

01126
63
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**"DIAGNOSTICO ENERGETICO Y
AHORRO DE ENERGIA EN UN
EDIFICIO DEL GOBIERNO FEDERAL"**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
PRESENTA:
MIGUEL ANGEL GARCIA ORTIZ**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. ARTURO MORALES COLLANTES
CODIRECTOR DE TESIS: ING. GUILLERMO GONZALEZ MILLA**



MEXICO, D.F.

1997



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.

*Diagnóstico Energético y
Ahorro de Energía en un
Edificio del Gobierno Federal*

Miguel Angel / *García Ortiz*
Mayo 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

INDICE GENERAL

INTRODUCCION

1

CAPITULO 1. AHORRO DE ENERGÍA Y DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS.

1.1	Panorama Energético en México	4
1.1.1	Producción Primaria	4
1.1.2	Centros de Transformación	5
1.1.3	Consumo Nacional de Energía	6
1.1.4	Consumo Final Total	7
1.1.5	Consumo Final Energético por Sectores	7
1.2	Ahorro de Energía	8
1.2.1	Objetivo del Programa de Ahorro de Energía	9
1.2.2	Etapas del Programa de Ahorro de Energía	10
1.3	Diagnóstico Energético	13
1.3.1	Definición	13
1.3.2	Objetivos	14
1.3.3	Tipos de Diagnósticos Energéticos	14
1.3.4	Metodología de Diagnósticos Energéticos	16
1.4	Ahorro de Energía en Edificios	20
1.4.1	Clasificación de Edificios	22
1.4.2	Tipos de Edificios	22
1.4.3	Formas de Uso de la Energía por Tipo de Edificio	23
1.4.4	Tarifas Eléctricas	24
1.4.5	Estructura de las Tarifas	26
1.4.6	Clasificación y Descripción de las Tarifas	26

CAPITULO 2. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN EN CAMPO PARA DIAGNÓSTICOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

2.1	Medición del Consumo de Energía Eléctrica	29
2.1.1	Identificación de los Puntos de Medición	31
2.1.2	Determinación de las Variables Eléctricas a monitorear	32
2.1.3	Período de Monitoreo	39
2.1.4	Recolección de Información	39
2.1.5	Análisis de Información Obtenida	40
2.1.6	Equipo Principal Utilizado	41
2.1.7	Equipos Auxiliares	46
2.1.8	Diagnóstico del Sistema de Alumbrado	47

CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍA Y ACCIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN INMUEBLES.

3.1	Ahorro de Energía en Iluminación	53
3.1.1	Tecnología en Lámparas	53
3.1.1.1	Lámparas Incandescentes	53
3.1.1.2	Lámparas Fluorescentes	54
3.1.2	Balastos Ahorradores de Energía	58
3.1.3	Luminarios	60
3.2	Transformadores	63
3.2.1	Acciones de Ahorro de Energía en Transformadores	63
3.2.2	Acciones de Inversión para el Ahorro de Energía en Transformadores	64
3.3	Ahorro de Energía en Motores	64
3.3.1	Chumaceras	65
3.3.2	Reembobinado de Motores	65
3.3.3	Motores de Alta Eficiencia	66
3.3.4	Acciones de Inversión para el Ahorro de Energía en Motores	67
3.4	Ahorro de Energía en los Sistemas de Aire Acondicionado	67
3.4.1	Sistemas de Control Ambiental	67
3.4.2	Sistemas de Tuberías	69
3.4.3	Sistema de Ductos	69
3.4.4	Bombas de Calor	70
3.5	Control de Iluminación	70
3.5.1	Criterios básicos de diseño	71
3.5.2	Programación de Encendido y Apagado	71
3.5.3	Características de los equipos programadores	72
3.5.4	Tipos de controles	72
3.6	Mantenimiento	74
3.6.1	Niveles de Mantenimiento	75
3.6.2	Mantenimiento del Sistema de Iluminación	75
3.6.3	Acciones de Mantenimiento a Transformadores	77
3.6.4	Acciones de Mantenimiento a Motores	78
3.6.5	Acciones de Mantenimiento al Sistema de Aire Acondicionado	79

CAPÍTULO 4 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL EDIFICIO PRISMA DE LA LOTERÍA NACIONAL.

4.1	Objetivo	81
4.2	Diagnóstico Energético	81
4.2.1	Identificación del Edificio	81
4.2.2	Recopilación de la Información	81
4.2.3	Facturación	82
4.2.4	Censo de Cargas	82
4.2.5	Diagrama Unifilar	84

4.2.6	Monitoreo de las Variables Eléctricas	88
4.2.7	Resultado de las Mediciones	89
4.2.8	Inspección Física de las Instalaciones	90
4.2.9	Medición de Iluminancias	91
4.2.10	Identificación de Problemas	92
4.3.	Propuestas para el Ahorro de Energía en el Edificio Prisma de la Lotería Nacional	93
4.3.1	Acciones de Nula Inversión	93
4.3.2	Acciones de Inversión	95

CAPITULO 5 EVALUACIÓN TÉCNICO - ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE AHORRO DE ENERGÍA.

5.1	Sistema de 2 x 17 Watts	98
5.2	Adquisición de un Banco de Capacitores para regular el FP	103
5.3	Reemplazo del Motor de 200 Hp por un Motor de Alta Eficiencia	104

CONCLUSIONES 108

BIBLIOGRAFÍA 110

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Hasta antes de la primera crisis energética de 1973, la situación prevaleciente en el mercado mundial del petróleo permitió obtener grandes cantidades de hidrocarburos a precios muy bajos. Anteriormente se utilizaban tecnologías y procesos que no consideraban como un factor importante la eficiencia en el consumo llegando a representar en algunos casos, un verdadero derroche de energéticos.

En México hasta finales de la década de los ochenta, la evolución del Sector Energético se había concentrado en la expansión de la oferta de energía y en el desarrollo de los recursos humanos e institucionales correspondientes.

Cuando se habla de ahorro de energía nos referimos a la energía eléctrica y a los energéticos como el petróleo, gas, carbón y no consideramos que el uso racional de estos energéticos puede reducir el deterioro ecológico y ayuda a conservar los recursos no renovables, considerando que todos los habitantes del planeta compartimos un final común.

Los potenciales técnicos y económicos de ahorro de energía y uso eficiente de un país están determinados por las condiciones de la infraestructura de la producción, transporte, distribución y uso final de esta energía.

La energía eléctrica es insumo fundamental de todos los procesos productivos, y es también, para la sociedad en su conjunto, un satisfactor indispensable del bienestar.

El ahorro de energía actualmente ha cobrado tal importancia que en la mayor parte del mundo existen comisiones reguladoras para ello, tal es el caso de nuestro país, en donde la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) tiene por funciones la de concebir y promover estrategias y acciones, la de fomentar la realización de estudios, así como la difusión de las tecnologías más avanzadas en materia de ahorro y uso eficiente de la energía.

El Diagnóstico Energético de instalaciones eléctricas constituye un primer paso en el desarrollo de programas integrales de uso y ahorro de energía; permite conocer la situación previa sobre cómo se utiliza la electricidad en las instalaciones y procesos de un usuario particular, el nivel de eficiencia global y segregado con que ésta se utiliza en los diferentes sistemas y equipos.

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 ya que en ellos se realizan todo tipo de actividades relacionadas al desarrollo de un país.

El presente trabajo está enfocado al uso de la energía eléctrica en inmuebles aplicado particularmente al Edificio Prisma de la Lotería Nacional.

En el capítulo 1 se presenta un panorama general de la situación actual del sector energético en México, asimismo la realización de Diagnósticos Energéticos y Programas de Ahorro de Energía.

El capítulo 2 comprende la metodología de medición en campo para la realización de Diagnósticos Energéticos a inmuebles que incluye la medición de variables eléctricas y niveles de iluminación.

En el capítulo 3 se describe la tendencia actual en los sistemas y equipos que operan con mayor eficiencia y permiten un ahorro de energía, además se comentan las acciones que se pueden llevar a cabo para lograr ahorros de energía eléctrica.

En el capítulo 4 se presenta información obtenida de la aplicación del Diagnóstico Energético a un edificio gubernamental, en este caso, el edificio Prisma de la Lotería Nacional. Se identifican las oportunidades de ahorro de energía y se enumeran las propuestas basadas en los principales problemas encontrados de mal uso de la energía.

En el capítulo 5 se analizan las propuestas técnica y económicamente para determinar la relación costo/beneficio de dichas propuestas y si son realmente atractivas para su implementación.

Finalmente se concluirá y recomendará de acuerdo a los beneficios y a la problemática para la realización de trabajos de ahorro de energía en este tipo de inmuebles.

Capítulo 1

Ahorro de Energía y Diagnósticos Energéticos.

1.1. Panorama Energético en México (1994).

1.1.1. Producción Primaria.

En 1994 la producción nacional de energía primaria totalizó 2,446,443.023 GWh, cifra inferior en 0.4 por ciento con respecto al año anterior. En términos generales, el decremento mostrado se debió a la menor producción de petróleo crudo, condensados, nucleoenergía, geoenergía, hidroenergía y bagazo de caña.

En términos de estructura, los hidrocarburos se mantuvieron como la principal fuente en la producción de energía primaria, aumentando su participación en un 90.7 por ciento, debido fundamentalmente al crecimiento de 7.0 por ciento observado en la producción de gas no asociado, así como el aumento de 1.3 por ciento en el gas asociado. Por el contrario, la producción de condensados decreció en 6.7 por ciento y la del petróleo crudo lo hizo en 0.4 por ciento.

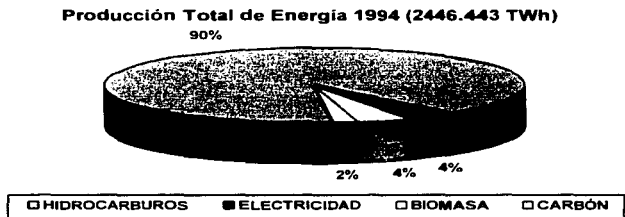


Figura 1.1

La producción de electricidad disminuyó su participación en el total en 0.8 puntos porcentuales, para ubicarse en 3.6 por ciento, reflejando la disminución de las tres fuentes tradicionales: la hidroenergía en 24 por ciento, la nucleoenergía en 10.0 por ciento. Por su parte, la energía eólica, que se incorporó en este año a la estructura de la producción registró 11.628 GWh, cifra no significativa en la producción total de energía primaria.

Finalmente, el incremento de 33.7 por ciento en la producción de carbón provocó que en 1994 su participación se elevara a 2.0 por ciento del total.

Durante 1994 la hidroenergía participó con 66.3 por ciento de la producción de electricidad primaria, para ubicarse en 57.907 GWh, la geoenergía lo hizo en 18.5 por ciento para registrar 16.162.8 GWh, mientras que la nucleoenergía participó con 15.2 por ciento y alcanzó 13.255.814 GWh, y la energía eólica que no fue significativa arrojó 11.628 GWh.

La oferta interna bruta tiene dos destinos principales. En el primero de ellos, la energía se canaliza hacia los centros de transformación y en el segundo se utiliza directamente por el consumidor final. Una pequeña parte de la energía primaria es consumida por el propio sector energético o se pierde en los procesos de transporte, distribución y almacenamiento.

La energía primaria destinada directamente al consumo final totalizó 107.907 TWh, los centros de transformación por su parte, absorbieron el 91.9 por ciento de la energía primaria disponible, al procesar 1.472.441 TWh y por último, el sector energético procesó 9.534 TWh.

