 horas, permaneciendo encendido todo el sistema del alumbrado, el cual es apagado por el personal de vigilancia, exceptuando parte de los pasillos²³.

El sistema del alumbrado consta de 137 luminarios por piso empotrados en el techo, cada luminario tiene dos lámparas fluorescentes de 39 W, luz de día, con balastro electromagnético convencional para dos lámparas, que en conjunto demandan 102 W. También se cuenta con cuatro luminarios de cuatro lámparas que en conjunto demanda 204 W. El nivel de iluminación es de 280 a 300 lx. Los difusores se encuentran sucios, en tanto que los gabinetes no han tenido mantenimiento alguno. La tarifa aplicable a este inmueble es la 3.

Encontrar la alternativa más económica en este edificio para mejorar el sistema, tomando como base un tiempo de operación del sistema de 12.5 horas diarias, 240 días al año, costo por kW de demanda = N\$60.26502 y costo por consumo = N\$0.29968²⁴ con el Método de Valor Presente Neto (Anexo 5).

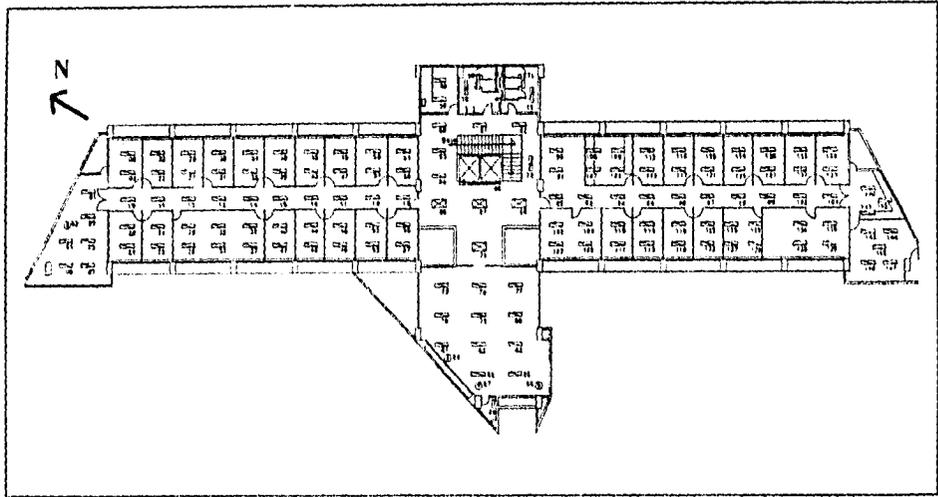
Para efectos de cálculo se considerarán 145 luminarios de 2 lámparas de 39 W cada uno, estas lámparas junto con sus balastos fueron instaladas en julio de 1994 y se planea cambiarlas en julio de 1995, por lo que en los cálculos debe considerarse que llevan funcionando un año. La evaluación de alternativas se hará para un periodo de tiempo de 4 años; es conveniente mencionar que los cálculos que se hacen para obtener futuro y anualidades dado presente, son para el año en el que se requiere cambio de equipo.

Se considerará un interés anual de 15.71% debido a:

$$\begin{aligned} \text{tasa real de descuento} &= ((1 + \text{tasa de interés nominal} + \text{tasa adicional}) / (1 + \text{inflación})) - 1 \\ &= ((1 + 50\% + 12\%) / (1 + 40\%)) - 1 \\ &= 15.71\% \end{aligned}$$

²³ Los pasillos cuentan con 15 luminarios que permanecen encendidos como alumbrado de vigilancia, por lo que estos luminarios funcionan 24 horas al día X 365 días al año.

²⁴ Valores aplicables a julio de 1995, de acuerdo al DOF-950331



· Distribución del edificio
Figura V.1

V.2 Alternativas de cambio consideradas

Alternativa 1

Cambiar lámparas de 39 W, T12, 6 500 K (luz de día), 2 500 lm, arranque instantáneo, 9 000 horas de vida, con balastro electromagnético convencional (30, 000 h de vida) por lámparas ahorradoras de 32 W, T8, 4 100 K (blanco frío), 2 850 lm, arranque rápido, 20 000 horas de vida, con balastro de alta eficiencia (50, 000 h de vida).

Cálculo de demanda máxima y energía

Tomando como base una demanda de 102 W para el sistema de 2 X 39 W y de 63 W para el sistema de 2 X 32 tenemos:

Alumbrado normal

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 39 W	66.30 kW (130 luminarios ²⁵ X 102 W X 5 pisos)
Sistema de 2 X 32 W	40.95 kW (130 luminarios X 63 W X 5 pisos)

²⁵ 145 luminarios totales - 15 luminarios de vigilancia = 130 luminarios

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 39 W	198,900 kWh (66.30 kW X 12.5 h/día X 240 días/año)
Sistema de 2 X 32 W	122,850 kWh (40.95 kW X 12.5 h/día X 240 días/año)

Alumbrado de vigilancia en pasillos**Demanda máxima anual**

Sistema de 2 X 39 W	7.65 kW (15 luminarios X 102 W X 5 pisos)
Sistema de 2 X 32 W	4.73 kW (15 luminarios X 63 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 39 W	67,014 kWh (7.65 kW X 24 horas/día X 365 días/año)
Sistema de 2 X 32 W	41,391 kWh (4.73 kW X 24 horas/día X 365 días/año)

Demanda máxima anual total

Sistema de 2 X 39 W	73.95 kW (66.3 kW + 7.65 kW)
Sistema de 2 X 32 W	45.68 kW (40.95 + 4.73 kW)

Consumo máximo total

Sistema de 2 X 39 W	265,914 kWh (198,900 kWh + 67,014 kWh)
Sistema de 2 X 32 W	164,241 kWh (122,850 kWh + 41,391 kWh)

Cálculo de costos**Sistema actual de 2 X 39 W**

Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d'a).

Considerando que las lámparas instaladas llevan un año funcionando junto con sus balastos:

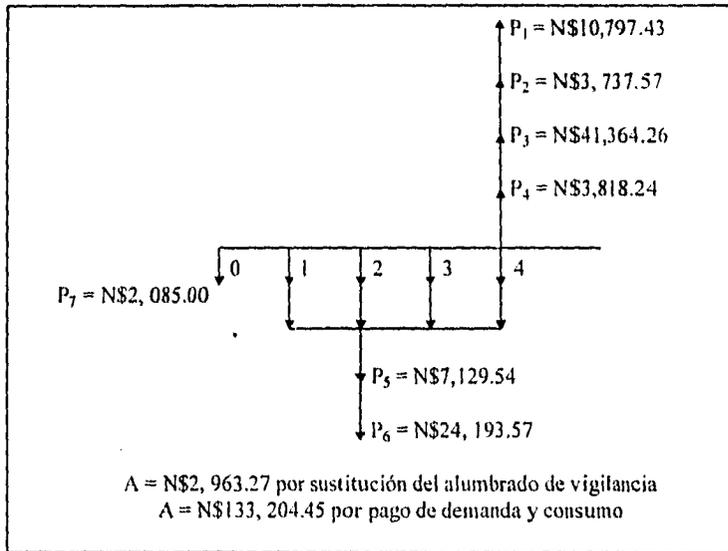
Cantidad X piso	Equipo 39 W	Vida útil total (h)	Vida útil en julio de 1995 (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
260	lámparas del alumbrado normal	9,000	6,000	3	3,000	6,023.33
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	9,000	0	1	9,000	2,085.00
130	balastos del alumbrado normal	30,000	27,000	10	15,000	23,075.00
15	balastos del alumbrado de vigilancia	30,000	21,000	3	12,000	2,130.00

Nota: Ahorro total = precio / vida útil total X vida útil después del 4o. año X cantidad por piso X 5 pisos

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$53, 515.34 (74 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$53, 515.34) y de consumo es de N\$79, 689.11 (265, 914 kWh X N\$0.29968 = N\$79, 689.11) en un año²⁶.

²⁶ No se considera un incremento anual en estos valores debido a que no existen las bases para ello.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



$P_1 = N\$6,023.33$ por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 6,023.33 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$10,797.43$$

$P_2 = N\$2,085.00$ por ahorro de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,085.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$3,737.57$$

$P_3 = N\$23,075.00$ por ahorro de 130 balastos en cada piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 23,075.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$41,364.26$$

$P_4 = N\$2,130.00$ por ahorro de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,130.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$3,818.24$$

$P_3 = \text{N}\$5,325.00$ por sustitución de 15 balastos en cada piso, que en 2 años equivalen a:

$$F = 5,325.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$7,129.54$$

$P_6 = \text{N}\$18,070.00$ por sustitución de 260 lámparas en cada piso, que en 2 años equivalen a:

$$F = 18,070.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$24,193.57$$

$P_7 = \text{N}\$2,085.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia

$P_8 = \text{N}\$2,085.00 \times 4 \text{ años} = \text{N}\$8,340.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en anualidades equivalen a:

$$A = 8,340.00 \times \left[\frac{0.1571 \times (1 + 0.1571)^4}{(1 + 0.1571)^4 - 1} \right] = \text{N}\$2,963.27$$

$P_9 = (\text{N}\$53,515.34 + \text{N}\$79,689.11) \times 4 \text{ años}$ por pago de demanda y consumo
 $= (\text{N}\$133,204.45 \times 4 \text{ años})$
 $= \text{N}\$532,817.80$

$T_0 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - P_5 - P_6 - P_7 - P_8 - P_9$
 $= 6,023.33 + 2,085.00 + 23,075.00 + 2,130.00 - 5,325.00 - 18,070.00 - 2,085.00 -$
 $8,340.00 - 532,817.80$
 $= - \text{N}\$533,324.47$

Sistema de 2 X 32 W

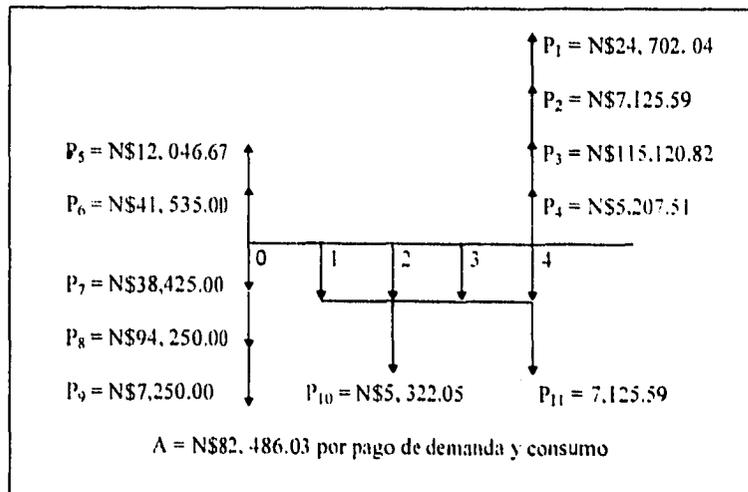
Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d/a).