	1993 TWh	1993 %	1994 TWh	1994 %	Variación porcentual 1994/1993
total	2.456.767	100.0	2.446.443	100.0	-0.4
carbon	37.833	1.5	50.587	2.0	33.7
hidrocarburos	2.218.278	90.3	2.218.56	90.7	n.s.
petróleo crudo	1713.5	69.7	1707.481	69.8	-0.4
condensados	44.315	1.8	41.358	1.7	-6.7
gas no asociado	58.645	2.4	62.774	2.6	7.0
gas asociado	401.825	16.4	406.946	16.6	1.3
electricidad	107.94	4.4	87.357	3.6	-19.1
nucleoenergía	14.739	0.6	13.269	0.5	-10.0
geoenergía	17.057	0.7	16.169	0.7	-5.2
hidroenergía	76.143	3.1	57.905	2.4	-24.0
energía eólica			0.01628	n.s.	
Biomasa	92.716	3.8	89.938	3.7	-3.0
bagazo de caña	24.821	1.0	21.61	0.9	-12.9
leña	67.895	2.8	68.328	2.8	0.6

Tabla 1.1 Producción de energía primaria

1.1.2. Centros de Transformación.

En 1994 la capacidad primaria de refinación de crudo totalizó 1,520 miles de barriles diarios (MBD) distribuidos en seis refineries. Para el procesamiento de gas natural y condensados se tuvo una capacidad nominal de 1,300 millones de pies cúbicos diarios (MMPCD) de absorción y 3,479 MMPCD de plantas criogénicas.

Generación de Energía Eléctrica.

En diciembre de 1994, la capacidad instalada para la generación de electricidad ascendió a 31649 Megawatts (MW), de los cuales 60.7 por ciento correspondió a centrales térmicas convencionales, el 28.8 por ciento a hidroeléctricas, el 6.0 por ciento a carboeléctricas, el 2.4 por ciento a geotérmicas, el 2.1 por ciento a la central nucleoelectrica y una parte no significativa de energía eólica.

En las centrales eléctricas se transformó el 8.3 por ciento del total, que significó 123.023 TWh. En las plantas hidroeléctricas se convirtieron 57.907 TWh, las plantas geotérmicas procesaron 16.168 TWh, en la central nucleoelectrica se transformaron 13.255 TWh, en las carboeléctricas 35.697 TWh de carbón térmico y en las plantas eólicas se transformaron 11.628 GWh.

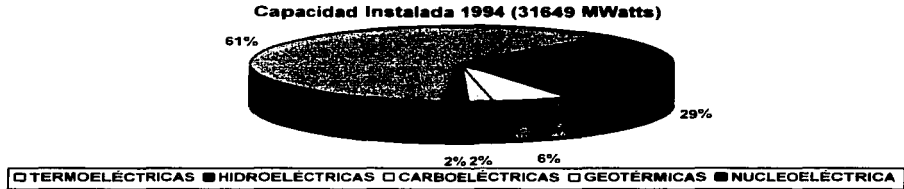


Figura 1.2

Como resultado de las transformaciones en termoeléctricas convencionales se obtuvieron 94.651 TWh de electricidad, las que adicionadas al resto de la generación por otras fuentes arrojaron un total de 137.558 TWh de electricidad, cifra que representó el 9.3 por ciento del total de la energía obtenida en la transformación.

Las pérdidas por transformación en las centrales eléctricas ascendieron a 259.651 TWh; el 81.3 por ciento se registró en plantas térmicas convencionales, incluyendo la nucleoeléctrica; y el 18.7 por ciento en centrales hidroeléctricas, geotérmicas y de energía eólica. En conjunto las centrales del sistema eléctrico nacional tuvieron una eficiencia de 34.6 por ciento, 0.1 puntos porcentuales superior a la observada en 1993.

año	total (TWh)	gas natural (TWh)	combustóleo (TWh)	diesel (TWh)	carbón (TWh)	uranio (TWh)
1990	257.115	39.91	183.126	4.334	21.119	8.624
1991	271.125	46.904	184.897	4.775	21.793	12.754
1992	263.454	43.496	182.312	3.417	22.603	11.624
1993	274.139	42.594	184.859	3.257	28.689	14.739
1994	323.131	50.005	220.54	3.693	35.622	13.269

Tabla 1.2 Consumo de combustibles para la generación de electricidad

año	Capacidad Instalada (MW)						total
	hidroeléctrica	termoeléctrica	geotermoeléctrica	carboeléctrica	nucleoeléctrica	energía eólica	
1990	7805	14919	700	1200	675	---	25299
1991	7932	16272	720	1200	675	---	26799
1992	7932	16531	730	1200	675	---	27068
1993	8171	17718	740	1900	675	---	29204
1994	9121	19198	753	1900	675	2	31649

Tabla 1.3

1.1.3. Consumo Nacional de Energía.

Durante 1994 el consumo nacional de energía registró la cifra de 1,652.558 TWh, cantidad superior en 3.6 por ciento a la obtenida en 1993. El sector energético utilizó 493.837 TWh, 29.9 por ciento de la energía empleada, mientras que 1,158.72 TWh, 70.1 por ciento del total, se destinaron al consumo final total.

El consumo final no energético representó el 9.1 por ciento del consumo final total, mientras que los usos energéticos representaron el 90.9 por ciento. El consumo nacional de energía por habitante fue de 18.372 MWh, cifra 1.7 por ciento superior a la registrada en 1993.

1.1.4. Consumo Final Total.

En 1994 el consumo final total de energía fue de 1,158.721 TWh, cifra que representa un aumento de 3.7 por ciento respecto al año anterior. El uso no energético creció en 3.8 por ciento respecto a la cantidad registrada en 1993, al pasar de 101.628 a 105.465 TWh. El consumo final energético paso de 1,015.814 a 1,053.255 TWh entre 1993 y 1994. lo que representó una variación anual de 3.7 por ciento.

En conjunto, los derivados de los hidrocarburos participaron con 79.3 por ciento del consumo final energético, la electricidad con 10.4 por ciento y el 10.3 por ciento restante lo conformaron la leña, el coque y el bagazo de caña.

1.1.5. Consumo final energético por sectores.

Durante 1994 continuó observándose el predominio del sector transporte en el consumo final energético, al incrementar su participación a 40.5 por ciento, mientras que el sector industrial se ubicó en 34.6 por ciento; por su parte; el agregado conformado por el sector residencial, público y comercial registró una participación de 22.5 por ciento y finalmente, el sector agropecuario con 2.4 por ciento.



Figura 1.3

Sector Industrial.

La industria consumió un total de 364.418 TWh en 1994, superando en 4.1 por ciento a la cantidad registrada el año anterior. De este total, el 47.0 por ciento correspondió al gas natural, 19.5 por ciento a combustóleo, 16.2 por ciento a la electricidad, 5.7 por ciento a coque, 5.3 por ciento a bagazo de caña, 4.7 por ciento a diesel, 1.5 por ciento a gas licuado y el 0.1 por ciento restante lo conformaron las kerosinas.

Sector Transporte.

En 1994 el sector transporte aumentó su consumo de energía en 4.1 por ciento respecto al año anterior, sumando 426.976 TWh. De este total, las gasolinas aportaron el 66.8 por ciento, el diesel 24.9 por ciento, las kerosinas el 6.8 por ciento, el gas licuado 1.2 por ciento, la electricidad el 0.2 por ciento y el combustóleo 0.1 por ciento.

Por tipo de energético destaca el incremento en el consumo de kerosinas de 12.3 por ciento en relación a la cifra registrada el año anterior, las gasolinas crecieron en 4.8 por ciento. Entre los energéticos que registraron menores incrementos están el gas licuado con 0.9 por ciento, el combustóleo con 0.7 por ciento y el diesel con 0.5 por ciento.

Sector Residencial, Comercial y Público.

En 1994 el sector residencial, comercial público consumió 236.86 TWh, cifra superior en 3.5 por ciento con respecto al año anterior.

Para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos, iluminación, calefacción, calentamiento de agua y alumbrado público, entre otros, se utilizaron el gas licuado, que participó con 43.4 por ciento del total, la leña con el 28.9 por ciento, la electricidad con 18.1 por ciento, el gas natural con 4.7 por ciento, el combustóleo con 4.1 por ciento y las kerosinas y el diesel que aportaron el 0.8 por ciento en forma conjunta.

Sector Agropecuario.

El sector agropecuario consumió 24.883 TWh en 1994, 7.1 por ciento menor a la cifra registrada en 1993.

Los energéticos utilizados fueron el diesel, que participó con 68.5 por ciento, la electricidad con 26.4 por ciento, las kerosinas con 3.8 por ciento y el gas licuado con 1.3 por ciento.

1.2. Programas de Ahorro de Energía.

Durante los últimos años, las empresas han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un rubro importante en la misma. Debido al incremento paulatino en su precio, han tenido que enfrentar el reto de disminuir la participación de los energéticos o por lo menos mantener su mismo nivel de costos. Para ello es necesario conocer el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos de la planta y determinar las acciones pertinentes para abatir los costos de producción por concepto de energía sin afectar la calidad ni la cantidad de la producción.

La experiencia en la aplicación de los Programas de Ahorro de Energía ha demostrado que con el incremento de la eficiencia energética se obtienen beneficios económicos adicionales al costo de los energéticos ahorrados, junto con la posibilidad de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes.

En una empresa en donde nunca se ha realizado un diagnóstico energético se pueden tener ahorros de un 10 al 25%. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

1. ¿En dónde y cómo encontrar los ahorros de energía?
2. ¿Qué acciones proporcionarán buenos resultados y cuáles no?
3. ¿Cómo formar un programa efectivo de ahorro de energía?
4. ¿Cómo llevar a cabo auditorías energéticas?
5. ¿Cómo presentar los resultados obtenidos?

La mayoría de las oportunidades de ahorro de energía se pueden realizar con tiempos de retorno de la inversión menores a dos años y algunos de estos proyectos resultarán ser sin inversión.

1.2.1. Objetivo del Programa de Ahorro de Energía.

El objetivo de un Programa de Ahorro de Energía es el de reducir el desperdicio (ahorro), la mejor utilización de los energéticos por su parte de los consumidores y la sustitución de energéticos, es decir, este programa se enfoca en la empresa la más alta eficiencia en el consumo, distribución, transformación y conversión de energéticos.

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está utilizando. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía, al que generalmente se le conoce como **Diagnóstico Energético**.

El Diagnóstico Energético es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía, sin embargo no podría por sí solo alcanzar ahorros significativos y a largo plazo sin el respaldo de un Programa de Ahorro de Energía dentro de la empresa.

Tal programa asegura la infraestructura técnica, administrativa y financiera para llevar a cabo con éxito las medidas tanto de conservación, uso eficiente y sustitución energética, como de ahorro de energía.

Para desarrollar con éxito un Programa de Ahorro de Energía en una empresa deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Compromiso en recursos y tiempo tanto de alta Gerencia como del personal de la empresa para implementar y desarrollar el Programa de Ahorro de Energía con esfuerzo permanente.
- Debe existir una base de datos consistente, sobre los consumos energéticos de la empresa.
- Los proyectos viables deben ser evaluados de acuerdo a las normas y técnicas financieras de la empresa.

En resumen un Programa de Ahorro de Energía en una empresa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo, que se integre a la administración diaria de la empresa, mientras que el diagnóstico energético representa una intervención temporal y un parámetro para determinar el alcance logrado en las medidas de ahorro.

En realidad no puede existir uno sin el otro: por un lado el Programa de Ahorro de Energía sienta las bases y desarrolla un plan de acción para el Diagnóstico Energético y por otro aunque el diagnóstico identifique ahorros potenciales, solamente dentro del contexto de un Programa de Ahorro de Energía bien estructurado pueden realizarse y alcanzarse tales ahorros.

1.2.2. Etapas del Programa de Ahorro de 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 de seguir una serie de etapas:

1. Compromiso de la Gerencia.
2. Recopilación de Información y Análisis.
3. Diagnóstico Energético.
4. Capacitación del Personal.
5. Organización del Programa.
6. Planeación del Presupuesto para Inversiones Requeridas.
7. Realización de Proyectos.
8. Seguimiento, Control y Evaluación.

Compromiso de la Gerencia.

Cualquier Programa de Ahorro de Energía que pretenda alcanzar los objetivos y las planeadas en su implementación inicial, requiere como premisa, el compromiso de la alta Gerencia de la Empresa, no sólo para iniciar el programa sino para asegurar su ejecución, calidad y garantía de continuidad.

Las áreas específicas de compromiso de la alta gerencia deberán incluir los siguientes aspectos:

- Constituir un Comité de Ahorro de Energía responsable de implementar y coordinar el Programa de Ahorro de Energía en la empresa.
- Nombrar a una persona responsable del comité con la jerarquía y autoridad suficiente para garantizar la ejecución del programa.
- Establecer metas de ahorro de energía dentro de la empresa.
- Comprometer recursos tanto económicos como humanos, para poder soportar el Programa de Ahorro de Energía.

Recolección de Datos y Análisis.

Para estructurar eficientemente el Programa de Ahorro de Energía dentro de la empresa, se deberá contar con una base de datos completa y detallada de los consumos energéticos. Esta base de datos será fundamental dentro del programa, tanto para definir áreas de oportunidad hacia donde se priorizarán recursos, como para realizar el seguimiento y control del mismo y evaluar el logro de los ahorros esperados.

La recolección de datos estará enfocada al consumo mensual de electricidad y combustibles de la empresa. Estos datos permitirán elaborar información gráfica que describirá y aportará índices de variación mensual, lo cual implica ya un primer ejercicio de análisis estadístico.

Diagnóstico Energético.

El Diagnóstico Energético es indispensable para desarrollar las bases técnicas y financieras del Programa de Ahorro de Energía. Las metas de un Diagnóstico Energético deberán ser las siguientes:

- Recopilar y organizar datos de producción y consumos de energía disponibles a través de las facturas energéticas.
- Identificar los potenciales y las medidas que pueden realizarse para lograr ahorros de energía, y priorizarlas desde el punto de vista de rentabilidad para la empresa.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía sin afectar la producción.
- Desarrollar un plan de acción para realizar las medidas de ahorro y asegurar el mantenimiento de los ahorros a largo plazo.

Capacitación del Personal.

Los objetivos del programa de capacitación del personal, son los siguientes:

- Lograr cambios en la 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.

La capacitación del personal de la empresa es fundamental para lograr el éxito de un Programa de Ahorro de Energía. Dentro de las áreas de mayor importancia se incluyen por ejemplo:

- Capacitación a los ingenieros y técnicos en los análisis y las tecnologías de conservación de la energía.
- Cursos orientados a la planeación, organización y ejecución de diagnósticos energéticos.
- Cursos sobre la administración de energía y optimización del factor de potencia.

La capacitación puede hacerse por una combinación de formas, las cuales incluyen por ejemplo:

- Enviar personal técnico a seminarios y talleres, tanto de conservación de la energía como de índole general.
- Proporcionar entrenamiento en línea a personal de otras áreas, permitiéndoles trabajar bajo la supervisión de personal ya capacitado o experimentado.
- Proporcionar información y publicaciones a todo el personal de la empresa, como parte de un programa de concientización energética; publicar los logros del programa de ahorro de energía y divulgarlo con el personal.

Organización del Programa.

Uno de los aspectos que se deben 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 consultor externo.

La formación de un Comité de Ahorro de Energía involucra los siguientes aspectos:

- Están formados por personal de todas las áreas involucradas en el programa.
- Puede ser temporal o permanente.
- Sus funciones son las de promover, asistir técnicamente, seguir, controlar y comunicar todo lo referente al programa energético.

Planeación del Presupuesto para las Inversiones Requeridas.

Las asignación de recursos para realizar los proyectos de ahorro de energía debe hacerse desde una perspectiva global de desarrollo de la empresa. En este sentido la alta Gerencia aprobará cualquier gasto importante que implique un ahorro energético.

El Diagnóstico Energético puede identificar una gran cantidad de medidas de ahorro de energía, tanto de bajo costo como de inversión importante. Es recomendable la contratación de una firma de ingeniería especializada para efectuar un diseño objetivo y adecuado.

Realización de Proyectos.

Una vez que las medidas de ahorro han sido identificadas y las inversiones de capital aprobadas a nivel presupuestal se procede a la fase de realización que es sin duda el de mayor importancia.

Muchas recomendaciones pueden implementarse con recursos propios; cambiando en la operación de equipos, programas de mantenimiento, pruebas de eficiencia, etc. y otras más que implicarán reunir a consultores y fabricantes externos.

En todos los casos se deberá elaborar un programa de trabajo preciso, que permita administrar y supervisar la realización de los proyectos.

Seguimiento, Control y Evaluación.

La etapa de seguimiento, control y evaluación, es el paso final de un Programa de Ahorro de Energía. Esta etapa asegura que todos los elementos del programa se lleven a cabo: en realidad esta etapa completa las actividades del Comité de Ahorro de Energía de la Empresa.

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 de Ahorro de Energía. Todo ello mediante el monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de medidas de ahorro de energía.

Algunos de los componentes del seguimiento, control y evaluación incluyen:

- Seguimiento de los costos de energía y datos de consumos.
- Control del uso óptimo de los energéticos.
- Seguimiento de tendencias en los índices energéticos a través del tiempo.

La revisión periódica del avance global del programa incluye:

- Evaluación del logro de objetivos y metas.
- Principales resultados de la instrumentación del programa.
- Evaluación de las acciones establecidas para cada área funcional.

1.3. Diagnóstico Energético.

1.3.1. Definición.

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las fuentes y formas 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 se determina cuánta, cómo y dónde es utilizada la misma, además de especificar cuánta, cómo, dónde y por qué es desperdiciada, mediante un análisis histórico del consumo de energía.

1.3.2. Objetivos.

Los objetivos de un Diagnóstico Energético son:

- Evaluar técnica y económicamente las medidas de ahorro de energía.
- Desarrollar una base de datos de consumos y costos de energía y producción.
- Definir los índices energéticos de la empresa.
- Evaluación objetiva de las instalaciones de la empresa.
- Establecer metas de ahorro de energía.
- Identificar a los equipos de mayor consumo de energía.
- Identificar y cuantificar técnica y económicamente las oportunidades de ahorro de energía
- Disminuir el consumo de energía sin disminuir los niveles de producción.
- Evaluar el nivel de instrumentación, su estado, y su utilidad en la determinación de consumos de energía.
- Identificar la estrategia para establecer un Programa de Ahorro de Energía.

1.3.3. Tipos de Diagnósticos Energéticos.

Existen tipos de Diagnósticos Energéticos que varían en tamaño, enfoque, precisión y costos, dependiendo de las fuentes y necesidades del proceso en el cual se desarrolla el mismo. 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. Sin embargo, es conveniente dividir cualquier diagnóstico energético en tres niveles.

Diagnósticos de Primer Nivel.

Mediante los diagnósticos energéticos de primer nivel se detectan las 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.

Diagnósticos de Segundo Nivel.

Comprenden la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que estos 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 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 recomiendan 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.

Diagnóstico de Tercer Nivel.

Consiste 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 en cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En estos 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 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 cuánto al periodo de recuperación de la inversión.

1.3.4. Metodología de Diagnósticos Energéticos.

En este caso se formará un equipo de trabajo en la empresa para realizar el Diagnóstico, en el cual se aprovechará la experiencia y el conocimiento del personal en el funcionamiento de la empresa. Sin embargo, aún en la misma empresa, los datos pueden ser difíciles de recopilar, en este sentido esta puede ser una limitante.

El Diagnóstico consiste en la recopilación de información relacionada con la generación y consumo de energía y producción, mediciones con equipo portátil, análisis de la información obtenida y la preparación de un reporte final, con los análisis, cálculos, observaciones y conclusiones.

El Diagnóstico Energético se lleva a cabo en seis etapas, que a continuación se muestran:

1. Planificación de Actividades.
2. Recopilación de Información.
3. Mediciones en Campo.
4. Análisis de Datos.
5. Calcular los Ahorros de Energía.
6. Elaborar el Reporte del Diagnóstico.

Planificación de Actividades.

El primer paso consiste en planificar las actividades en el tiempo, definir quienes realizarán cada una de las tareas y dividir las actividades entre el número de personas que participen en el diagnóstico, las actividades iniciales son de recopilación, de información y de mediciones.

Se elaborará un cronograma de trabajo en el que se indicarán las fechas en que se reportarán los avances al comité de ahorro de energía y un cronograma de actividades indicando la actividad, el tiempo que se llevará a hacerla, de preferencia conviene hacerlo por semanas.

Una de las primeras decisiones del comité de ahorro de energía, es decidir quién o quienes realizarán las actividades, para ello se cuenta con tres opciones:

1. Todas las actividades las realiza el comité.
2. Se contratará a algún consultor o firma de consultoría.
3. Una combinación de ambas.

Recopilación de la Información.

Se debe recopilar todos los datos relacionados con el consumo y generación de energía en la empresa, como los siguientes:

- Consumos mensuales correspondientes a los últimos 12 meses de operación, de los diferentes energéticos utilizados en la empresa.

- Producción de la empresa durante el período correspondiente.
- Identificación de los principales equipos consumidores de energía.
- Características y capacidades de los principales equipos consumidores de energía.
- Condiciones de operación de los equipos intensivos en consumo de energía.

Mediciones en Campo.

Antes de efectuar las mediciones conviene identificar el equipo instalado en la empresa y su correcta calibración, así como del equipo de medición portátil.

Los objetivos de las mediciones en campo son los siguientes:

- Comprobar la operación de equipos importantes en la empresa, logrando una mejor base para los cálculos de ahorros de energía.
- Complementar los datos recopilados de la empresa, para que se tenga un mejor respaldo técnico en áreas donde la información de la empresa no esté disponible.

Análisis de Datos.

Una vez que los datos han sido reunidos deben de ser analizados de acuerdo con los siguientes pasos:

- Desarrollar una base de datos de consumos de energía de la empresa.
- Calcular el costo total de los energéticos.
- Preparar los índices de consumo de energía.
- Evaluar la operación de la empresa.
- Aplicar el Análisis de Pareto.
- Las tres fases de un análisis.

Desarrollar la Base de Datos.

La base de datos será usada muchas veces a lo largo del Programa de Ahorro de Energía, debiendo ser lo más completa y precisa posible y continuamente actualizada a medida que el programa progresa y deberá incluir los siguientes aspectos.

1. Consumos y costos de los energéticos por un período mínimo de un año, sobre una base periódica que es generalmente de un mes.
2. Diagrama de flujo de los sistemas. Un diagrama de flujo de los sistemas comprenderá desde su generación, la distribución y consumidores finales.
3. Hacer un inventario de los principales equipos consumidores de energía. Se hará de cuando menos el 85% del equipo consumidor de energía de la empresa. Se clasificarán los equipos de acuerdo al tipo de energía que consumen.

Cálculo del Costo de los Energéticos.

Se debe de determinar las cantidades relativas de las diferentes fuentes energéticas usadas y su costo durante el mismo período definido para la base de datos. Tal análisis indica el valor relativo de ahorros de cada tipo de combustible y también constituye la fuente principal de energía.

Operación de la Empresa.

El Diagnóstico Energético provee información sobre la operación general de la empresa y sobre cada uno de los procesos.

Algunos de los signos de una mala operación en una empresa son obvios, sin embargo, aún cuando las oportunidades de ahorro puedan ser identificadas, pueden existir algunos factores que dificulten su implementación, como son:

- Falta de capital.
- Falta de mantenimiento preventivo adecuado.
- Falta de una administración y de una operación hábil y
- Falta de interés por parte de los empleados.

Análisis de Pareto.

Esta regla servirá para identificar los equipos intensivos en consumo de energía, que serán a los que se realice el análisis más a fondo.