Cantidad X piso	Equipo 32 W	Vida útil total (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
260	lámparas del alumbrado normal	20,000	6	8,000	13,780.00
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	20,000	2	20,000	3,975.00
130	balastros del alumbrado normal	50,000	16	38,000	64,220.00
15	balastros del alumbrado de vigilancia	50,000	5	14,900	2,905.50

Con esta alternativa es necesario cambiar las bases de las lámparas lo que representa N\$7, 250.00 (145 luminarios X 2 lámparas/luminario X 5 pisos X N\$5.00)

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$33, 266.29 (46 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$33, 266.29) y de consumo es de N\$49, 219.74 (164, 241 kWh X N\$0.29968 = N\$49, 219.74) en un año.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



$P_1 = \text{N}\$13,780.00$ por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 13,780.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$24,702.04$$

$P_2 = \text{N}\$3,975.00$ por ahorro de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$7,125.59$$

$P_3 = \text{N}\$64,220.00$ por ahorro de 130 balastos en cada piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 64,220.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$115,120.82$$

$P_4 = \text{N}\$2,905.00$ por ahorro de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,905.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$5,207.51$$

$P_5 = \text{N}\$12,046.67$ por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal, retiradas al momento del cambio

$P_6 = \text{N}\$41,535.00$ por ahorro de 130 balastos en cada piso del alumbrado normal, retirados al momento del cambio

$P_7 = \text{N}\$38,425.00$ por compra de 1,450 lámparas nuevas

$P_8 = \text{N}\$94,250.00$ por compra de 725 balastos nuevos

$P_9 = \text{N}\$7,250.00$ por compra de 1,450 juegos de bases

$P_{10} = \text{N}\$3,975.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 2 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$5,322.05$$

$P_{11} = \text{N}\$3,975.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$7,125.59$$

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

$$\begin{aligned}
 P_{12} &= ((N\$33,266.29 + N\$49,219.74) \times 4 \text{ años}) \text{ por pago de demanda y consumo} \\
 &= (N\$82,486.03 \times 4 \text{ años}) \\
 &= N\$329,944.12
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_1 &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 - P_7 - P_8 - P_9 - P_{10} - P_{11} - P_{12} \\
 &= 13,780.00 + 3,975.00 + 64,220.00 + 2,905.00 + 12,046.67 + 41,535.00 - 38,425.00 - \\
 &\quad 94,250.00 - 7,250.00 - 3,975.00 - 3,975.00 - 329,944.12 \\
 &= -N\$339,357.45
 \end{aligned}$$

Alternativa 2

Cambiar lámparas de 39 W, T12, 6 500 K (luz de día), 2 500 lm, arranque instantáneo, 9 000 horas de vida con balastro electromagnético convencional por lámparas ahorradoras de 34 W, T12, 4 100 K (blanco frío), 2 650 lm, arranque rápido, 20 000 horas de vida con balastro de alta eficiencia.

Cálculo de demanda máxima y energía

Tomando como base una demanda de 72 W para el sistema de s X 34 W se tiene:

Alumbrado normal

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 34 W 46.8 kW (130 luminarios X 72 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 34 W 140,400 kWh (46.8 kW X 12.5 h/día X 240 días/año)

Alumbrado de vigilancia en pasillos

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 34 W 5.4 kW (15 luminarios X 72 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 34 W 47,304 kWh (5.4 kW X 24 horas/día X 365 días/año)

Demanda máxima anual total

Sistema de 2 X 34 W 52.2 kW (46.8 kW + 5.4 kW)

Consumo máximo total

Sistema de 2 X 34 W 187, 704 kWh (140, 400 kWh + 47, 304 kWh)

Cálculo de costosSistema de 2 X 34 W

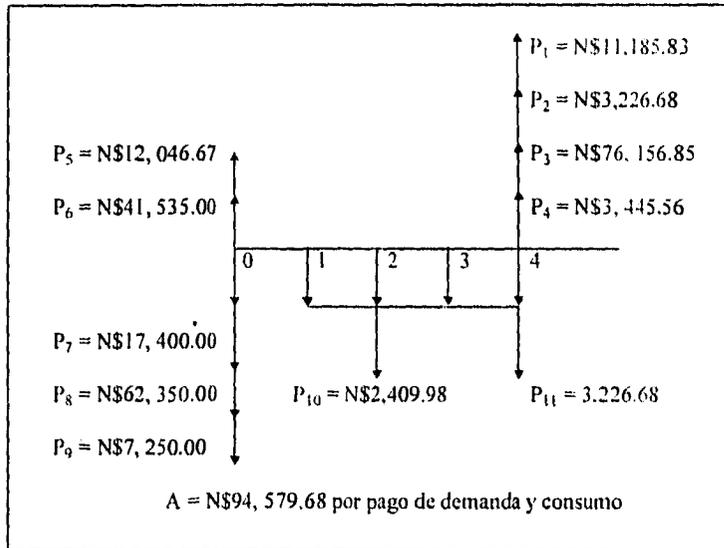
Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d/a).

Cantidad X piso	Equipo 34 W	Vida útil total (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
260	lámparas del alumbrado normal	20,000	6	8,000	6,240.00
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	20,000	2	20,000	1,800.00
130	balastros del alumbrado normal	50,000	16	38,000	42,484.00
15	balastros del alumbrado de vigilancia	50,000	5	14,900	1,922.10

Es necesario cambiar las bases de las lámparas lo que representa N\$7, 250.00 (145 luminarios X 2 lámparas/luminario X 5 pisos X N\$5.00)

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$38, 328.55 (53 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$38, 328.55) y de consumo es de N\$56, 251.13 (187, 704 kWh X N\$0.29968 = N\$53, 251.13) en un año.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



P₁ = N\$6,240.00 por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal. que en 4 años equivalen a:

$$F = 6,240.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$11,185.83$$

P₂ = N\$1,800.00 por ahorro de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia. que en 4 años equivalen a:

$$F = 1,800.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$3,226.68$$

P₃ = N\$42,483.00 por ahorro de 130 balastos en cada piso del alumbrado normal. que en 4 años equivalen a:

$$F = 42,483.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$76,156.85$$

P₄ = N\$1,922.10 por ahorro de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia. que en 4 años equivalen a:

$$F = 1,922.10 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$3,445.56$$

$P_3 = \text{N}\$12,046.67$ por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal, retiradas al momento del cambio

$P_6 = \text{N}\$41,535.00$ por ahorro de 130 balastos en cada piso del alumbrado normal, retirados al momento del cambio

$P_7 = \text{N}\$17,400.00$ por compra de 1,450 lámparas nuevas

$P_8 = \text{N}\$62,350.00$ por compra de 725 balastos nuevos

$P_9 = \text{N}\$7,250.00$ por compra de 1,450 juegos de bases

$P_{10} = \text{N}\$1,800.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 2 años equivalen a:

$$F = 1,800.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$2,409.98$$

$P_{11} = \text{N}\$1,800.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 1,800.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$3,226.68$$

$P_{12} = ((\text{N}\$38,328.55 + \text{N}\$56,251.13) \times 4 \text{ años})$ por pago de demanda y consumo
 $= (\text{N}\$94,579.68 \times 4 \text{ años})$
 $= \text{N}\$378,318.72$

$T_2 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 - P_7 - P_8 - P_9 - P_{10} - P_{11} - P_{12}$
 $= 6,240.00 + 1,800.00 + 42,484.00 + 1,922.10 + 12,046.67 + 41,535.00 - 17,400.00 -$
 $62,350.00 - 7,250.00 - 1,800.00 - 1,800.00 - 378,318.72$
 $= - \text{N}\$362,890.95$

Alternativa 3

Eliminar dos de las lámparas en los gabinetes de 4 X 39 W, instalando reflector especular en los mismos, con esta alternativa se tiene:

Cálculo de demanda máxima y energía

Alumbrado normal

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 39 W , 64.26 kW (126 luminarios²⁷ X 102 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 39 W 192, 780 kWh (64.26 kW X 12.5 h/día X 240 días/año)

Alumbrado de vigilancia en pasillos

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 39 W 67, 014 kWh (de la alternativa 1)

Demanda máxima anual total

Sistema de 2 X 34 W 71.91 kW (64.26 kW + 7.65 kW)

Consumo máximo total

Sistema de 2 X 39 W 259, 794 kWh (192, 780 kWh + 67. 014 kWh)

Cálculo de costos

Sistema de 2 X 39 W

Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d/a).

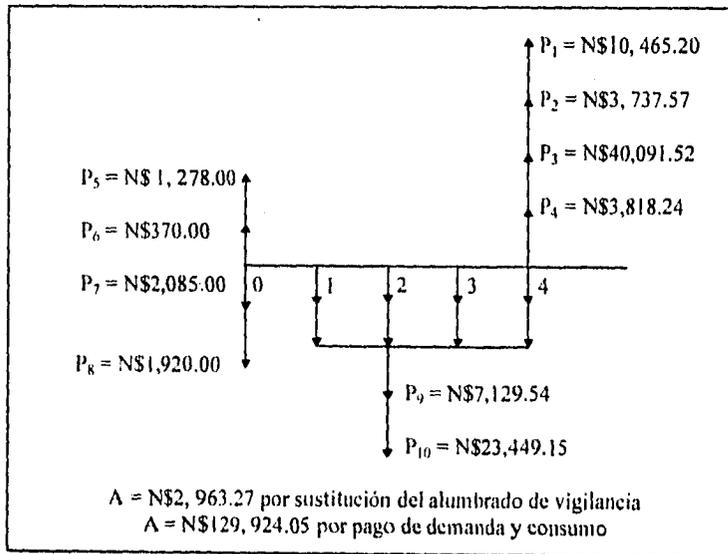
²⁷ 130 luminarios - 4 luminarios desconectados = 126 luminarios

Considerando que las lámparas instaladas llevan un año funcionando junto con sus balastos:

Cantidad	Equipo	Vida útil total (h)	Vida útil en julio de 1995 (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
X piso	39 W					
252	lámparas del alumbrado normal	9,000	6,000	3	3,000	5,838.00
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	9,000	0	1	9,000	2,085.00
126	balastos del alumbrado normal	30,000	27,000	10	15,000	22,365.00
15	balastos del alumbrado de vigilancia	30,000	21,000	3	12,000	2,130.00

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$52, 068.98 (72 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$52, 068.98) y de consumo es de N\$77, 855.07 (259, 794 kWh X N\$0.29968 = N\$49, 592.84) en un año²⁸.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



²⁸ No se considera un incremento anual en estos valores debido a que no existen las bases para ello.