Una regla muy práctica para tomar esta decisión es la ley que nos indica que un 20% de los equipos consumen el 80% de la energía de la empresa, por lo tanto, los esfuerzos que realice el equipo auditor deben enfocarse primero a identificar estos equipos y posteriormente analizarlos a fondo.

Las Tres Fases de un Análisis.

Una vez que se han identificado los candidatos para hacerles un análisis a fondo mediante la regla del 20/80, se procede mediante el siguiente análisis:

- Eliminación.
- Reemplazo.
- Análisis Ideal.

Eliminación.

Es necesario que nos preguntemos lo siguiente para cada sistema:
¿Este sistema es realmente necesario para cumplir los requerimientos de la compañía?
Para cada pieza o equipo del sistema, preguntarse:
¿Es esta pieza o equipo necesaria para cubrir las demandas del sistema?

Nos sorprenderemos al encontrar que muchas veces la respuesta será “NO” y a partir de ahí empezar a identificar oportunidades de ahorro de energía.

Reemplazo.

Si el equipo o sistema no puede ser eliminado, se tiene que considerar el reemplazo por maquinaria o dispositivos nuevos o más eficientes, para efectuar eso tenemos que estar actualizados con respecto a los cambios en la tecnología en los últimos años.

Análisis ideal.

Esta etapa reconoce que no es posible eliminar toda la energía que se usa en la empresa, obviamente no se trata de apagar los equipos, con tal de ahorrar energía, sólo se trata de determinar cuál es la mínima que se puede utilizar y cuál es la que se está utilizando actualmente.

El análisis ideal empieza con el examen de la energía mínima utilizada en el sistema o equipos del mismo. Existen muchas formas de hacerlo como a continuación se indica:

1. La experiencia de las personas que operan los equipos.
2. Los criterios de diseño.
3. El conocimiento de tecnología más eficiente.

Calcular los Ahorros de Energía.

Un Diagnóstico energético permite identificar un potencial de ahorro de energía del 10% al 20% del consumo global de energía en la empresa.

Algunas de las oportunidades de ahorro típicas que se encuentran con mayor frecuencia son las siguientes:

- Desenergizar equipos cuando su uso no sea requerido.
- Reemplazar aislamientos dañados. El cálculo se basa en temperaturas de superficie, evitándose hasta el 90% de las pérdidas de calor.
- Limpieza de los equipos.

El Diagnóstico Energético también permite identificar oportunidades de ahorro de energía, que requerirán de estudios específicos realizados por especialistas, tales como:

- Mejoras en el control de equipos importantes.
- Reemplazo de los principales equipos consumidores de energía.

Elaboración del Reporte del Diagnóstico.

Este es el último paso en un Diagnóstico Energético, donde se debe de preparar un informe final, que contenga las observaciones y conclusiones y haciendo énfasis en las oportunidades de ahorro de energía y el plan de acción para llevarlas a cabo.

Este informe también deberá presentar todos los datos energéticos básicos de la empresa.

Como el informe del diagnóstico es el único resultado inmediato, su redacción y presentación son de gran importancia por lo que debe ser claro y específico.

Resumen Ejecutivo.

Su finalidad es permitir a la alta gerencia de la empresa, conocer los resultados más importantes del Diagnóstico Energético. Se deberá incluir una tabla de medidas, a manera de cartera de proyectos donde deberán aparecer sintetizadas las medidas detectadas, sus ahorros esperados en consumo y demanda y el porcentaje con respecto al consumo promedio de energía eléctrica, los ahorros en unidades monetarias y el porcentaje que representa de la facturación promedio. Las medidas propuestas deberán de presentarse según el monto de inversión requerida.

En el resumen ejecutivo se mostrará el consumo anual de energía eléctrica, la demanda anual promedio y el costo total de la facturación eléctrica del último año.

1.4. El Ahorro de Energía en 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.

El consumo de energía en edificios está relacionado con diversos factores externos entre los que destacan las condiciones ambientales y climáticas, el nivel socioeconómico de la población y la penetración en el mercado de 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 en edificios 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 el comportamiento de sus ocupantes.

Algunas cifras publicadas establecen que en el mundo aproximadamente un tercio de la energía usada es consumida en edificios. 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 incrementan su funcionalidad y el confort de sus ocupantes.

La forma en que se consume la energía en los edificios difiere significativamente para cada tipo de edificio y según el uso al que se le destine. Por su contribución al consumo global, la climatización de los espacios es el segmento al que se han enfocado mayormente 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.

Cabe destacar que en muchos casos no cuesta más construir un edificio bajo criterios de eficiencia energética que un edificio ineficiente, 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 permitirá 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 las diferencias en cuanto a tipo de clima y nivel de desarrollo económico respecto a los países avanzados, las formas de uso de energía siguen un patrón diferente. En lo referente al sector edificios no residenciales, se han hecho estimaciones que indican que un 60% de la energía eléctrica consumida en este sector se aplica en iluminación, 20% corresponde al aire acondicionado y 10% a bombeo de agua; el resto comprende otras formas de uso que incluyen el consumo de equipos diversos utilizados en este sector.

Tipo de Consumo de Energía Eléctrica en Edificios No Residenciales



Figura 1.4

1.4.1. 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 para 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.

1.4.2. Tipos de Edificios.

De acuerdo con el Diario Oficial de la Federación del día 9 de Mayo de 1988 en 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 se define en su artículo 3º la siguiente clasificación de inmuebles o lugares de concentración pública:

Arenas de box
Baños públicos
Bibliotecas públicas
Carpas y circos
Centros nocturnos (cabarets)
Edificios para oficinas públicas
Escuelas y demás centros docentes
Estadios
Galerías o salas de exposición
Hospitales y clínicas
Iglesias y templos
Mercados
Plazas taurinas

Auditorios
Bares y Cantinas
Cárceles y reclusorios
Centros de Conferencias
Cines
Edificios para oficinas privadas donde se atiende al público
Establecimientos Comerciales
Ferias y Exposiciones
Gimnasios y centros deportivos
Hoteles, moteles y albergues
Funerarias
Museos
Restaurantes y cafeterías

Salas de fiestas	Salones de baile
Terminales para pasajeros (aéreos, terrestres, marítimas)	Teatros

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.

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.

1.4.3. Formas de uso de la energía por tipo de edificio.

Desafortunadamente, en nuestro país no se tienen estadísticas respecto a las formas de uso de 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 esta 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 (pc's, cafeteras, máquinas de escribir, copiadoras, etc.); equipos de climatización de espacios (incluyendo equipos de aire acondicionado y 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 por la aplicación de la norma.

Diversos trabajos publicados 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.

1.4.4. Tarifas Eléctricas.

Comúnmente hay 3 conceptos de cargo para formular estas facturas: demanda máxima, energía consumida y factor de potencia.

Los cargos por concepto de la demanda se basan en los costos de generación de energía eléctrica, de la transmisión y distribución de la misma, de acuerdo con los medios disponibles para efectuarlas.

En este renglón se incluyen los cargos redituables de la inversión agregando intereses, impuestos, amortización, etc. Los cargos por concepto de energía comprenden los costos del combustible, mantenimiento y otros gastos relacionados con la operación.

Cargos por demanda máxima.

La demanda máxima es la demanda media en kilowatts durante un período de 15 minutos en el cual el consumo de energía es mayor que en cualquier otro período.

Entre más alta es la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, más alto será también el cargo por demanda.

Entre más uniformemente se pueda repartir el consumo de Energía Eléctrica en una instalación, más bajo será el cargo por demanda.

Cargos por factor de carga.

El factor de carga es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga. En esa forma logrará la tarifa más baja por kilowatt-hora.

Sin embargo, si el ritmo de operación de la instalación decrece, los cargos por la demanda se reparten entre unos cuantos kilowatt-hora y por tal motivo estos cargos se elevan para cada kilowatt-hora.

La nueva disposición es que los consumidores que presenten altos factores de carga propician una mayor eficiencia en la utilización de las instalaciones, por lo cual es recomendable estimular dicho comportamiento y para tal efecto es pertinente fijar tarifas especiales para aquellos usuarios de alta tensión que presenten demandas superiores o iguales a 20.000 (veinte mil) kW y factores de carga mayores o iguales a 0.7 (cero punto siete).

Cargos por energía consumida.

Los costos de operación de la porción de la factura de consumo de energía eléctrica, se basan en el número de kilowatts-hora registrados en el término de cierto período, normalmente por un mes.

Existen cuatro situaciones en las que se deben considerar las pérdidas en el transformador:

1. Si el usuario tiene su contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que suministra el servicio.
2. Si el usuario tiene su contratación en media tensión y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del 2% por concepto de las pérdidas del transformador.
3. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión, y su medidor de consumo se encuentra en el primario del transformador, no se realiza cargo ya que las pérdidas del transformador quedan incluidas en el medidor.
4. Si el suministrador del servicio tiene disponible solo baja tensión y el usuario requiere aumentar su voltaje a media o alta tensión mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio bonifica el 2% al usuario o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

Cargos por bajo factor de potencia.

El término factor de potencia puede elevar el monto de la factura de consumo y sus efectos se hacen sentir en otros aspectos en el sistema de distribución de energía eléctrica en toda instalación. Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y en los kilowatts-hora de energía.

$$\text{Factor de potencia (fp)} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} ; \quad \text{ó} \quad \text{kW} = \text{kVA} \times \text{fp} \dots\dots \text{ec.1.1}$$

De la ecuación 1.1 desprende que para evitar cierta cantidad de potencia a un consumidor, la Central tendrá que transmitir una corriente mayor hacia un sistema que tenga un factor de potencia bajo, que hacia otro cuyo factor de potencia sea más alto. El valor de la corriente adicional no es registrado por el waththorímetro del consumidor y por lo tanto representa una pérdida para la compañía suministradora. Esta condición exige también la instalación de cables más gruesos y los generadores, transformadores y otros equipos, cuyas características se basan en su capacidad para conducir corriente, tendrán que ser de mayor tamaño.

En atención a la necesidad de compensar el monto de la mayor inversión que se necesita para atender la demanda de cargas de factor de potencia bajo, las compañías de energía eléctrica han introducido la cláusula de factor de potencia para las facturas de consumo de energía. En esta cláusula se ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia alto o también imponen cuotas a manera de multa si el factor de potencia está bajo. Pero el resultado real es que se aplican cargos extra cuando el factor de potencia está por abajo del 90% en la mayoría de los casos.

1.4.5. Estructura de las tarifas.

La estructura actual de las tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se han tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de la tensión de suministro y demanda.

Por lo anterior CFE ha dividido el territorio nacional por regiones, principalmente para diferenciar el uso de la energía eléctrica en media y alta tensión. Estas regiones son:

- Región Baja California.
- Región Baja California Sur.
- Región Noroeste.
- Región Norte.
- Región Noreste.
- Región Central.
- Región Sur.
- Región Peninsular.

1.4.6. Clasificación y descripción.

Para la aplicación y la 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 de tensión 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.

Clasificación y descripción

Tarifa	Denominación	Condiciones de suministro
1	Residencial	Baja tensión sin límite de carga
2	Servicios Generales	Baja tensión y hasta 25 kW
3	Servicios Generales	Baja tensión y cargas mayores de 25 kW
5 y 5A	Alumbrado Público	Alta o Baja tensión sin límite de carga
6	Bombeo Aguas	Media o Baja tensión sin límite de carga
7	Servicio temporal	Baja tensión sin límite de carga
9	Bombeo agua de riego	Media o Baja tensión sin límite agrícola de carga
OM	Ordinaria media	Media tensión y cargas mayores a 20 kW y menores de 500 kW
HM	Horaria media tensión	Media tensión y cargas igual o mayor a 500 kW
HS	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel Subtransmisión de 35 a 220 kV
HT	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel Transmisión 220 kV ó más
H-SL	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel Subtransmisión para larga utilización
H-TL	Horaria alta tensión	Alta tensión nivel Transmisión 220 kV ó más para larga utilización
I-15	Servicio Interrumpible	Usuarios H-S, H-T, H-SL y H-TL con una Dem. Máx mayor o igual a 10000 kW medidos en periodo de punta
I-30	Servicio Interrumpible	Alta tensión niveles S y T cargas mayores a 20000 kW

Tabla 1.5

Capítulo 2

Metodología de Medición en campo para Diagnósticos de Energía Eléctrica

Capítulo 2 Metodología de Medición en Campo para Diagnósticos de Energía Eléctrica.