$P_1 = \text{N}\$5,838.00$ por ahorro de 252 lámparas por piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 5,838.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$10,465.20$$

$P_2 = \text{N}\$2,085.00$ por ahorro de 30 lámparas por piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,085.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$3,737.57$$

$P_3 = \text{N}\$22,365.00$ por ahorro de 126 balastos por piso del alumbrado normal, que en 4 años equivalen a:

$$F = 22,365.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$40,091.52$$

$P_4 = \text{N}\$2,130.00$ por ahorro de 15 balastos del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,130.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$3,818.24$$

$P_5 = \text{N}\$1,278.00$ por ahorro de 4 balastos del alumbrado normal eliminados en cada piso

$P_6 = \text{N}\$370.00$ por ahorro de 8 lámparas del alumbrado normal eliminadas en cada piso

$P_7 = \text{N}\$2,085.00$ por sustitución de 30 lámparas del alumbrado de vigilancia en cada piso

$P_8 = \text{N}\$1,920.00$ por compra de 20 reflectores especulares

$P_9 = \text{N}\$5,325.00$ por sustitución de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 2 años equivalen a:

$$F = 5,325.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$7,129.54$$

$P_{10} = \text{N}\$17,514.00$ por sustitución de 252 lámparas en cada piso del alumbrado normal, lo que en 2 años equivalen a:

$$F = 17,514.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$23,449.15$$

$P_{11} = \text{N}\$2,085.00 \times 4 \text{ años} = \text{N}\$8,340.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en anualidades equivalen a:

$$A = 8,340.00 \times \left[\frac{0.1571 \times (1 + 0.1571)^4}{(1 + 0.1571)^4 - 1} \right] = \text{N}\$2,963.27$$

$P_{12} = ((\text{N}\$52,068.98 + \text{N}\$77,855.07) \times 4 \text{ años})$ por pago de demanda y consumo
 $= (\text{N}\$129,924.05 \times 4 \text{ años})$
 $= \text{N}\$519,696.20$

$T_3 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 - P_7 - P_8 - P_9 - P_{10} - P_{11} - P_{12}$
 $= 5,838.00 + 2,085.00 + 22,365.00 + 2,130.00 + 1,278.00 + 370.67 - 2,085.00 -$
 $1,920.00 - 5,325.00 - 17,514.00 - 8,340.00 - 519,696.20$
 $= -\text{N}\$520,813.53$

Alternativa 4

Instalar fotoceldas para desconectar los 40 luminarios por piso que se encuentran cerca de las ventanas de 8:30 a 17:30 horas aproximadamente, dejando el sistema actual del alumbrado.

Cálculo de demanda máxima y energía

La disminución de 40 luminarios de 102 W/luminario representa:

20.4 kW (40 luminarios X 102 W X 5 pisos)

El ahorro máximo en el consumo será de:

44,064 kWh (20.4 kW X 9 horas/día X 240 días/año)

Disminuyendo esta cantidad del total anual para el sistema actual se tiene que con esta alternativa el consumo anual será de:

Sistema de 2 X 39 W 221,850 kWh (265,914 kWh - 44,064 kWh).

Cálculo de costos**Sistema de 2 X 39 W**

Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal sin fotocelda funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a), las de alumbrado normal con fotocelda funcionan 840 horas/año (3.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d/a).

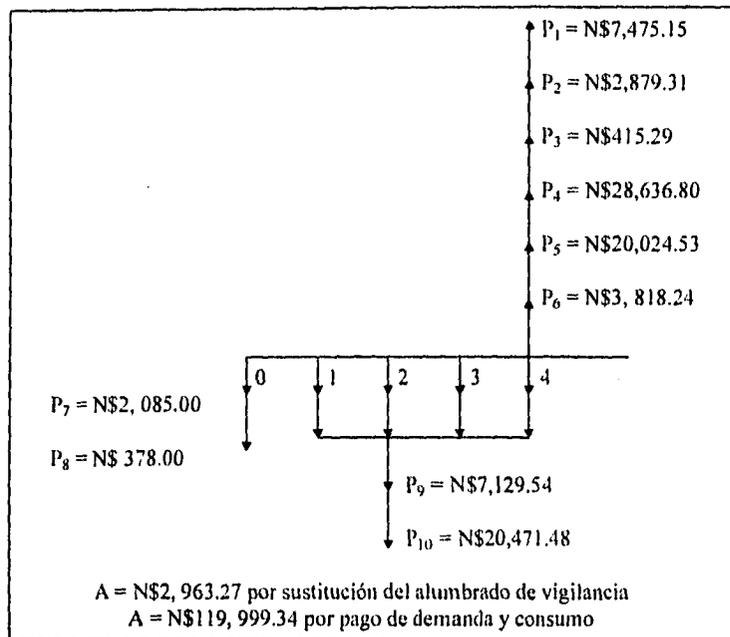
Considerando que las lámparas instaladas llevan un año funcionando junto con sus balastos:

Cantidad X piso	Equipo 39 W	Vida útil total (h)	Vida útil en julio de 1995 (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
180	lámparas del alumbrado normal sin fotocelda	9,000	6,000	3	3,000	4,170.00
80	lámparas del alumbrado normal con fotocelda	9,000	6,000	10	2,600	1,606.22
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	9,000	0	1	1,000	231.67
90	balastos del alumbrado normal sin fotocelda	30,000	27,000	10	15,000	15,975.00
40	balastos del alumbrado normal con fotocelda	30,000	27,000	35	23,600	11,170.67
15	balastos del alumbrado de vigilancia	30,000	21,000	3	12,000	2,130.00

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$53, 515.34 (74 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$53, 515.34) y de consumo es de N\$66, 484.00 (221. 850 kWh X N\$0.29968 = N\$66, 484.00) en un año²⁹.

²⁹ No se considera un incremento anual en estos valores debido a que no existen las bases para ello.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



$P_1 = \text{N}\$4,170.00$ por ahorro de 220 lámparas en cada piso del alumbrado normal sin fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 4,170.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$7,475.15$$

$P_2 = \text{N}\$1,606.22$ por ahorro de 40 lámparas en cada piso del alumbrado normal con fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 1,606.22 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$2,879.31$$

$P_3 = \text{N}\$231.67$ por ahorro de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 231.67 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$415.29$$

$P_4 = \text{N}\$15,975.00$ por ahorro de 110 balastos en cada piso del alumbrado normal sin fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 15,975.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$28,636.80$$

$P_5 = \text{N}\$11,170.66$ por ahorro de 20 balastos en cada piso del alumbrado normal con fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 11,170.66 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$20,024.53$$

$P_6 = \text{N}\$2,130.00$ por ahorro de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 2,130.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$3,818.24$$

$P_7 = \text{N}\$2,085.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia

$P_8 = \text{N}\$378.00$ por compra de 14 fotoceldas

$P_9 = \text{N}\$5,325.00$ por sustitución de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 2 años equivalen a:

$$F = 5,325.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$7,129.54$$

$P_{10} = \text{N}\$15,290.00$ por sustitución de 180 lámparas en cada piso del alumbrado normal sin fotocelda, que en 2 años equivalen a:

$$F = 15,290.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$20,471.48$$

$P_{11} = \text{N}\$2,085.00 \times 4 \text{ años} = \text{N}\$8,340.00$ por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en anualidades equivalen a:

$$A = 8,340.00 \times \left[\frac{0.1571 \times (1 + 0.1571)^4}{(1 + 0.1571)^4 - 1} \right] = \text{N}\$2,963.27$$

$P_{12} = ((\text{N}\$53,515.34 + \text{N}\$66,484.00) \times 4 \text{ años})$ por pago de demanda y consumo
 $= (\text{N}\$119,999.34 \times 4 \text{ años})$
 $= \text{N}\$479,997.36$

$T_4 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 - P_7 - P_8 - P_9 - P_{10} - P_{11} - P_{12}$
 $= 4,170.00 + 1,606.22 + 231.67 + 15,975.00 + 11,170.66 + 2,130.00 - 2,085.00 -$
 $378.00 - 5,325.00 - 15,290.00 - 8,340.00 - 479,997.36$
 $= - \text{N}\$476,131.81$

Alternativa 5

Cambiar lámparas de 39 W, T12, 6 500 K (luz de día), 2 500 lm, arranque instantáneo, 9 000 horas de vida con balastro electromagnético convencional por lámparas ahorradoras de 32 W, T8, 4 100 K (blanco frío), 2 850 lm, arranque rápido, 20 000 horas de vida con balastro de alta eficiencia; quitando dos lámparas de los luminarios de 4 X 32 W, instalando reflector especular en los mismos. Instalar fotoceldas para desconectar los 40 luminarios por piso que se encuentran cerca de las ventanas de 8:30 a 17:30 horas aproximadamente.

Cálculo de demanda máxima y energía

Alumbrado normal

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 32 W 39.69 kW (126 luminarios³⁰ X 63 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 32 W 119,070 kWh (39.69 kW X 12.5 h/día X 240 días/año)

Los 40 luminarios del alumbrado normal cercanos a las ventanas permanecerán sin funcionar de 8:30 a 17:30 horas aproximadamente:

Sistema de 2 X 32 W 27,216 kWh
(40 luminarios X 63 W X 9 horas/día X 5 pisos X 240 días/año)

Lo que nos da un consumo de:

Sistema de 2 X 32 W 91.854 kWh (119,070 kWh - 27,216 kWh)

Alumbrado de vigilancia

Demanda máxima anual

Sistema de 2 X 32 W 4.73 kW (15 luminarios X 63 W X 5 pisos)

Consumo máximo anual

Sistema de 2 X 32 W 41.391 kWh (4.73 kW X 24 h/día X 365 días/año)

³⁰ 130 luminarios - 4 luminarios eliminados = 126 luminarios

Demanda máxima anual total

44.42 kW (39.69 kW + 4.73 kW)

Consumo máximo total

133, 245 kWh (91, 854 kWh + 41, 391 kWh)

Cálculo de costosSistema de 2 X 32 W

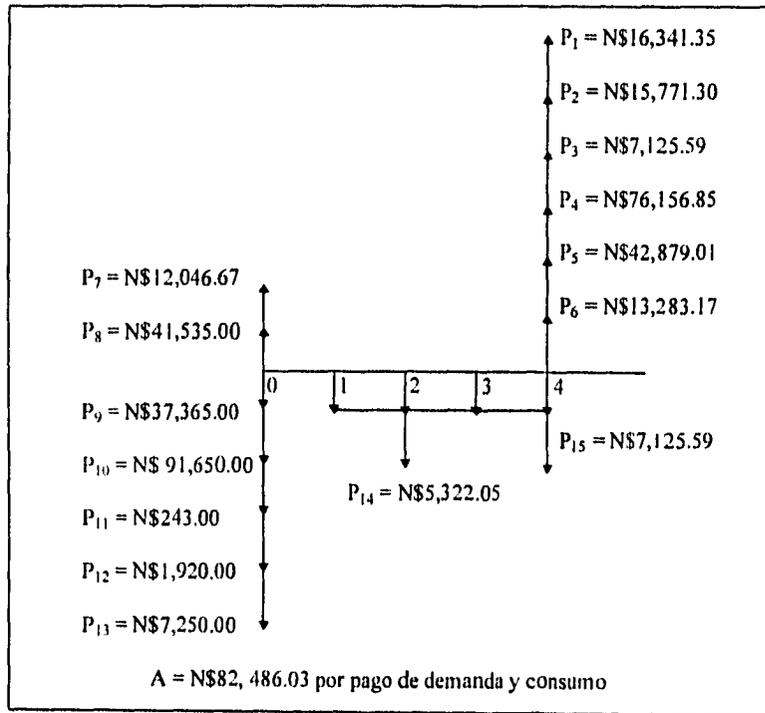
Las lámparas que se encuentran como alumbrado normal sin fotocelda funcionan 3 000 horas/año (12.5 h/d X 240 d/a), las de alumbrado normal con fotocelda funcionan 840 horas/año (3.5 h/d X 240 d/a) y las del alumbrado de vigilancia 8 760 horas/año (24 h/d X 365 d/a).

Cantidad X piso	Equipo 32 W	Vida útil total (h)	Sustitución cada (años)	Vida útil después del 4o. año (h)	Ahorro total (N\$)
172	lámparas del alumbrado normal sin fotocelda	20,000	6	8,000	9,116.00
80	lámparas del alumbrado normal con fotocelda	20,000	23	16,600	8,798.00
30	lámparas del alumbrado de vigilancia	20,000	2	20,000	3,975.00
86	balastros del alumbrado normal sin fotocelda	50,000	16	38,000	42,484.00
40	balastros del alumbrado normal con fotocelda	50,000	59	46,000	23,920.00
15	balastros del alumbrado de vigilancia	50,000	5	38,000	7,410.00

Es necesario cambiar las bases de las lámparas lo que representa N\$7, 250.00 (145 luminarios X 2 lámparas/luminario X 5 pisos X N\$5.00), así como instalar 20 reflectores especulares (20 reflectores X N\$96.00 = N\$1, 920.00) y 9 fotoceldas (9 fotoceldas X N\$27.00 = N\$243.00).

El cargo por demanda máxima para este sistema es de N\$32, 543.11 (45 kW X N\$60.26502 X 12 = N\$32, 543.11) y de consumo es de N\$39, 930.86 (133, 245 kWh X N\$0.29968 = N\$39, 930.86) en un año.

Considerando una tasa de interés de 15.71% se tiene:



P₁ = N\$9, 116.00 por ahorro de 172 lámparas en cada piso del alumbrado normal sin fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 9,116.00 \times (1 + 0.1571)^4 = N\$16, 341.35$$

$P_2 = \text{N}\$8,798.00$ por ahorro de 180 lámparas en cada piso del alumbrado normal con fotocelda, que en 4 años equivalen a:

$$F = 8,798.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$15,771.30$$

$P_3 = \text{N}\$3,975.00$ por ahorro de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$7,125.59$$

$P_4 = \text{N}\$42,484.00$ por ahorro de 86 balastos en cada piso del alumbrado normal sin fotoceldas, que en 4 años equivalen a:

$$F = 42,484.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$76,156.85$$

$P_5 = \text{N}\$23,920.00$ por ahorro de 40 balastos en cada piso del alumbrado normal con fotoceldas, que en 4 años equivalen a:

$$F = 23,920.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$42,879.01$$

$P_6 = \text{N}\$7,410.00$ por ahorro de 15 balastos en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 7,410.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$13,283.17$$

$P_7 = \text{N}\$12,046.67$ por ahorro de 260 lámparas en cada piso del alumbrado normal, retiradas al momento del cambio

$P_8 = \text{N}\$41,535.00$ por ahorro de 130 balastos en cada piso, retirados al momento del cambio

$P_9 = \text{N}\$37,365.00$ por compra de 1,410 lámparas nuevas

$P_{10} = \text{N}\$91,650.00$ por compra de 705 balastos nuevos

$P_{11} = \text{N}\$243.00$ por compra de 9 fotoceldas

$P_{12} = \text{N}\$1,920.00$ por compra de 20 reflectores

$P_{13} = \text{N}\$7,250.00$ por compra de 1,410 juegos de bases

P_{14} = N\$3, 975.00 por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 2 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^2 = \text{N}\$5, 322.05$$

P_{15} = N\$3, 975.00 por sustitución de 30 lámparas en cada piso del alumbrado de vigilancia, que en 4 años equivalen a:

$$F = 3,975.00 \times (1 + 0.1571)^4 = \text{N}\$7, 125. 59$$

P_{16} = ((N\$32, 543.11 + N\$39, 930.86) X 4 años) por pago de demanda y consumo
 = (N\$72, 473.97 X 4 años)
 = N\$289, 895.88

$T_5 = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 - P_9 - P_{10} - P_{11} - P_{12} - P_{13} - P_{14} - P_{15} - P_{16}$
 = 9, 116.00 + 8, 798.00 + 3, 975.00 + 42, 484.00 + 23, 920.00 + 7, 410.00 + 12, 046.67 +
 41, 535.00 - 37, 365.00 - 91, 650.00 - 243.00 - 1, 920.00 - 7, 250.00 - 3, 975.00 -
 3, 975.00 - 289, 895.88
 = - N\$286, 989.21

V.3 Tablas-resumen

Costo por tarifa

De las 5 alternativas y tomando en cuenta el costo de la tarifa, se tiene:

Concepto	Potencia máxima (kW)	Energía anual (kWh)	Cargo por demanda (N\$)	Cargo por energía (N\$)	Costo total anual (N\$)
Actual	73.95	265,914	53,515.34	79,689.11	133,204.45
Alternativa 1	45.68	164,241	33,266.29	49,219.74	82,486.03
Alternativa 2	52.20	187,704	38,328.55	56,251.13	94,579.69
Alternativa 3	71.91	259,794	52,068.98	77,855.07	129,924.04
Alternativa 4	73.95	221,850	53,515.34	66,484.01	119,999.35
Alternativa 5	44.42	133,245	32,543.11	39,930.86	72,473.97

Material requerido por alternativa

De acuerdo a las alternativas mostradas anteriormente, a continuación se presenta el desglose del material requerido para cada una de ellas así como su costo. En este ejemplo no se incluye el costo de la mano de obra ni el costo de las modificaciones en alambrado de circuitos debido a la diversidad de costos y modificaciones existentes en el mercado. Sin embargo, estos costos, siempre deberán incluirse en el análisis.

<i>Concepto</i>	<i>Act</i>	<i>Alt1</i>	<i>Alt2</i>	<i>Alt3</i>	<i>Alt4</i>	<i>Alt5</i>
Lámpara de 39 W, T12, Luz de día	1 450			1 410	1 450	
Lámpara de 32 W, T8, Blanco Frío		1 450				1 410
Lámpara de 34 W, T12, Blanco Frío			1450			
Balastro 2 X 39 W, T12, Convencional	725			705	725	
Balastro 2 X 32 W, T8, Alta Eficiencia		725				705
Balastro 2 X 34 W, T12, Alta Eficiencia			725			
Reflector especular 1.22 X 0.30 m				20		20
Juego de bases para lámparas arranque rápido		1 450	1450			1 410
Fotocelda 1500 W					14	9

Precio de materiales

Para los cálculos se consideraron los siguientes precios:

<i>Concepto</i>	<i>Unitario</i> <i>NS</i>
Lámpara de 39 W, T12, Luz de día	13.90
Lámpara de 32 W, T8, Blanco Frío	26.50
Lámpara de 34 W, T12, Blanco Frío	12.00
Balastro 2 X 39 W, T12, Electromagnético Convencional	71.00
Balastro 2 X 32 W, T8, Alta Eficiencia	130.00
Balastro 2 X 34 W, T12, Alta Eficiencia	86.00
Reflector especular 1.22 X 0.30 m	96.00
Juego de bases para lámpara arranque rápido	5.00
Fotocelda 1 500 W	27.00

Costo en 4 años de operación

Comparando las alternativas en 4 años de operación del equipo, bajo las condiciones antes mencionadas se tiene:

<i>Concepto</i>	<i>Costo en 4 años de operación (NS)</i>
Sistema actual	535,177.80
Alternativa 1	334,852.45
Alternativa 2	359,911.05
Alternativa 3	414,943.61
Alternativa 4	480,267.58
Alternativa 5	291,348.21

V.4 Conclusión

En este caso se recomienda aplicar la alternativa 5, ya que como se puede observar es la más atractiva, siendo 46% más económica que el sistema actual, comparándolos en 4 años de utilización.

Es conveniente que al momento del cambio se limpien adecuadamente los difusores y gabinetes, ya que como se mencionó en el planteamiento del problema estos nunca han tenido ningún tipo de mantenimiento, con lo cual se pueden obtener incrementos sensibles en los niveles de iluminación.

CONCLUSIONES

Los problemas ecológicos, económicos, sociales y políticos que se han suscitado en los últimos años han obligado a tomar conciencia de la urgente necesidad de mejorar el uso de la energía en el Mundo y con mayor razón, en México. Medidas al respecto debieron haberse tomado hace algunas décadas en estos países, cosa que no se hizo, ocasionando que en el presente deba procederse a marchas forzadas por disminuir la dramática diferencia que tenemos con los países desarrollados, en los que la energía consumida por unidad de producto es mucho menor que en México.

La mayor parte de los energéticos utilizados actualmente para la generación de energía eléctrica son no renovables y se agotarán en un futuro próximo, por lo que se requiere eficientar su utilización, así como desarrollar y comercializar otras alternativas de generación.

Los proyectistas, inversionistas, diseñadores y constructores de edificios están fuertemente sensibilizados por los costos iniciales del inmueble y sus instalaciones, pocas veces enfocan su preocupación en los costos de operación que generan éstos a lo largo de toda la vida útil del inmueble. Considerando que los edificios son un "bien durable" cuya vida útil es de cuando menos 30 años, la inversión incremental debida a la incorporación de equipos y tecnologías eficientes redundará en grandes beneficios económicos sustentados en la alta rentabilidad de este diferencial; la carga total de los edificios de oficinas de nuestro país difiere considerablemente dependiendo de la ocupación, ubicación geográfica, orientación, horario y costumbres que se tengan.

Con la aplicación de la metodología establecida en el presente trabajo se pueden detectar áreas de oportunidad en los sistemas de los edificios donde es posible disminuir los consumos energéticos mediante la eficientización de los mismos, estableciéndose varias alternativas para mejorar el uso de la energía, de las cuales se debe seleccionar la más factible, de acuerdo a la disponibilidad de recursos económicos y técnicos, así como a la sencillez y plazo con los que se pueden implantar. *No es conveniente invertir en soluciones baratas, sino económicas.*

Se ha comprobado, a través de varios años de operación de la CONAE, que los ahorros mínimos que se pueden tener en un edificio de oficinas al instaurar un programa de ahorro de energía son del 20%, con medidas de baja o nula inversión. Considerando que en 1993 el consumo de energía por edificios de oficinas era de 11, 888 GWh, de acuerdo a estimaciones del Grupo de Trabajo de la Norma de Eficiencia Integral en Edificios no Residenciales, se pudieron haber ahorrado aproximadamente 2, 300 GWh, lo cual hubiera sido suficiente para abastecer las necesidades de energía eléctrica en Coatzacoalcos, Ver. de ese año. Con medidas de media inversión los ahorros aproximadamente se duplican y con medidas de alta inversión fácilmente se triplican.

El avance tecnológico en materia de iluminación ha permitido el desarrollo de equipos y tecnologías eficientes, cuya disponibilidad en mercados regionales de nuestro país es limitada; gran parte de los profesionistas involucrados ignoran la existencia de estas tecnologías e instituciones relacionadas por falta de promoción y difusión. Es conveniente utilizar adecuadamente todo tipo de dispositivos, de lo contrario se puede caer en el error de incrementar los consumos de energía innecesariamente.

Siempre es posible efficientar un sistema, pero nunca hay que perder de vista que la inversión debe ser rentable, requiriéndose una evaluación económica previa.