2.1. Medición del Consumo de Energía Eléctrica.

Existen básicamente cuatro métodos para la evaluación de programas de ahorro de energía: modelos de ingeniería, modelos estadísticos, combinación de los dos anteriores y la medición. La aplicación de cada uno de estos métodos conlleva a diferentes niveles de precisión y costo, siendo la medición el que presenta la mayor precisión a la vez y es el más costoso. La medición de usos finales es empleada principalmente para validar, ajustar y mejorar las estimaciones obtenidas a través de la aplicación de los otros métodos.

Los costos asociados a la realización de una campaña de medición pueden ser minimizados a través de una cuidadosa elección de los periodos de monitoreo. Así, algunos programas requieren monitoreos de corta duración, por ejemplo: aquellos proyectos de iluminación que requieren caracterizar los horarios de operación para cuantificar los ahorros potenciales de energía y demanda derivados de la incorporación de balastos, lámparas o luminarios eficientes.

El costo que implica la realización de una campaña de monitoreo es la principal barrera para que su aplicación sea extensiva. Independientemente de que la medición sea el método de evaluación más costoso, el monitoreo de usos finales presenta otras limitaciones:

- En los casos en que se diseñen campañas de medición que incluyan periodos para "antes" y después" de la implementación de una medida de ahorro, existe la posibilidad de que el proyecto sea diferido por razones financieras aun cuando la campaña de medición "antes" está ya en proceso. Esto origina que la duración del monitoreo se prolongue y en consecuencia los costos se ven incrementados.
- El tiempo requerido para coleccionar la información puede ser muy largo, variando desde un par de semanas hasta un año dependiendo de las necesidades específicas del programa.
- Los resultados globales de una campaña de medición pueden reflejar comportamientos atípicos de los participantes, ya sea por saberse "vigilados" o por los efectos asociados a otras medidas y participantes "voluntarios".

Con el propósito de disminuir el costo que implica la medición de usos finales, es necesario explorar otras funciones que puedan desempeñar los equipos de medición adicionalmente a la recolección de datos, como pueden ser: sistemas de administración de carga, sistemas de control y automatización de redes eléctricas, edificios y casas. En el futuro, el desarrollo de estos sistemas se verá influenciado por la creciente necesidad de las empresas suministradoras de energía de monitorear usos finales para optimizar sus procesos de gestión energética, comercialización y planeación integral de recursos.

Siendo algunos de los propósitos fundamentales del diagnóstico energético el conocer la cantidad de energía que consume un usuario así como la forma en que esta energía es utilizada dentro de sus instalaciones en función de sus actividades, resulta evidente la necesidad de cuantificar a nivel global los consumos de los energéticos (electricidad, gas, carbón, combustóleo, gasolinas, etc.), empleados en los procesos productivos que tienen lugar en las instalaciones del usuario.

En forma genérica puede establecerse que los equipos de medición empleados en el proceso de comercialización de energía eléctrica son tres: medidor de energía activa (comúnmente llamado kilowattorímetro), medidor de energía reactiva (también llamado kilovarhorímetro) y medidor de demanda máxima.

La información de carácter global asentada en los recibos de facturación permite establecer niveles de consumo y demanda de energía eléctrica debiéndose recurrir a otros medios para clarificar la forma en que la electricidad es usada y demandada en los distintos elementos componentes de la instalación eléctrica, ya que, el recibo no permite disgregar la información en él contenida con respecto al tiempo ni esclarece el impacto que sobre el consumo y la demanda tienen cada uno de los usos finales o equipos instalados.

La evaluación del impacto de los programas de ahorro de energía generalmente incluye información referente a los patrones de consumo y los perfiles de demanda de la instalación analizada. El procedimiento más preciso para diseñar, implementar, orientar y valorar los ahorros alcanzables de un programa de ahorro de energía eléctrica así como corregir las desviaciones que éste pudiera experimentar durante su desarrollo es el monitoreo de las variables bajo control: consumo y demanda de energía eléctrica. Para ello, los equipos de medición juegan un papel primordial al igual que la metodología empleada durante la recolección y análisis de la información.

En términos generales, un diagnóstico de energía debe incluir un programa de mediciones en campo con el propósito de minimizar la incertidumbre respecto a los resultados esperados; este programa será delineado a groso modo para después ajustarse en campo a la problemática particular de los equipos e instalaciones auditados.

Entonces el programa de monitoreo se planeará cubriendo las siguientes etapas: identificación de los puntos de medición, determinación de las variables a monitorear en cada punto seleccionado, establecimiento del periodo de monitoreo (duración del programa), selección de los instrumentos de medición a utilizar, recolección de la información, análisis de la información obtenida y presentación de resultados. A continuación se comenta cada una de estas etapas.

2.1.1. Identificación de los puntos de medición.

La selección de los puntos de medición dentro de las instalaciones de un usuario constituye uno de los aspectos primordiales en la realización del monitoreo de variables eléctricas y está condicionado a una serie de factores entre los que destacan: la complejidad de la instalación, la disponibilidad de equipos de medición, el nivel de segregación del consumo y la demanda que se desea obtener y la facilidad de acceso para la instalación de los equipos.

La complejidad de la instalación estará en función del tamaño de la misma, del número y tipo de cargas por alimentar, del número de nodos incluidos en la instalación y que están alimentados desde la acometida general (barras de subestaciones, centros de carga, tableros de distribución).

La información que se desprende del diagrama unifilar de la instalación, complementada con un recorrido de inspección a la instalación permitirá la localización preliminar de los puntos a monitorear así como valorar las condiciones de espacio y accesibilidad para la instalación y conexión de los equipos de medición.

Lo anterior permitirá determinar el número de instrumentos de medición requeridos en cada uno de los puntos seleccionados. Es siempre deseable un monitoreo simultáneo y sincronizado de toda la instalación; esto representa grandes ventajas en comparación a un programa de mediciones escalonado en varias etapas y defasado en el tiempo.

En términos generales se considera que un programa de monitoreo bien ejecutado como soporte confiable de un diagnóstico debe incluir la realización de mediciones en una cantidad de puntos (nodos, circuitos y cargas), tal que permita caracterizar en forma segregada entre el 60 y 80% del total de la energía eléctrica consumida en las instalaciones del usuario.

En el caso de usuarios donde la energía eléctrica sea suministrada y distribuida en forma interna en alta tensión, será necesario seleccionar aquellos puntos de medición que mayormente impacten en el nivel de consumo para cada uno de los niveles de tensión presentes en las diversas secciones de la instalación.

En este caso particular deberá considerarse la necesidad de disponer de los equipos auxiliares para la conexión de los equipos de medición (TC's y TP's) con las características y niveles de aislamiento adecuados para el nivel de voltaje donde se utilicen así como la magnitud de las cargas que se alimenten.

En el caso de usuarios de baja tensión por lo general no se requiere de transformadores de potencial, pudiéndose requerir transformadores de corriente para aquellas cargas o circuitos que rebasan la capacidad de corriente nominal de los equipos de medición.

La experiencia en realización de monitoreos como parte de un diagnóstico ha permitido identificar el efecto resultante de la utilización de los denominados equipos de monitoreo basados en técnicas intrusivas o no intrusivas.

Técnicas Intrusivas. Son aquellas que para su instalación, montaje y conexión requieren afectar de alguna forma la instalación eléctrica de los usuarios (abrir circuitos, instalar puentes provisionales, etc.) y mantienen una presencia evidente ante los ojos del personal que se desenvuelve en las instalaciones del usuario.

Técnicas no Intrusivas. Son aquellos cuya instalación y presencia es discreta y pueden pasar desapercibidos para las personas. En general se ha dado preferencia a las segunda básicamente por dos razones:

- a) La poca o nula afectación al servicio e instalaciones durante las fases de instalación, monitoreo y retiro de los equipos y,
- b) Por considerarse que un equipo con estas características no influye en el comportamiento ni hábitos de consumo de las personas, ya que se ha identificado que al estar las personas conscientes de la presencia de un equipo de monitoreo se comportan en forma atípica por tener la sensación de estar "vigilados".

2.1.2. Determinación de las variables eléctricas a monitorear.

El número de variables o magnitudes a medir durante el desarrollo de un monitoreo puede variar en función de la información y resultados que se desean obtener y de la capacidad o disponibilidad de los equipos de medición que se pretenda utilizar. Es lógico pensar que a mayor cantidad de variables a monitorear corresponde una mayor caracterización de la forma de uso de la energía eléctrica en las instalaciones bajo estudio y, en consecuencia, mejor sustento tendrán las estimaciones asentadas en el diagnóstico y menor será el margen de incertidumbre de los resultados esperados.

Entre las magnitudes o variables eléctricas a medir para fines de diagnóstico se incluyen las siguientes: consumo de energía activa, en kWh, potencia activa, en kW, potencia reactiva, en kVar, factor de potencia, en % o p.u., intensidad de corriente, en Amperes y tensión, en Volts.

Las variables anteriores se consideran indispensables para obtener una imagen completa sobre el comportamiento eléctrico de un equipo, sistema o instalación; las primeras tres se consideran indispensables para fines de un diagnóstico, mientras que las dos últimas aportan información complementaria sobre el comportamiento de la instalación y la calidad del suministro.

Consumo de Energía Activa (kWh).

El consumo de energía activa de una instalación, sistema, línea de proceso o equipo está estrechamente vinculado con el costo del servicio de suministro de energía eléctrica. La posibilidad de disgregar el consumo de energía eléctrica de una instalación entre los diferentes sistemas o equipos se facilitará en la medida en que la instalación pueda dividirse en "centros de consumo" más pequeños.

A su vez, ésto permitirá implementar un sistema de contabilidad energética para cada uno de estos centros que, en adición al control de insumos y demás sistemas contables implementados por la empresa coadyuvará a valorar los costos reales de los productos; lo anterior constituye una fase inicial para incrementar la productividad en las operaciones.

Potencia Activa (kW).

Como se ha mencionado, CFE y CLyF consideran en su marco tarifario un cargo por demanda máxima, el cual está relacionado con el mayor valor promedio que se tenga durante un intervalo de tiempo. Los equipos de medición pueden registrar esta demanda máxima en dos formas de integración:

- Integración cada 15 minutos, donde cada 15 minutos se inicia un ciclo de integración y al final de cada ciclo se promedian los valores integrados durante los últimos 15 minutos anteriores para obtener los valores de demanda.
- Integración rolada a 5 minutos, donde cada 5 minutos se inicia un ciclo de integración y al final de cada ciclo se promedian los valores integrados durante los últimos 15 minutos anteriores para obtener los valores de demanda.

El máximo valor obtenido de estas demandas promedio durante el periodo de facturación es lo que se denomina como demanda máxima promedio, es evidente que bastan únicamente 15 minutos durante los cuales no se ejerza el control sobre la demanda para que el cargo por demanda máxima crezca considerablemente.

Los perfiles de demanda obtenidos del monitoreo son útiles en la medida que se tenga conocimiento del equipamiento de la instalación y de su forma de operación.

La obtención de valores de potencia eléctrica que demanda una instalación, sistema o equipo apoyará al establecimiento de valores que permitan conocer con mayor amplitud su comportamiento. Los factores son: factor de demanda, factor de carga y factor de utilización.