Actualmente los países desarrollados están disminuyendo la energía requerida por unidad de producción, mientras que en nuestro país aún está en crecimiento; se estima que para el año 2 000 México se estabilice y para la primera década del siglo XXI empiece a decrementar estos valores.

Finalmente, para tener penetración en los mercados internacionales es necesario ser competitivos, lo cual sólo se puede lograr con calidad y productividad, y utilizando eficientemente los recursos.

GLOSARIO

Carga: Es la potencia en un punto dado, expresada en Watts, kilowatts u otras unidades convenientes.

Carga total conectada: Es la suma de las capacidades de las lámparas, aparatos, motores y equipos que consumen energía eléctrica, considerados individualmente en su capacidad en Watts, que se encuentran conectados al sistema del suministrador.

Demanda: Es la carga promedio en las terminales de una instalación o sistema en un intervalo especificado, expresado en Watts, kilowatts u otras unidades convencionales.

Demanda contratada: Es la demanda que el suministrador y el cliente convienen inicialmente en el contrato respectivo, su valor no será menor del 60% de la carga total instalada, ni menor de la capacidad del motor o aparato de mayor demanda instalado por el consumidor.

Demanda facturable: Es el resultado de sumar a la demanda máxima en periodo de punta la quinta parte de la diferencia de demandas.

Demanda máxima medida: Se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en kW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Desarrollo normal: Consumo de energía asociado al crecimiento de la población y su nivel de vida. Este consumo se registra en los grupos tarifarios residenciales, comercial y servicios.

Diagnóstico Energético: Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía.

Diferencia de demandas: Es el resultado de restar a la Demanda máxima medida en periodo de base la demanda máxima medida en periodo de punta, cuando esta diferencia sea positiva (Demanda máxima medida en periodo de punta mayor a la Demanda máxima medida en periodo de base), la diferencia de demandas será cero.

Edificio: Es un sistema complejo formado por una serie de elementos que interactúan entre sí y que influyen en forma individual o conjuntamente en su comportamiento.

Eficiencia: Es el cociente de la energía que entra sale dividida entre la energía que entra.

Energía bruta: Es la energía entregada en las terminales de cada una de las unidades generadoras registradas antes de alimentar los servicios propios de la central. En la energía bruta necesaria se incluye la energía de importación y la recibida de los excedentes de los autoabastecedores.

Energía neta: Es la energía eléctrica entregada a la red registrada después de abastecer los usos propios de la red.

Energía primaria: Es aquella energía que no ha sufrido transformación.

Energía secundaria: Es aquella que proviene de la transformación de los energéticos.

Factor de carga (fc): Es la relación entre la Demanda media (D_m) y la Demanda Máxima (D_M) de una curva de carga, durante un periodo de tiempo dado (día, semana, mes, etc.).

Pérdidas de energía: Este concepto representa la diferencia entre la energía neta y las ventas de energía eléctrica, e incluye las pérdidas del proceso físico de transmisión, subtransmisión y distribución, así como en usos ilícitos, errores en la medición y facturación y diferencias en ciclos de facturación.

Periodo de base: Será el resto de las horas del mes, no comprendidas en el periodo de punta.

Periodo de punta: Es el tiempo comprendido entre las 18:00 y las 22:00 horas, de lunes a sábado. A excepción de las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será el tiempo comprendido de las 16:00 a las 22:00 horas.

Los días de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por acuerdo presidencial, se exceptúan de esta consideración.

Potencia: Es la rapidez con la que se realiza un trabajo o como la energía consumida por unidad de tiempo.

Usos propios en plantas generadoras: Es la capacidad y energía destinada a prestar servicios de la central eléctrica, tales como la excitación de los alternadores, centro de control, banco de baterías, grúas, sistemas de lubricación, sistemas de válvulas, bombas de alimentación, alumbrado, etc., incluyendo las pérdidas eléctricas asociadas a estos servicios.

Ventas de energía eléctrica: Es la energía consumida por los diferentes tipos de usuarios. Los usuarios se clasifican de acuerdo a su magnitud de consumo y al nivel de voltaje de utilización, lo que en conjunto ha definido las diferentes tarifas para su facturación.

BIBLIOGRAFIA

1. Alcocer, Ignacio; González, Guillermo; Ibarra, Federico, *Valores de Densidad de Potencia para Alumbrado en otros países, Anteproyecto de Norma de Eficiencia Energética de Alumbrado para Edificios no Residenciales*, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas. documento No. 5287RP.301, Revisión B, marzo 11 de 1994
2. Bello Rivera, Rubén, *Programa de Normalización para la Eficiencia Energética en México, Eficiencia Energética en América Latina*, Cancún, México, SEMIP; CONAE; Agencia Internacional de Energía, marzo 1994
3. CFE, *Del Fuego a la Energía Nuclear*, 4a. ed., México, CFE, México, 1989
4. CFE, *Desarrollo del Mercado Eléctrico 1986-2000*, 29a. ed., México, Subdirección de Programación. CFE. 1991
5. CFE, *Desarrollo del Mercado Eléctrico 1989-2003*, 32a. ed., México, Subdirección de Programación, CFE. 1994
6. CFE, *Informe de Operación*, México, CFE, 1993
7. CFE, *Resultados de explotación*, México, CFE, 1992-1993
8. CONAE, *Memorias de las Primeras Jornadas de Cogeneración, Congreso Internacional*; México, CONAE, 1992
9. CONAE, *Memorias de las Segundas Jornadas de Cogeneración, Congreso Internacional*; México, CONAE, 1993
10. CONAE, *Proyecto de Demostración de Ahorro de Energía en la Pequeña y Mediana Industria y Difusión, Manual de Diagnósticos Energéticos*, México, CONAE, Grupo Eficiencia Industrial, mayo de 1993
11. De Buen Rodríguez, Odón Demófilo, *Residential Air-Conditioning in Northern Mexico: Impacts and Alternatives*, Master of Arts in Energy and Resources at the University of California, Berkeley, mayo 1993
12. *Derroche de energía. Agua, electricidad y gas*, Revista de Capacitación, Enlace al futuro, México, Año 1, No. 10, abril de 1994
13. *Elementos Básicos de un Diagnóstico Energético Orientado a la Aplicación de un Programa de Ahorro de Energía*, Revista del FIDE, México

14. ENERGETICS, *Energy Efficiency in Buildings in Mexico*, México, ENERGETICS. mayo de 1994
15. *Energía*, Revista Tecno Industria, México, No. 16, junio-julio de 1994
16. *Energía Racional*, Revista del FIDE, México, No. 5, Año 2, octubre de 1992
17. García Beltrán, Jesús F.; Ruiz Esparza, Rogelio, *Curso de Formación en Diagnósticos Energéticos de Segundo Nivel en la Industria Química, Introducción y Metodología*, México, FONAE, 1994
18. INEGI, *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*, México. INEGI. 1991
19. INEGI, *Censo Económico*, México, INEGI, 1988
20. *Recomendaciones para el Ahorro de Energía Eléctrica en Edificios*, Revista del FIDE. México
21. Reygadas A., Rafael, *Tarifas Eléctricas*, México, CONAE, 1995
22. SEMIP, *ACUERDO por el que se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía*, México, *Diario Oficial de la Federación*, 28 de septiembre de 1989
23. SEMIP, *Balance Nacional de Energía*, México, SEMIP, 1991
24. SEMIP, *Balance Nacional de Energía*, México, SEMIP, 1993
25. SEMIP, *DECRETO que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, México, *Diario Oficial de la Federación*. 23 de diciembre de 1992
26. SEMIP, *Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*, México, *Diario Oficial de la Federación*, 31 de mayo de 1993
27. SHCP, *ACUERDO que autoriza la reestructuración de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica*, México, *Diario Oficial de la Federación*, 26 de mayo de 1995
28. Tarquin, Anthony J. *Ingeniería Económica*, 2a. ed., Colombia, Ed. Mc. Graw-Hill. 1993
29. Tonda, Juan. *El oro solar y otras fuentes de energía*. La ciencia desde México'119. México, Ed. Fondo de Cultura Económica. 1993
30. U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Building Energy Efficiency*. Washington, DC. US, Government Printing Office, May 1992
31. U.S. Department of Energy, *National Energy Strategy*, Firths Edition, U.S., 1991-1992. February 1991.

ANEXOS

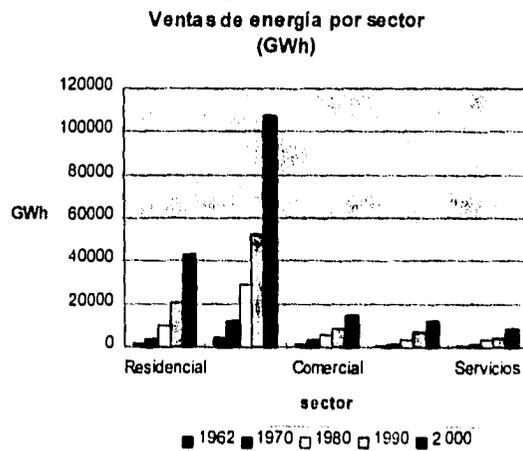
Anexo 1

Estructura del Mercado Eléctrico

De acuerdo a datos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) se han tenido y se tendrán las siguientes distribuciones en los diferentes sectores que conforman el mercado eléctrico de nuestro país:

<i>Estructura del mercado eléctrico</i>					
(%)					
Sector	1962	1970	1980	1990	2000
Residencial	16.9	16.6	19.3	22.3	23.2
Industrial	49.7	54.7	55.2	56.5	57.8
Comercial	18.0	15.1	11.2	9.0	7.9
Agrícola	7.4	6.3	7.2	7.3	6.5
Servicios	8.0	7.3	7.1	4.9	4.6
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Con respecto a las ventas de energía eléctrica se tiene lo siguiente:



Anexo 2
Estudio del Mercado Eléctrico

Los destinos que ha tenido la energía eléctrica en los últimos años, en el Sistema Interconectado Nacional, ha sido la siguiente:

MW	1989	1990	1991	1992	1993
Energía neta	96 212	102 341	106 292	109 467	114 391
Usos propios	4 802	5 354	5 439	5 577	5 879
Energía bruta	101 014	107 695	111 731	115 044	120 270

De acuerdo a estimaciones hechas por CFE se espera que la para los próximos años se tengan los siguientes comportamientos:

MW	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Energía neta	119808	126687	133139	139858	147145	154741	162874	171581	180869	190675
Usos propios	6709	7306	7719	7911	7947	8133	8471	9109	9722	9913
Energía bruta	126517	133993	140858	147769	155092	162874	171345	180690	190591	200588

Anexo 3

Sistema Interconectado Nacional

De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Sistema Interconectado Nacional se divide en las siguientes áreas:

AREA CENTRAL:

En la estructura de CFE el Area Central se encuentra localizada en la parte centro del país y el suministro de energía eléctrica es en gran medida atendido por Luz y Fuerza (L.yF) y complementariamente por CFE.

En el área de cobertura de LyF se suministra aproximadamente el 90% de la energía total y cubre principalmente el Valle de México. En el área de CFE se maneja el 10% restante que suministra energía a parte del estado de Michoacán y parte del Estado de México.

AREA OCCIDENTAL

Se encuentra localizada en la parte Centro Occidental del país y esta compuesta por tres regiones: Occidente, Bajío y Centro-Occidente. En el contexto de estas regiones se encuentran los estados de: Jalisco y Nayarit, en la Occidente; Guanajuato, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas, en la Bajío; Michoacán y Colima, en la Centro-Occidente

AREA ORIENTAL

Se encuentra localizada en la parte Oriente del país y comprende: los estados de Puebla, Guerrero, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Tabasco y parte de Morelos.

AREA PENINSULAR

Tiene una cobertura que corresponde a la península de Yucatán y que comprende los estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo.

AREA NORESTE

Esta área se localiza en el noreste del país y comprende la atención del suministro eléctrico de los estados de Nuevo León, Tamaulipas y parte de los estados de Coahuila, San Luis Potosí y norte del Estado de Veracruz en lo que respecta a la estructura comercial de CFE, comprende todas las zonas de la División Golfo Norte; las zonas de Cd. Victoria, Tampico, Mante, Río Verde y Valles, de la División Golfo Centro y Concepción del Oro de la División Bajío.

AREA NORTE

Se encuentra localizada en la parte Centro-Norte del país y comprende en su totalidad los estados de Chihuahua y Durango, la parte oeste del estado de Coahuila y la parte del estado de Zacatecas.

AREA NOROESTE

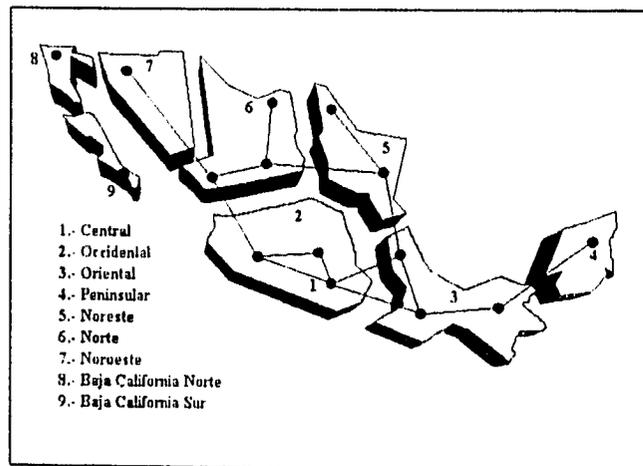
Se encuentra localizada en la parte noroeste del país conformada básicamente por los Estados de Sonora y Sinaloa. En el Estado de Sonora se atienden eléctricamente las Zonas de Nogales, Caborca, Hermosillo, Guaymas, Obregón, Navojoa; y el Estado de Sinaloa; las Zonas Mochis, Guasave, Culiacán y Mazatlán.

AREA BAJA CALIFORNIA NORTE

Se encuentra localizado en la Península de California y suministra energía eléctrica principalmente a las ciudades de Tijuana, Mexicali, Ensenada y San Luis Río Colorado; que representan prácticamente toda el área fronteriza del Estado de Baja California Norte y una pequeña parte de Sonora con los Estados Unidos de América.

AREA BAJA CALIFORNIA SUR

Esta localizada en la península de Baja California con una cobertura desde la ciudad de La Paz hasta Cabo San Lucas hacia el sur y hacia el norte hasta la Cd. de Loreto. En su totalidad el estado de Baja California Sur, se abastece de energía eléctrica por esta área que está integrada por las zonas: La Paz, Villa Constitución, Cabo San Lucas y Loreto que se encuentran interconectadas; y por Guerrero Negro y Santa Rosalía, que operan eléctricamente aisladas del sistema.



Anexo 4

Tarifas de energía eléctrica

Definición

Las tarifas de energía eléctrica son las disposiciones específicas, que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía eléctrica agrupados en cada clase de servicio.

Descripción

Las tarifas se identifican oficialmente por su número y/o letra(s). Para la contratación y demás propósitos internos, las tarifas se denominan invariablemente de acuerdo con su identificación, solamente en los casos en que sea preciso complementar la denominación, adelante de su identificación se escribirá el título de la respectiva tarifa, tal como a continuación se detallan:

Identificación	Título
1	Servicio doméstico.
1-A	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25°C.
1-B	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C.
1-C	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C.
1-D	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C.
1-E	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32°C.
2	Servicio general en baja tensión hasta 25 kW de demanda.
3	Servicio general en baja tensión para más de 25 kW de demanda.
5	Servicio para alumbrado público (aplicable en zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara).
5-A	Servicio para alumbrado público (aplicable a todo el país excepto las zonas descritas en la tarifa anterior).
6	Servicio para bombeo de agua potable o negras de servicio público.
7	Servicio temporal.
9	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola.
0-M	Tarifa Ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 1,000 kW.
H-M	Tarifa Horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 1,000 kW o más.
H-S	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel Subtransmisión..
H-T	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel Transmisión..
H-SL	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel Subtransmisión, para larga utilización.
H-TL	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel Transmisión para larga utilización.
HIS-R	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel Subtransmisión.

continúa...

continuación...

<i>Identificación</i>	<i>Título</i>
HS-RF	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla en alta tensión, nivel Subtransmisión..
HS-RM	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel Subtransmisión.
HT-R	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel Transmisión.
HT-RF	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla en alta tensión, nivel Transmisión.
HT-RM	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para Mantenimiento programado en alta tensión, nivel Transmisión.
I-15	Tarifa para servicio Interrumpible aplicable a usuarios de tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL.
I-30	Tarifa para servicio Interrumpible aplicable a usuarios de tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL.

Clasificación

De acuerdo a su aplicación, las tarifas se clasifican en :

- a) **Específicas:** las tarifas específicas son aquellas que se aplican a los suministros de energía eléctrica utilizados para los propósitos que las mismas señalan; a este grupo corresponden las siguientes: 1, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-E, 5, 5-A, 6 y 9.
- b) **Usos generales:** las tarifas para usos generales, son aquellas aplicables a cualquier servicio eléctrico, exceptuando los específicos antes señalados, salvo el caso de tarifa 6 cuyo uso puede aplicarse la tarifa de uso general que corresponda a las condiciones de suministro. Este grupo comprende las siguientes: 2, 3, 7, O-M, H-M, H-S, H-T, H-SL, H-TL, I-15, I-30.

Tarifa de uso específico	
<i>Tarifa</i>	<i>Descripción</i>
1, 1-A, 1-B, 1-C y 1-D	Tarifas para servicio doméstico en baja tensión; la 1-A, 1-B, 1-C, 1-D y 1-E son particularmente para localidades con clima muy cálido.
5 y 5-A	Tarifa para servicio de alumbrado de calles, plazas, parques y jardines públicos, así como el servicio a semáforos, en alta o baja tensión.
6	Tarifa para servicio de bombeo de aguas potables o negras en baja tensión.
9	Tarifa para los servicios en alta o baja tensión que destinan la energía para el bombeo de aguas utilizada en el cultivo de productos agrícolas.

Tarifas de uso general	
Tarifa	Descripción
2	Para servicios en baja tensión hasta con una demanda de 25 kW.
3	Para servicios en baja tensión con más de 25 kW de demanda.
7	Para servicio temporal en baja o alta tensión. Ningún servicio podrá tener vigencia mayor de 30 días, excepto en los casos de personas o negociaciones que utilicen maquinas de pulir, encerar y lavar pisos, pintar y soldar.
O-M	Servicio general en Media tensión (mayor de 1 kV y hasta 35 kV) con demanda menor de 1,000 kW.
H-M	Servicio general en Media tensión (mayor de 1 kV y hasta 35 kV) con demanda de 1,000 kW o más.
H-S	Servicio general en alta tensión, nivel Subtransmisión, (mayor de 35 kV y menor de 220 kV).
H-T	Servicio general en alta tensión, nivel Transmisión, (igual o mayor de 220 kV).
H-SL	Servicio general en alta tensión, nivel Subtransmisión, para Larga utilización (mayor de 35 kV y menor de 220 kV).
H-TL	Servicio general en alta tensión nivel Transmisión para Larga utilización (igual o mayor de 220 kV).
I-15	Para servicio Interrumpible se aplica a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten adicionalmente inscribirse en este servicio y que tengan una demanda máxima en periodo de punta o base, mayor o igual a 10,000 kW durante los 3 meses previos a la solicitud de inscripción. Se avisa hasta con 15 minutos de anticipación para ser Interrumpida la carga contratada como Interrumpible.
I-30	Para servicio Interrumpible se aplica a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL y H-TL que soliciten adicionalmente inscribirse en este servicio y que tengan una demanda máxima en periodo de punta o base, mayor o igual a 20,000 kW durante los 3 meses previos a la solicitud de inscripción. Se avisa hasta con 30 minutos de anticipación para ser Interrumpida la carga contratada como Interrumpible.

Clasificación de tarifas por estructura

1.- Solo cargos por consumo y cargos fijos

Tarifa 1, 1-A, 1-B, 1-C, 1-D, 1-E, 2, 5, 5-A, 6 y 9

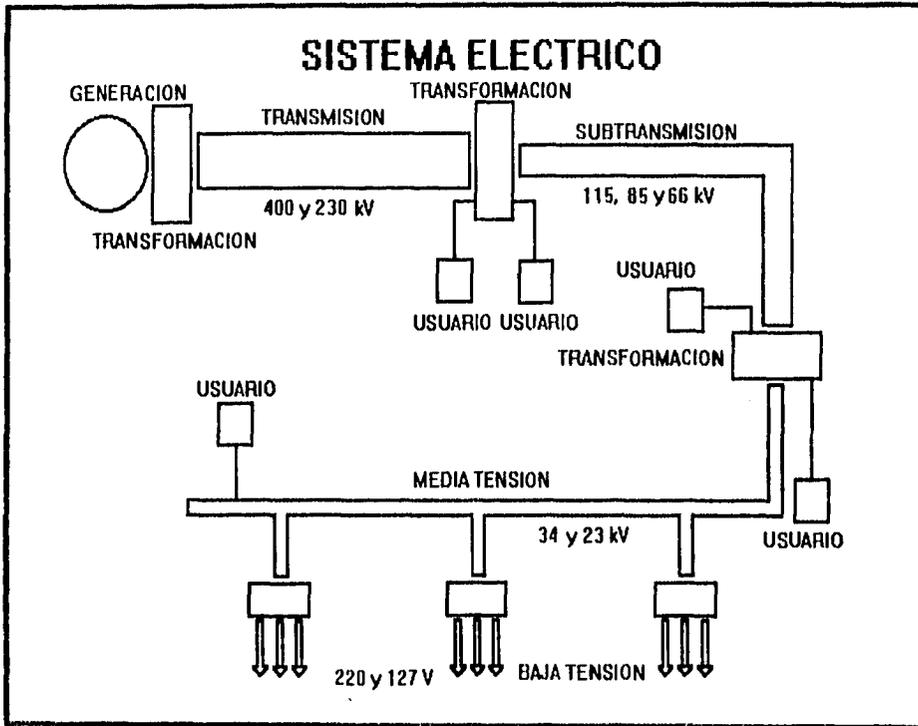
2.- Cargos por consumo y demanda máxima

Ordinarias: 3, 7 y O-M

Horarias: H-M, H-S, H-SL, H-T, H-TL, I-15 e I-30

Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:

- a) Baja tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 kV.
- b) Media tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 kV, pero menores o iguales a 35 kV.
- c) Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio que se suministra a niveles mayores a 35 kV, pero menores a 220 kV.
- d) Alta tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión iguales o mayores a 220 kV.