Asimismo podrán proponerse mejoras operativas en los procesos al establecerse una secuencia racional de la entrada y salida de cargas que disminuya la sobrecarga de circuitos alimentadores y equipos, el envejecimiento prematuro del aislamiento de los mismos, la carga térmica del entorno y, principalmente el monto de la facturación originado por el cargo por demanda máxima promedio.

Cabe destacar en este punto la importancia que reviste la selección del intervalo de tiempo para el cálculo de la demanda máxima promedio, el cual usualmente se le asigna un valor de 15 minutos. Sin embargo, muchos eventos pueden suceder en el transcurso de este periodo mientras que el instrumento de medición registra un único valor promedio, por lo que se deberá poner especial cuidado en la interpretación de las continuas variaciones que se obtienen de los valores de potencia activa así como explorar la posibilidad de instalar otro tipo de equipo de medición que permita la segregación de la curva de demanda en periodos de tiempo menores. Como apoyo a lo antes expuesto se presentan los siguientes conceptos básicos:

La **potencia eléctrica** representa la razón a la cual el trabajo se efectúa en un circuito eléctrico, introduciendo el elemento tiempo; mientras que la demanda de una instalación o sistema es la carga en las terminales receptoras tomadas en un valor medio (área bajo la curva de carga) en determinado intervalo.

Entiéndase por **carga** la que se mide en términos de potencia (real, reactiva y aparente) o de intensidad de corriente. El periodo durante el cual se toma el valor medio se denomina intervalo de demanda. Al definir una demanda es requisito indispensable indicar el intervalo de demanda, ya que sin esto el valor que se establezca carecerá de sentido práctico.

La **demanda promedio** en cualquier periodo es igual al número de kWh consumidos entre el número de horas en el periodo.

Las cargas eléctricas son medidas usualmente en Amperes, kilowatts o kilovoltamperes. Para construir eficientemente un sistema eléctrico es necesario conocer la **demanda máxima** del mismo. En general, las cargas rara vez son constantes durante un tiempo apreciable, esto es, fluctúan de manera continua. El valor más elevado de una curva de carga se denomina pico o demanda máxima referida al intervalo de tiempo contemplado en la curva. El conocimiento de la demanda máxima de un grupo de cargas y su efecto combinado es de suma importancia para determinar la capacidad requerida por el sistema.

La **carga conectada** es la suma de los valores nominales de todas las cargas del consumidor que tienen probabilidad de estar en servicio al mismo tiempo para producir una demanda máxima. La carga conectada puede referirse a una parte o al total del sistema y es común expresarla en términos de watts, kilowatts, amperes, caballos de fuerza, kilovoltamperes, etc.

El **factor de demanda** de un sistema o de una carga en un intervalo, es la relación entre la demanda máxima referida al intervalo considerado y la carga total instalada. Obviamente, el factor de demanda es un número adimensional, para lo cual, la demanda máxima y la carga instalada se deberán considerar en las mismas unidades.

El factor de demanda (FD) generalmente es menor que 1 y será unitario cuando durante el intervalo analizado todas las cargas instaladas absorban sus potencias nominales.

$$FD = DMS/PINST \dots\dots\dots(Ec. 2.1)$$

donde:

- FD = Factor de demanda del sistema.
- DMS = Demanda máxima del sistema en un intervalo.
- PINST = Carga total instalada en el sistema.

Se define como factor de carga la relación entre la demanda promedio en un intervalo dado y la demanda máxima observada durante el mismo intervalo.

$$FC = DM/DMS \dots\dots\dots(Ec. 2.2)$$

donde:

- FC = Factor de carga.
- DM = Energía absorbida en el intervalo.
- DMS = Demanda máxima del sistema en el intervalo.

Se entiende el pico de carga como la mayor de todas las cargas promedio en un intervalo específico. Se debe ser claro en el establecimiento del intervalo de la demanda, así como en el periodo en el que son aplicadas la demanda máxima y la carga promedio. Para una carga dada, un periodo mayor dará un factor de carga más pequeño, puesto que el consumo de energía se distribuye en un tiempo mayor.

El valor de factor de carga está comprendido entre 0 y 1 e indica el grado en el cual el pico de carga se sostiene durante un periodo. Usualmente en sistemas de distribución, el factor de carga no es tan importante por sí mismo como la curva de carga de la cual se deriva.

Al proyectar un alimentador para determinado consumidor se toma en cuenta su demanda máxima, pues ésta impondrá las condiciones más severas de carga y caída de tensión. Sin embargo, la demanda máxima de un conjunto de consumidores no es igual a la suma de las demandas máximas de cada consumidor, pues en todo el sistema existe diversidad entre los consumidores, lo que hace que por regla general la demanda máxima de un conjunto de cargas sea menor que la suma de las demandas máximas individuales. En la ejecución de un proyecto no interesará el valor de cada demanda individual sino la del conjunto.

La diversidad entre las demandas máximas se mide por el **factor de diversidad**, que se puede definir como la relación entre la suma de las demandas máximas individuales entre la demanda máxima del grupo de cargas. El factor de diversidad (FDIV) se puede referir a dos o más cargas separadas o se pueden incluir todas las cargas de cualquier parte de un sistema eléctrico por complejo que éste pueda ser. Esto se puede expresar como:

$$FDIV = \Sigma DMi/DMSIST \dots\dots\dots(Ec. 2.3)$$

donde:

- FDIV = Factor de diversidad.
- DMi = Demanda máxima de la carga i.
- DMSIST = Demanda máxima del sistema.

En la mayoría de los casos el factor de diversidad es mayor o igual a 1. Si se conocen las demandas máximas individuales de cualquier grupo de cargas y el factor de diversidad, la demanda del grupo será igual a la suma de las demandas máximas individuales entre el factor de diversidad. A menudo se prefiere un factor de multiplicación más que de división, por lo que se definió al **factor de coincidencia** como el recíproco del factor de diversidad.

El **factor de utilización** de un sistema es la relación entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema. El factor de utilización es adimensional; por tanto, la demanda máxima y la capacidad del sistema se expresan en las mismas unidades. Se puede decir entonces que mientras el factor de demanda expresa el porcentaje de potencia instalada que está siendo alimentada, el factor de utilización establece el porcentaje de la capacidad del sistema que está siendo utilizado durante el pico de carga:

$$FU = DMSIST/CSIST \dots\dots\dots(Ec. 2.4)$$

donde:

- | | | |
|--------|---|------------------------------------|
| FU | = | Factor de utilización del sistema. |
| DMSIST | = | Demanda máxima del sistema. |
| CSIST | = | Capacidad del sistema. |

Potencia Reactiva (kVar).

La amplia gama de equipos que operan con base en el suministro de energía eléctrica difieren en su funcionamiento, desde el punto de vista energético, en sus requerimientos de potencia activa y potencia reactiva.

Los elementos básicos constitutivos de un sistema o equipo eléctrico pueden reducirse a resistores, bobinas y capacitores, que conectados en forma lógica entre sí conforman un dispositivo eléctrico.

Los elementos activos son fuentes de voltaje o corriente capaces de suministrar energía a la red eléctrica; mientras que los resistores, inductores y capacitores son elementos pasivos pues absorben o almacenan la energía procedente de las fuentes.

Se puede almacenar energía en el campo eléctrico de un capacitor o en el campo magnético de un inductor y ser devuelta más tarde cuando el capacitor se descarga o se permite que el campo del inductor se desintegre. En contraste directo, un resistor o **resistencia** toma energía de la fuente de impulsión, la cual no puede devolverse. Así, la potencia promedio de una inductancia y una capacitancia debe ser 0, en tanto que la expresión de potencia para una resistencia será siempre positiva. Todos los dispositivos eléctricos que consumen energía deben tener resistencia en sus circuitos.

La **inductancia** es un elemento de circuito que almacena energía durante algunos periodos y que la devuelve durante otros, de modo que la potencia promedio es 0. Las bobinas de los motores eléctricos, transformadores y dispositivos similares tienen inductancia en sus circuitos.

Al aplicar una diferencia de potencial en las terminales de una inductancia, la corriente circulante por el elemento estará en cuadratura con la tensión aplicada (corriente reactiva inductiva).

La **capacitancia** es un elemento de circuito que almacena y devuelve energía. Este almacenamiento tiene lugar en un campo eléctrico. La tensión aplicada en el elemento estará en cuadratura con la corriente circulante por él (corriente reactiva capacitiva).

El efecto resultante de la operación de equipos o sistemas eléctricos es el reflejo del funcionamiento combinado de sus elementos básicos, lo cual conduce a requerimientos específicos de potencia activa y potencia reactiva.

Factor de Potencia (%).

Comúnmente el factor de potencia es considerado como un parámetro de observancia global y exclusiva para fines de facturación del servicio de suministro de energía eléctrica, sin reflexionar en las implicaciones técnicas que conlleva su eficaz control.

La capacidad de transformadores, sistemas de distribución y plantas generadoras de la compañía suministradora de energía eléctrica está expresada en términos de Watts o VA. Una mejora en el factor de potencia libera un poco de la capacidad de generación o transformación de modo que puede usarse para servir a otros clientes. A los grandes consumidores siempre les será ventajoso reducir la componente cuadrática de su triángulo de potencia; esto se llama corrección del factor de potencia.

Lo anterior significa que el marco tarifario contempla exclusivamente que el usuario debe controlar la cantidad consumida de energía reactiva de origen inductivo con el propósito de maximizar la capacidad de generación, transmisión y distribución instalada de la empresa suministradora; en caso contrario será acreedor a un cargo adicional.

Intensidad de Corriente (Amperes).

El conocimiento de los perfiles de intensidad de corriente derivados de un programa de monitoreo de variables eléctricas permitirá establecer en primera instancia la situación prevaleciente en cuanto a desbalanceo de cargas se refiere. Lo anterior significa que el crecimiento natural que toda instalación eléctrica experimenta en el transcurso del tiempo, no siempre se realiza con base en una planeación integral, lo cual puede conducir a un crecimiento desordenado que impacte en forma directa sobre las condiciones ideales de seguridad y confiabilidad siempre deseables. Asimismo del recorrido por las instalaciones, la información asentada en los planos de la instalación eléctrica y los perfiles de corriente obtenidos a través de la campaña de medición, podrán valorarse las condiciones de operación a las que se sujetan los elementos constitutivos de la instalación con el propósito de verificar el dimensionamiento de cables así como la correcta selección de las protecciones de equipos, circuitos alimentadores y derivados.

La información obtenida de los perfiles de demanda completada con los perfiles de carga de cada una de las fases podrá permitir la visualización de los ciclos de operación de los diferentes equipos y determinar, en función del papel que desempeñan dentro del proceso, la conveniencia de desenergizar equipos que operan en vacío durante largos periodos de tiempo e incluso proponer un plan alternativo de arranques-paros de los diferentes equipos de la instalación.

Desde el punto de vista de un diagnóstico energético, reviste especial importancia que los elementos pasivos demanden en su justa dimensión la intensidad de corriente para la cual fueron diseñados, puesto que como se mencionó, a medida que el valor de la corriente total que circula por los elementos conductores se incrementa, también se incrementan las pérdidas de energía por efecto Joule (I^2R) y se incurre adicionalmente en mayores caídas de tensión a lo largo de la instalación eléctrica (regulación de tensión).

Tensión eléctrica (Volts).

El monitoreo de la tensión de alimentación de circuitos y equipos eléctricos está enfocado a valorar la calidad del suministro de energía eléctrica, tanto del lado de la empresa suministradora como del lado de la distribución interna del usuario. Lo anterior significa que se deberán analizar las variaciones de la tensión con respecto al tiempo (regulación).

La regulación de tensión es la relación del valor de la caída de voltaje existente entre dos puntos y la tensión existente en el punto más cercano a la fuente de alimentación expresada en por ciento.