Anexo 5

Evaluación de Proyectos

Fórmulas básicas:

1. Dado P, encontrar F

$$F = P \times (1+i)^n$$

4. Dado P, encontrar A

$$A = P \times \left[\frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

2. Dado F, encontrar P

$$P = F \times \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

5. Dado A, encontrar F

$$F = A \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right]$$

3. Dado F, encontrar A

$$A = F \times \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

6. Dado A, encontrar P

$$P = A \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \right]$$

donde:

i es la tasa de interés compuesto por periodo

n es el número de periodos

P es la cantidad de dinero en el tiempo presente (tiempo cero)

F es la cantidad de dinero al final de n periodos a partir del tiempo presente que es equivalente a P con una tasa de interés i

A es el pago o percepción de dinero que ocurre al final de cada periodo en una serie uniforme que se presenta en los n periodos; es el equivalente a una cantidad P o a una cantidad F con interés i

Evaluación de alternativas

Las alternativas deben de ser equivalentes y se deben de considerar todos los costos significativos, incluyendo a los iniciales y futuros:

Iniciales

- Diseño
- Equipo
- Instalación

De la energía

- Energía (kWh)
- Demanda (kW)
- Factor de potencia

De mantenimiento

- Reposición
- Limpieza

Los métodos que se pueden utilizar para evaluar alternativas son:

Valor Presente Neto (VPN)

En este método se convierten costos y beneficios a tiempo presente ($t=0$) y se comparan los valores netos de las alternativas

Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)

En este método se comparan las alternativas en función del tiempo que toma que los valores presentes de los costos se igualen a los beneficios

Tasa Interna de Retorno (TIR)

En este método se comparan las alternativas en función de la tasa de retorno que iguala los valores presentes de los costos y los beneficios.

Costo Anualizado Equivalente (CAE)

Es una extensión del Valor Presente Neto. Consiste en convertir el VPN en pagos anuales equivalentes.

Anexo 6

Contaminación Ambiental

Cada kWh que se genera en una planta eléctrica en nuestro país, de acuerdo a datos proporcionados por CFE, ocasiona lo siguiente:

En una Termoeléctrica de Petrolíferos

- 0.68 - 0.80 kg de CO₂
- 0.0017 - 0.0025 kg de NO_x
- 0.0058 - 0.011 kg de SO₂
- 3.6 litros de agua evaporada

En el Sistema Nacional

- 0.458576 kg de CO₂
- 0.00093 kg de NO_x
- 0.00834 kg de SO₂
- 2.35836 litros de agua evaporada

Anexo 7
Nivel, Grado o Monto de Inversiones
en Proyectos de Ahorro de Energía

Denominación	Equivalente en meses o años de facturación en el energético
Mínima	2 meses
Baja	6 meses
Media	1.5 años
Media alta	4-5 años
Alta	12-15 años

Como se observa, cada nivel es aproximadamente tres veces mayor que el precedente

Apéndice **Nueva Normalización**

A. La Ley Federal sobre Metrología y Normalización

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación del 1o. de julio de 1992, otorga a las dependencias según su ámbito de competencia, la facultad para emitir Normas Oficiales Mexicanas (NOM), con la finalidad de establecer características y/o especificaciones que deban reunir los productos o procesos cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales. La facultad que se menciona, conforma a la anterior Ley de la materia, correspondía a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), contando con las dependencias del Ejecutivo Federal pero únicamente como órganos auxiliares.

Se destaca en dicho ordenamiento, la intervención de SECOFI como coordinadora de las actividades de normalización, fungiendo como Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, instituida con el fin de coadyuvar en la política de normalización y permitir la coordinación de actividades que en esta materia corresponda realizar a las distintas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

En materia de normalización la Ley tiene como objetivos, entre otros, los siguientes:

- Fomentar la transparencia y eficacia en la elaboración y observancia de la NOM.
- Establecer un procedimiento uniforme para la elaboración de NOM por parte de las dependencias de la Administración Pública Federal, actuando dentro de su competencia.
- Promover la concurrencia de los sectores público, privado, científico y de consumidores en la elaboración y observancia de la NOM.
- Coordinar las actividades de normalización, certificación, verificación y laboratorios de prueba de las dependencias.
- Establecer el sistema nacional de acreditamiento de organismos de normalización y de certificación, unidades de verificación y de laboratorios de prueba.
- En general, divulgar las acciones de normalización y demás actividades relacionadas con la materia.

Además, establece un procedimiento para que los productos importados sujetos al cumplimiento de la NOM, previa introducción al país se sujeten a un examen técnico para comprobar que sus características y especificaciones están dentro de los parámetros que para dichos productos establecen las NOM.

Cabe agregar, que la Ley asegura el efectivo cumplimiento de las NOM al instituir organismos de certificación, laboratorios de prueba y unidades de verificación, mismos en los que interviene la iniciativa privada, teniendo a su cargo la realización de pruebas e inspecciones para certificar que los productos cumplan con las NOM.

B. El Programa de Normalización

Antes de la publicación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la responsabilidad de preparar, publicar e implantar las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), recaía en la SECOFI. La Ley publicada en julio de 1992, asignó a cada una de las Secretarías, en su ámbito de competencia esta responsabilidad.

Por otra parte, existían en el país desde hace tiempo, Comités Técnicos encargados de preparar las normas voluntarias sobre calidad y especificaciones de diversos materiales y productos. Cabe mencionar los esfuerzos de los diferentes grupos, encabezados por fabricantes, asociaciones, institutos de investigación, que han y siguen participando en estas actividades, para dotar al país de las normas voluntarias y obligatorias necesarias para el desarrollo tecnológico e industrial.

Con la obligación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, surgió la obligación para cada una de las Secretarías involucradas, de participar en la Comisión Nacional de Normalización (CNN) y de integrar los Comités Consultivos Nacionales de Normalización (CCNN) pertinentes, para poder realizar la preparación de las NOM en su ámbito de competencia.

La Ley es muy explícita respecto a la necesidad y conveniencia de que en los CCNN se tenga la mayor participación posible de todos los interesados o de aquellos que resultarán afectados por las normas que preparen en dichos Comités. En tal virtud, en la integración del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), se ha tenido extremo cuidado en que participen los fabricantes de equipos, a través de sus respectivas cámaras, tales como, la Cámara Nacional de la Industria y la Transformación (CANACINTRA) y la Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN), así como institutos de investigación, colegios y asociaciones profesionales y dependencias e instituciones.

De conformidad con las políticas establecidas, el proceso de preparación de las normas en el ámbito del CCNNPURRE se puede calificar de transparente, participativo y de amplia concertación. Esto se ha logrado, mediante la integración de subcomités y grupos de trabajo en los que han participado directamente los fabricantes, a través de sus organizaciones y asociaciones, tales como, la Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos (ANFAD), la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipos para Aire Acondicionado (ANFEAA) y la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME), entre otros.

El CCNNPURRE se constituyó como órgano responsable de la preparación de las Normas Oficiales Mexicanas sobre eficiencia energética, en 1993.

De acuerdo con lo estipulado en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el comité está integrado por:

Dependencias

Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal (ahora Secretaría de Energía SE)
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)
Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)
Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)
Departamento del Distrito Federal (DDF)
Secretaría de Educación Pública (SEP)

Instituciones

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO)
Petróleos Mexicanos (PEMEX)
Comisión Federal de Electricidad (CFE)
Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE)
Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE)
Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
Centro Nacional de Metrología (CENAM)
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN)
Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (CIME)
Federación de Colegios de Ingenieros Civiles de la República Mexicana (FECIC)
Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos (CONIQQ)
Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA)

Para la realización de su Programa de Trabajo, el comité estableció cinco subcomités que a su vez formaron Grupos de Trabajo, tal como se indica a continuación:

Subcomités

- SC1 Normalización de la Eficiencia Eléctrica
- SC2 Normalización de la Eficiencia Térmica
- SC3 Normalización de la Eficiencia Energética en el Transporte
- SC4 Normalización de la Eficiencia Eléctrica en Inmuebles
- SC5 Normalización de la Eficiencia Energética en Equipo Agrícola y para la Construcción

Grupos de Trabajo

- SC1 GT1 Refrigeradores
- GT2 Equipos de Aire Acondicionado
- GT3 Motores
- GT4 Motobombas domésticas
- GT5 Lavadoras de ropa
- GT6 Lámparas de uso residencial
- SC2 GT1 Calderas
- GT2 Aislamientos Térmicos Industriales
- GT3 Calentadores de Agua Domésticos a Gas LP
- SC3 GT1 Promedio de Rendimiento Mínimo de Combustible por Empresa (PREMCE)
- SC4 GT1 Glosario de Términos Energéticos
- GT2 Sistemas de Alumbrado en Edificios No Residenciales
- GT3 Eficiencia Integral en Edificios No Residenciales
- SC5 GT1 Bombas para Servicios Agrícolas y Municipales
- GT2 Pozos de Agua Potable y para Riego en Operación

Estos subcomités y los grupos de trabajo pertinentes se integraron con representantes de todos los sectores involucrados con el objeto de poder realizar su trabajo con la más amplia participación posible. El proceso que se ha seguido dentro de éstos es de concertación, de tal manera que se tomen en cuenta las opiniones de las partes interesadas.

Es conveniente aclarar que en la preparación de los anteproyectos, se han empleado tiempos menores que los usados para el mismo tipo de trabajo en otros países, lo que nos permite asegurar que los niveles de comunicación, trabajo y concertación han sido adecuados; además, tal como lo requiere la Ley, cada una de las NOM está apoyada por una serie de estudios y de los análisis costo-beneficios que indican claramente que tipo de ahorros y ganancias se pueden tener a nivel de fabricantes, usuarios, de la CFE y de PEMEX en su caso.

Por lo que respecta a los usuarios estos tendrán equipos más eficientes que consumirán menos energía y ello se reflejará en los pagos por servicio eléctrico. En el caso de fabricantes, el establecer tecnologías avanzadas en sus plantas lograrán aumentar su productividad y competitividad a nivel nacional e internacional.

La publicación y puesta en vigor de las Normas de Eficiencia Energética promoverá un uso más racional de los recursos energéticos del país, aunado al hecho de que al reducirse la demanda de capacidad instalada para la CFE se podrán aplazar inversiones y dedicar parte del mismo presupuesto a otras actividades prioritarias.

A nivel del país, la normativa sobre eficiencia energética junto con una campaña de información y promoción que acompañe a la implantación de las normas y que indique las acciones que se deban seguir para obtener un máximo beneficio de ellas, contribuirá al desarrollo de una cultura de ahorro tan necesaria en la época actual.

Al mejorarse la eficiencia energética de los equipos, se podrá competir en condiciones más favorables en la exportación de ellos, lo que redundará en una mejor competitividad de nuestros fabricantes y un ingreso mayor de divisas para el país.

C. Normas relacionadas con el uso de la energía eléctrica en edificios

Como ya se mencionó anteriormente, a raíz de que se emitió la Ley Federal sobre Metrología y Normalización se empezaron a elaborar Normas que contribuyeran y obligaran a hacer un uso eficiente de la energía, de las relacionadas con el uso eficiente de la energía eléctrica en los edificios, se han emitido las siguientes:

- NOM-001-SEMP-1994
Relativa a las Instalaciones Destinadas al Suministro y Uso de la Energía Eléctrica

En esta Norma se dan los lineamientos y especificaciones a seguir, para hacer instalaciones eléctricas en cualquier construcción que haga uso de la misma.

- NOM-082-SCFI-1994
Sistemas de Alumbrado en Edificios No Residenciales.

En esta Norma se especifican los valores máximos permisibles de Densidad de Potencia de Energía para Alumbrado en Edificios no Residenciales (W/m^2).

D. Uso de la energía eléctrica en el mundo

De la misma manera en que se han desarrollado diversas estrategias para el ahorro y uso eficiente de la energía a nivel mundial, el catalizador para el desarrollo e integración de normas de eficiencia energética para edificios fue la crisis petrolera de la década de los 70's. Para ese entonces, pocos países tenían disposiciones legales que involucraban el uso de la energía en edificios; sin embargo, esta normatividad era muy simplista y se refería básicamente a recomendaciones para el aislamiento térmico de los inmuebles.

Durante las dos últimas décadas, el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de cálculo, el aprovechamiento de las computadoras y estudios e investigaciones orientadas a las diferentes formas de uso de la energía en edificios han permitido sustentar los análisis para la implementación de normas de eficiencia energética aplicables a edificios.

Actualmente, al menos 40 países tienen algún mecanismo para fomentar el uso eficiente de la energía en edificios, ya sea a través de programas voluntarios o por medio de la aplicación de normas obligatorias. Adicionalmente, otras 6 naciones están desarrollando su propia legislación en materia energética para edificios. Los impactos adversos en los campos ambiental y económico que conlleva el crecimiento ilimitado de la demanda de energía eléctrica hacen imperioso el impulsar el desarrollo de este tipo de normas a nivel nacional e internacional.

Una revisión de las políticas energéticas impulsadas por la Asociación Internacional de la Energía (IEA) indica que los países miembros de la misma han adoptado como práctica común la actualización y desarrollo de normas de energía para edificios. Algunos países que ya cuentan con códigos energéticos, como es el caso de Suecia, han incrementado el rigor técnico de su propia normatividad mientras que otras naciones han enfocado sus acciones al fortalecimiento de su marco legal; así, en 1992 Holanda convirtió sus guías voluntarias en normas de obligatoriedad a nivel nacional.

Muchos países que en la actualidad no cuentan con normas energéticas para edificios están trabajando en la adquisición de datos e información que permitan respaldar la conveniencia de su implantación. Auditorías efectuadas en inmuebles del gobierno de la India estiman un potencial de ahorro de energía eléctrica del 33%, que puede ser alcanzado mediante la modificación de las formas de operación así como con la incorporación de nuevas tecnologías ya existentes en el mercado, cuyos periodos de recuperación no exceden de 9 meses. De la misma manera evaluaciones provenientes de la ex-Unión Soviética indican que es posible ahorrar hasta 25% del consumo anual de la energía eléctrica de los edificios ya existentes en esta nación y hasta el 50% de la misma en las nuevas construcciones.

Es creciente la preocupación que la Comunidad Económica Europea (CEE) ha manifestado para establecer códigos energéticos aplicables entre sus países miembros. En los años de 1975, 1980 y 1987 se han publicado estudios que reflejan el decidido apoyo que la CEE ha brindado para el desarrollo y actualización de normas energéticas para edificios.

La International Standards Organization (ISO) nunca ha tenido un comité técnico encargado del desarrollo de normas de diseño y operación de edificios; sin embargo, la ASHRAE ha propuesto a los directivos de ISO la creación del mismo, con el propósito de consolidar los esfuerzos realizados a nivel internacional e impulsar el desarrollo del marco normativo para edificios en países que aun no emprenden acciones en este campo.

Una forma de comparar el uso de la energía eléctrica en México con respecto al mundo en general es utilizando los valores de potencia límite máxima permisible por unidad de superficie expresada en Watts/m^2 para los distintos tipos y actividades de edificios.

Uso de la energía eléctrica en edificios de Estados Unidos

Estados Unidos de Norteamérica es un país líder tecnológico en lo que se refiere a la sistematización, metodología, desarrollo y verificación de normatividades en éste ámbito, por lo que a continuación se presenta una comparación para alumbrado interior, de algunos tipos de edificios, entre el código actual del Department of Energy (DOE-93) y el código de la ASHRAE de 1990 (ASHRAE/DOE 1990).

En los Estados Unidos cada Estado tiene sus propios códigos, en lo que se refiere a los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado; la mayoría de los códigos establecen valores muy similares a los de ASHRAE, con sus propias particularidades, como por ejemplo en los Estados de Massachusetts, Nueva York, Minnesota, entre otros.

Otro código que se utiliza en los Estados Unidos es el NMC (Normas Modelo de Conservación) que cubre los Estados de Idaho y Montana, entre otros, estableciendo un valor de DPEA para oficinas de 10.76 W/m^2 .

En el Estado de Washington el valor que se utiliza para edificios de oficinas es de 18.3 W/m^2 .

* El valor en Sistema Inglés es de 1.5 W/ft^2

** El valor en Sistema Inglés es de 1.7 W/ft^2

Rangos de área iluminada (m ²)						
Tipo de edificio/área Función	0 a 185 ^{***}	186 a 929	930 a 2323	2324 a 4647	4648 a 23237	mayores a 23237
Servicio de comida						
ASHRAE 90/DOE	1.50	1.34	1.34	1.32	1.31	1.30
DOE 93	0.92	0.85	0.82	0.81	0.81	0.80
Cena de placer/bar						
ASHRAE 90/DOE	2.20	1.91	1.71	1.56	1.46	1.40
DOE 93	1.60	1.56	1.52	1.48	1.44	1.40
Oficinas						
ASHRAE 90/DOE	1.90	1.81	1.72	1.65	1.57	1.50
DOE 93	1.40	1.34	1.27	1.22	1.16	1.11
Plaza Comercial						
ASHRAE 90/DOE	1.60	1.58	1.52	1.46	1.43	1.40
DOE 93	0.69	0.68	0.65	0.63	0.61	0.60
Escuelas						
ASHRAE 90/DOE	1.80	1.80	1.72	1.65	1.57	1.50
DOE 93	1.33	1.33	1.27	1.22	1.16	1.11
Almacenes/depósitos						
ASHRAE 90/DOE	0.80	0.66	0.56	0.48	0.43	0.40
DOE 93	0.60	0.50	0.42	0.36	0.32	0.30

*Densidades de Potencia de Alumbrado Permisibles
(Watts/m², ASHRAE/IES 90.1 y DOE 1993)*

California

Uno de los Estados que está bastante desarrollado en esta materia es el de California. La Comisión de Energía de California adoptó un nuevo código para edificios publicado en mayo de 1991, cuya vigencia inició en julio de 1992. El código exige el cumplimiento de las disposiciones de diseño y operación en él consignadas bajo tres modalidades o métodos a escoger:

- a) el método del edificio completo
- b) el método detallado
- c) el método de categoría de área

^{***} En la Norma los valores que se utilizan están en ft², pero se hizo la conversión para mayor claridad.

El método de edificio completo es aplicable a edificios con un uso final. El código muestra los valores de DPEA para cada uno de los 11 tipos de edificios considerados, sin importar el tamaño del edificio, como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
Edificios de trabajo generales comerciales e industriales	12.9
Tiendas de abarrotes	19.4
Edificios de almacenamiento industrial y comercial	8.6
Edificios médicos y clínicas	16.1
Edificios de oficinas	16.1
Iglesias, auditorios y centros de convenciones	21.5
Restaurantes	16.1
Tiendas de menudeo y mayoreo	21.5
Escuelas	19.4
Teatros	16.1
Todos los demás	8.6

Método de edificio completo.

California. Título 24. Valores de DPEA permisibles

Cuando los edificios tienen muchas áreas de uso final se debe usar el método de categorías de área o el método detallado.

Bajo el método de categoría de área el código especifica DPEA's para 22 funciones y, bajo el método detallado se proporcionan DPEA's para nueve categorías de iluminancia correspondientes a tipos de tareas particulares.

E. El caso de México

En México se desarrolló el Proyecto de Norma NOM-082-SCFI de Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales, que se aplica a sistemas de alumbrado interior y exterior para uso general de los edificios nuevos no residenciales con carga mayor de 20 kW y ampliaciones también mayores de 20 kW en edificios no residenciales ya existentes:

- Edificios para oficinas
 - Oficinas públicas
 - Oficinas privadas
- Edificios para escuelas y demás centros docentes (escuelas)
- Edificios para establecimientos comerciales (comercios)
 - Tiendas departamentales
 - Tiendas de autoservicio
 - Tiendas de especialidades
- Edificios para hospitales y clínicas
- Edificios para hoteles y moteles
- Edificios para restaurantes y cafeterías

Esta Norma no se aplicará en los lugares que por su función tienen instalaciones especiales y muy particulares, por ej. centros de baile, estudios de grabación, salas especializadas de hospitales, anuncios luminosos, etc.

Los valores máximos permisibles de DPEA, que establece este Anteproyecto son los siguientes:

TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA (W/m ²)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16.0	1.8
Escuelas	16.0	1.8
Hospitales	14.5	1.8
Hoteles	18.0	1.8
Restaurantes	15.0	1.8
Comercios	19.0	1.8
Bodegas o áreas de almacenamiento *	8.0	
Estacionamientos interiores *	2.0	

* Sólo áreas que formen parte de los edificios cubiertos por esta Norma

Estos datos son muy similares a los establecidos en Código ASHRAE 90.1 y al Título 24 de CEC, de Estados Unidos, pero como ya se mencionó, es solo para edificios nuevos o remodelaciones que cumplan ciertas características, por lo que es necesario realizar diagnósticos energéticos en los inmuebles ya construidos para detectar áreas de oportunidad y poder reducir los consumos energéticos actuales.

Cálculo y criterios que se deben considerar para determinar el DPEA

Para calcular el DPEA se deben seguir los siguientes criterios:

- Si el edificio es diseñado y construido para un uso único, se considera la DPEA máxima permisible de acuerdo a la tabla anterior.
- Si el edificio es diseñado y construido para más de un uso (mixto), las DPEA se calcularán por separado.
- Si el edificio es diseñado y construido para usos no contemplados en el Campo de Aplicación de ésta Norma, la DPEA utilizada dependerá del uso predominante de la superficie.

$$DPEA = \frac{\text{Carga Total Conectada para Alumbrado}}{\text{Area Total Iluminada}}$$

donde:

DPEA está dado en W/m²

Carga Total Conectada para Alumbrado está dado en Watts

Area Total Iluminada está dado en m²