Durante la campaña de medición realizada como parte de un diagnóstico, deberán analizarse los valores de la tensión de alimentación así como sus variaciones con respecto al tiempo de los diferentes equipos y sistemas que mayor impacto tienen sobre el consumo global de energía eléctrica en las instalaciones del usuario auditado, explorando la calidad de suministro de la empresa eléctrica en términos de la tensión del servicio en estado estable .

La tabla 2.1 indica la selección recomendable del voltaje de alimentación a la instalación eléctrica.

Carga en kVA	Voltaje de Alimentación (3 fases)
0 - 75	220 / 127 V
0 - 300	220 / 127 V
300 - 750	440 / 254 V
750 - 1 500	440 / 254 V
1 500 - 3 000	2 400 V
1 000 - 20 000	4 160 V
Más de 10 000	13 200 V

Tabla 2.1

2.1.3. Periodo de Monitoreo.

Como parte de un diagnóstico energético es necesario establecer el intervalo de tiempo de monitoreo mínimo requerido para poder caracterizar la operación de los usos finales así como los niveles de consumo de energía eléctrica de los equipos y sistemas que conforman la instalación eléctrica de un usuario.

Aun cuando no existen reglas precisas para determinar cuál es el periodo de monitoreo ideal, cabe mencionar que la diversidad de instalaciones y formas de operar las cargas de parte de los usuarios, obliga al consultor a un análisis de las características operativas propias de cada instalación considerando las actividades particulares de los abonados, sus hábitos de uso, los procedimientos internos establecidos, la estacionalidad y la recurrencia de los procesos. Sin embargo, el periodo de monitoreo debe ser tal que permita explorar los resultados obtenidos a intervalos de tiempo mayores, siempre en búsqueda del mayor apego a la realidad.

En el caso de edificios comerciales y oficinas, donde las formas y tiempo de uso de los equipos está estrechamente vinculado a las horas anuales laborables, el criterio para el establecimiento del periodo de monitoreo difiere sustancialmente; lo mismo sucede en usuarios de los sectores industrial y de servicios, por lo cual cada caso deberá analizarse considerando sus particularidades.

Sin embargo, considerando que los recursos aplicados a un diagnóstico energético son finitos y que el tiempo de su realización no debe prolongarse más allá de los límites que impongan tanto la justificación económica de la campaña de monitoreo como la necesidad de contar con resultados confiables en el corto plazo, se deberá buscar siempre que el programa de mediciones se lleve a cabo en periodos de tiempo lo más corto posible, pero a su vez que permitan establecer un fiel reflejo del comportamiento del usuario.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) recomienda que para Diagnósticos Energéticos en inmuebles las mediciones se realicen con una frecuencia mínima de una por hora y por un periodo mínimo de una semana. En caso de que se analice más de un inmueble, de ser posible, se realizarán mediciones para cada uno de los edificios comprendidos en el alcance definido para el proyecto.

2.1.4. Recolección de la Información.

Tomando en cuenta que la cantidad de información requerida para caracterizar el comportamiento del consumo y la demanda de energía eléctrica de los equipos y sistemas de una instalación eléctrica para fines de un diagnóstico integral es significativa en lo referente a su volumen y que requiere ser registrada en intervalos regulares de tiempo, la utilización de simples instrumentos indicadores e incluso graficadores que impliquen la realización de trabajo mecánico o manual se considera totalmente impráctica, por lo que, en la actualidad una gran mayoría de los instrumentos utilizados para el monitoreo de usos finales son electrónicos, los cuales tienen la capacidad de ser programables y almacenar en memoria no volátil los datos de distintas variables eléctricas; la información así adquirida

queda respaldada y puede ser procesada a través del empleo de diversas herramientas de cómputo.

Una vez que se han instalado, conectado y programado los equipos de medición, se procede a la recolección de la información obtenida en dos formas : historial lineal e historial circular.

En el historial lineal se van almacenando en memoria los datos adquiridos y cuando se agota la cantidad de memoria disponible, el aparato deja de almacenar información. En el historial circular se van almacenando en memoria los datos adquiridos y cuando se agota la cantidad de memoria disponible, el aparato comienza a sobrescribir los datos más recientes sobre los registros de los primeros días, lo cual significa que el instrumento registrará únicamente los valores correspondientes a los últimos días del monitoreo.

Entonces la información almacenada en memoria debe ser “drenada” por ejemplo hacia una computadora, o bien, por modem telefónico o puertos optorreversibles para su posterior exportación a hojas de cálculo, donde se tabularán y graficarán los valores de los diferentes parámetros para su presentación y análisis.

2.1.5. Análisis de Información Obtenida.

Debe destacarse el papel que juega el consultor, quien con base en su experiencia puede revisar a mayor profundidad los registros adquiridos y sacar un mayor provecho de los mismos. De este análisis y su correlación con otra información recabada durante el diagnóstico referente a facturación, actividades, procesos, equipamiento, formas de operación, etc. debe ser posible dar respuesta a preguntas como las siguientes:

- ¿ Cuánta energía se consume y con qué intensidad se demanda ?
- ¿ Cuáles son los procesos, actividades y usos finales donde se concentra el consumo y la demanda de energía eléctrica ?
- ¿ Se refleja en los resultados el monto del servicio de suministro de energía eléctrica ?
- ¿ Es adecuada la tarifa con la que se me suministra este servicio ?
- ¿Cuál es la eficiencia con la que se usa la energía eléctrica ?
- ¿ Cómo se compara este consumo con el de mis competidores a nivel nacional o con empresas líderes a nivel mundial ?
- ¿ Qué puedo hacer para reducir mis costos por energía y mejorar mi productividad ?

La información obtenida permitirá detectar las áreas de oportunidad de ahorro de energía, mejorar la eficiencia y constituir la línea de referencia contra la cual se compararán y evaluarán los resultados derivados de la aplicación de programas y medidas de uso racional de la energía eléctrica desarrollados como consecuencia de un diagnóstico de energía.

2.1.6. Equipo Principal Utilizado.

Descripción General.

El medidor Metricom Modelo C Serie Universal es un medidor electrónico multifuncional disponible en diferentes configuraciones que reúnen los requisitos de una variedad de servicios: Residenciales y Polifásicos. Todos los medidores son completamente de estado sólido, no tienen partes con movimiento interno a excepción de algunos que cuentan con tc's y tp's internos, además de estar diseñados para operar al aire libre.

El medidor Metricom Modelo C mide y almacena un amplio rango de información para la facturación del consumo de energía eléctrica y análisis de red. Muchos de los parámetros medidos pueden ser archivados para usarse en el análisis de consumo de energía eléctrica en los usuarios finales y en el funcionamiento de la red. Este sistema de medición puede dar un perfil de cómo el usuario está utilizando la energía eléctrica y cuales son sus necesidades particulares de consumo.

De las características sobresalientes de éstos medidores destacan el almacenamiento de más de 20,000 registros de información en los archivos. Tienen capacidad de almacenar simultáneamente archivos de kW, kVAR, kWh, V, A y FP, entre otros. Cada archivo puede tener diferente intervalo de tiempo para ir registrando los valores medidos. La cantidad de espacio disponible determina el número longitud de archivos que pueden estar habilitados para almacenar información en la memoria del medidor, es decir el número y longitud de registros que necesitamos archivar, determinan el tiempo de monitoreo.

Los medidores monofásicos y trifásicos tienen las mismas herramientas, dando una comunicación en tiempo real a los ingenieros. Ofrecen la tradicional información de un medidor convencional, los cuales se presentan a continuación:

- a) kWh.
- b) kW pico de demanda.
- c) kVarh.
- d) kVAR pico de demanda.
- e) Fecha y hora de cada pico de demanda.
- f) Volts totales y por fase (fecha y hora de la mayor y menor lectura).
- g) Amperes por fase (fecha y hora del máximo).
- h) Factor de potencia total y por fase (fecha y hora del mínimo).
- i) kVA total y por fase.
- j) Número de interrupciones de energía.
- k) Tiempo y duración del último apagón.

El medidor Metricom Modelo C ofrece a la industria un rango extremadamente amplio de capacidades, incluyendo:

- **Registros Instantáneos.-** Valores instantáneos de corriente y voltaje para cada fase del servicio, más kilowatts totales (kW), kilovars (kVar), kilovoltamperes (kVA) y factor de potencia por el servicio.
- **Registros de Energía.-** Valores acumulados para Watts entregados y recibidos, Vars adelantados y atrasados derivados desde registros instantáneos acumulados sobre el tiempo.
- **Registros Promedio.-** Los Registros Promedio contienen valores derivados de sumar valores instantáneos sobre un intervalo de tiempo y dividido por el número de valores instantáneos sumados. El intervalo es seleccionable en incrementos de un minuto.
- **Registros de Valores Pico y Mínimos.-** Almacena máximos y mínimos valores que ocurren en el registro promedio hasta que los valores son reseteados a cero y entonces empiezan de nuevo a almacenarse.

Funciones del Medidor.

El medidor Metricom puede desplegar en un display de cristal liquido (LCD por sus siglas en inglés), el contenido de cualquier registro o el contenido de una serie de registros desplegándolos secuencialmente. Los registros internos pueden ser leídos en el lugar o remotamente, utilizando:

- El display LCD del panel frontal.
- El puerto RPLC del medidor utilizando un MetriModem conectado al puerto serial de una computadora o a través del sistema de radio comunicación UtiliNet.
- El puerto óptico del medidor utilizando una punta óptica conectada al puerto óptico localizado en el panel frontal del medidor.

La serie S de los medidores Metricom es:

- 2S.- Para una fase.
- 12S.- Para red de trabajo (Network).
- 9S y 16S para circuitos polifásicos.

Instalación y Conexiones.

Cuando el medidor es instalado, se debe tener cuidado de asegurar una buena conexión a tierra entre el gabinete y las lengüetas de tierra en cada lado de la base del medidor. Se puede checar la conexión a tierra del medidor seleccionando el registro 500.

El diagrama de conexiones para los medidores forma 9S y 16S se muestra en la figura 2.1.

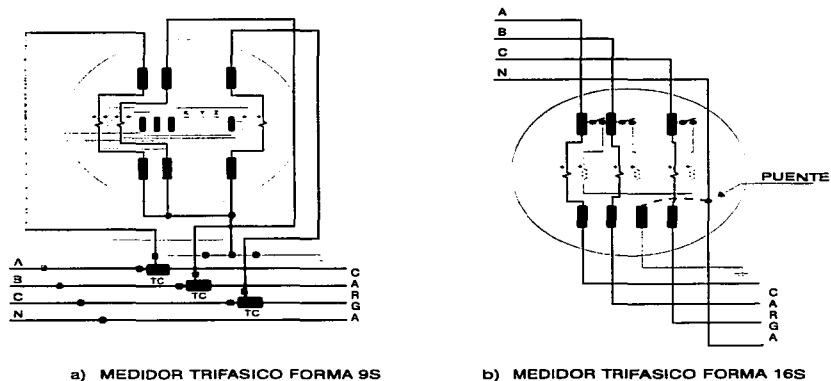


Figura 2.1

Procedimientos de Operación.

Existen 3 tipos de lectura o modificación de los registros del medidor Metricom Modelo C:

1. Panel Frontal.- Cada uno de los medidores modelo C tiene un LCD (Liquid Crystal Display) visible a través de la cubierta frontal. El registro que se desee leer puede ser seleccionado usando las aperturas de luz sensitiva localizadas bajo el display LCD.
2. RPLC.- El RPLC (Reliable Power Line Carrier) permite el acceso directo hacia los registros y funciones internas de los medidores Modelo C.
3. Puerto Óptico.- El puerto óptico localizado en el panel frontal del medidor, puede ser usado como una interface con una computadora.

Controles e Indicadores.

La figura 2.2 muestra la localización de las Aperturas de Luz, el Puerto Óptico, el Test Led y el Demand Reset Switch.

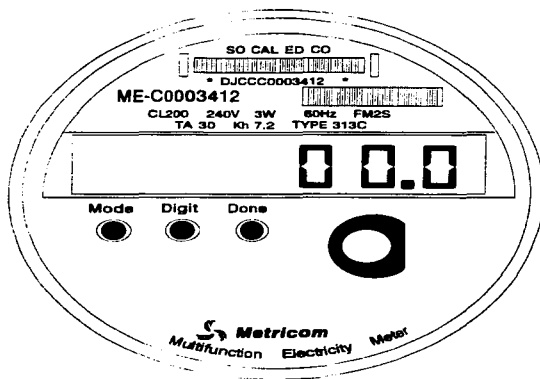


Figura 2.2

Acceso de Registros.

Todos los registros listados en la sección Lista de Registros son preprogramados dentro de todos los medidores Modelo C. El procedimiento para acceder a cualquiera de los registros o funciones del medidor vía panel frontal es utilizando las aperturas localizadas en el panel frontal y con los nombres MODE, DIGIT Y DONE.

El puerto óptico puede ser usado mediante una punta óptica que se conecta a la computadora y utilizando el software "Optical Port", se accesa al medidor.

Pruebas y mantenimiento.

Los registros de prueba 420-425 son utilizados para verificar las comunicaciones del medidor vía RPLC o a través del puerto óptico.

Los registros de Diagnóstico 500 y 501 están provistos para indicar los posibles problemas que pueden estar afectando el correcto funcionamiento del medidor.

Teoría de Operación.

Los sensores de potencial conectados en paralelo a las líneas A y B son divisores de voltaje de alta precisión compuestos por resistores. Estos sensores producen la medición de los voltajes de línea. La corriente de línea es sensada con sensores de corriente conectados en serie a cada línea y cuya señal de salida alimenta a los amplificadores conectados en cascada.

El convertidor Analógico-Digital cambia las señales de medición producida por los sensores de una señal analógica continua variante con el tiempo (típicamente de 60 Hz forma senoidal) a una secuencia de números representados por valores discretos instantáneos de una muestra de medición. La representación numérica (digital) de la señal analógica es entonces leída por el microprocesador.

El microprocesador ejecuta todos los cálculos en el medidor, además de los interruptores de estado sólido, elementos de comunicación y el display. El microprocesador es controlado por el programa del medidor.

Lista de Registros del Medidor Metricom.

Las siguientes tablas agrupan las funciones ejecutadas por los medidores Metricom Modelo C y lista el número del registro standard Metricom para cada registro.

Registros de Energía.

Estos registros pueden ser leídos usando cualquiera de los controles del panel frontal, el RPLC, o el puerto óptico del medidor. La tabla siguiente muestra las capacidades de cada tipo de medidor.

Registro	Descripción	Monofásico	Polifásico
001	kilowatts-hora enviados por todas las fases	X	X
002	kilowatts-hora enviados por fase A	X	X
003	kilowatts-hora enviados por fase B	X	X
004	kilowatts-hora enviados por fase C	X	
005	kilowatts-hora recibidos por todas las fases	X	X
006	kilowatts-hora recibidos por fase A	X	X
007	kilowatts-hora recibidos por fase B	X	X
008	kilowatts-hora recibidos por fase C	X	
010	kilovars-hora atrasados por todas las fases	X	X
011	kilovars-hora atrasados por fase A	X	X
012	kilovars-hora atrasados por fase B	X	X
013	kilovars-hora atrasados por fase C	X	
014	kilovars-hora adelantados por todas las fases	X	X
015	kilovars-hora adelantados por fase A	X	X
016	kilovars-hora adelantados por fase B	X	X
017	kilovars-hora adelantados por fase C	X	

Tabla 2.2 Registros de Energía

Registros Instantáneos.

La siguiente tabla muestra los valores promedio instantáneos para cada medidor Metricom.

Registro	Descripción	Monofásico	Polfásico
020	kilowatts para todas las fases	X	X
021	kilowatts para fase A	X	X
022	kilowatts para fase B	X	X
023	kilowatts para fase C	X	
030	Voltaje A de línea a neutro	X	X
031	Voltaje B de línea a neutro	X	X
032	Voltaje C de línea a neutro	X	
033	Voltaje V_{AB} de línea a línea	X	
034	Diferencia de voltaje entre línea A y línea B	X	
040	kilovars para todas las fases	X	X
041	kilovars para fase A	X	X
042	kilovars para fase B	X	X
043	kilovars para fase C	X	
050	kilovolt-amperes para todas las fases	X	X
051	kilovolt-amperes para fase A	X	X
052	kilovolt-amperes para fase B	X	X
053	kilovolt-amperes para fase C	X	
060	Factor de potencia para todas las fases	X	X
061	Factor de potencia para fase A	X	X
062	Factor de potencia para fase B	X	X
063	Factor de potencia para fase C	X	
070	Corriente por fase A	X	X
071	Corriente por fase B	X	X
072	Corriente por fase C	X	

Tabla 2.3 Registros Instantáneos

2.1.7. Equipos Auxiliares.

Transformadores de Corriente y Transformadores de Potencial (TC's y TP's).

Son unos dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala, las magnitudes de tensión y corriente que se utilizan para la protección y medición de los diferentes circuitos de una subestación, o sistema eléctrico en general.

Los aparatos de medición y protección que se montan sobre los tableros de una subestación no están contruidos para soportar ni grandes tensiones, ni grandes corrientes.

Con el objeto de disminuir el costo y los peligros de las altas tensiones dentro de los tableros de control y protección, se dispone de los aparatos llamados transformadores de corriente y potencial que representan, a escalas muy reducidas, las grandes magnitudes de corriente o de tensión respectivamente. Normalmente estos transformadores se construyen con sus secundarios, para corrientes de 5 Amperes o tensiones de 120 Volts.

Los TC's se conectan en serie con la línea, mientras que los de potencial se conectan en paralelo, entre dos fases o entre fase y neutro.

Los TC's son aparatos en que la corriente secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es proporcional a la corriente primaria, aunque ligeramente defasada. Desarrollan dos tipos de función: transformar la corriente y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión. El primario del transformador se conecta en serie con el circuito por controlar y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y protección que requieran ser energizados.

Los transformadores de corriente cuya función es medir, requieren reproducir fielmente la magnitud y el ángulo de fase de la corriente. Su precisión debe garantizarse desde una pequeña fracción de corriente nominal del orden del 10%, hasta un exceso de corriente del orden del 20%, sobre el valor nominal.

Los transformadores de potencial son aparatos en que la tensión secundaria, dentro de las condiciones normales de operación, es proporcional a la tensión primaria, aunque ligeramente defasada. Desarrollan dos funciones: transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de alta tensión.

El primario se conecta en paralelo con el circuito por controlar y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión de los diferentes aparatos de medición y protección que se requieren energizar.

2.1.8 Diagnóstico del Sistema de Alumbrado.

Para efectuar el diagnóstico del sistema de alumbrado es necesario contar con una serie de equipos e información para conocer el estado real de la instalación eléctrica que permita, junto con las mediciones efectuadas, tener una panorámica del "como está" y "como debería estar" la instalación. El equipo o información requerido para efectuar el diagnóstico es:

Planos arquitectónicos de la instalación.

Luxómetro.

Multímetro para verificar voltajes y corrientes en luminarios.

El método para efectuar mediciones de iluminancia promedio establecido por la IESNA se transcribe a continuación.

El uso de este valor en el tipo de áreas descritas a continuación deberá ser un valor de iluminancia promedio dentro de un 10% de los valores que podrían obtenerse de dividir el área bajo estudio en cuadrados de 0.6 m^2 , tomando lecturas en cada cuadrado y obteniendo un promedio.

Los instrumentos de medición (fotoceldas) deberán colocarse en forma regular a 760 mm del piso.

- a) Area regular con luminarios espaciados simétricamente en 2 o más hileras.(fig. 2.3)
 1. Tome lecturas en r1, r2, r3 y r4 de un área típica interior; repita la operación en r5, r6, r7 y r8 de un área típica central. Obtenga un valor promedio de las 8 lecturas, denominándolo R y use este valor en la ecuación mostrada en el paso 5.
 2. Tome las lecturas en los puntos q1, q2, q3 y q4 en dos áreas típicas de cada lado. El valor promedio de las 4 lecturas se denomina Q y se emplea en la ecuación mostrada en el paso 5.
 3. Tome lecturas en los puntos t1, t2, t3 y t4 en dos áreas típicas de los otros dos lados del espacio. El valor promedio de las 4 lecturas se denomina T y se usa en la ecuación mostrada en el paso 5.
 4. Tome lecturas en los puntos p1 y p2 en las esquinas del espacio bajo medición. El valor promedio se denomina P y será utilizado en el próximo paso.
 5. La ecuación para determinar el valor promedio de iluminancia (PI) es:

$$PI = \frac{R(N-1) + Q(N-1) + T(M-1) + P}{NM} \dots\dots\dots Ec. 2.5$$

Donde: N = Número de luminarios por hilera
M = Número de hileras

- b) Area regular con dos o más hileras continuas de luminarios (fig. 2.4).
 1. Tome lecturas en r1, r2, r3 y r4 localizados cerca del área central. Obtenga el promedio de estas 4 lecturas denominando este valor como R, el cual se usará en el paso 5.
 2. Tome el valor de las lecturas q1 y q2 localizados en el punto medio del área y la parte media de la última hilera y la pared. El promedio de las dos mediciones "Q", se usará en el paso 5.
 3. Tome las lecturas t1, t2, t3 y t4 en la parte final del área. El promedio de estas 4 mediciones denominado T se usará en el paso 5.
 4. Tome lecturas en p1 y p2 en dos esquinas típicas. El promedio de estas dos mediciones denominado P se usará en el siguiente paso.

5. Determine el valor de iluminancia promedio aplicando la siguiente ecuación:

$$PI = \frac{RN(M-1) + QN + T(M-1) + P}{M(N-1)} \dots\dots\dots Ec 2.6$$

Donde: N = Número de luminarios
M = Número de hileras

- c) Area regular con un luminario simétricamente colocado (fig. 2.5).

Tome la lectura de los puntos p1, p2, p3 y p4. Obtenga el valor promedio de las 4 lecturas y el valor obtenido será la iluminancia promedio del área.

- d) Area regular con una hilera de luminarios continua (fig. 2.6).

1. Tome las lecturas de q1 a q6. El promedio de las 6 lecturas se denomina Q en la ecuación del paso 3.
2. Tome las lecturas en p1 y p2 en las esquinas. El valor de las 2 lecturas promediadas se denomina P en la ecuación del paso 3.
3. El valor de iluminancia promedio es

$$PI = \frac{QN + P}{N + 1} \dots\dots\dots Ec 2.7$$

Donde: N = Número de luminarios

- e) Area regular con una hilera de luminarios (fig. 2.7)

1. Tome las lecturas en los puntos q1 a q8 en 4 lugares típicos del centro del área bajo medición promediando las lecturas. Este valor denominado Q se usará en el paso 3.
2. Tome lecturas en los puntos p1 y p2 en las esquinas del área bajo medición. El valor promedio llamado P se usará en el siguiente paso.
3. El valor promedio de iluminancia (PI) esta dado por la ecuación.

$$PI = \frac{Q(N-1) + P}{N} \dots\dots\dots Ec. 2.8$$

- f) Area regular con plafón luminoso (fig. 2.8).
1. Tome las lecturas r1 a r4 localizadas al azar en la parte central del área. El promedio de estas 4 lecturas \bar{R} será utilizado en el paso 5.
 2. Tome las lecturas q1 y q2 localizadas al azar en 0.6 mts. (2 ft) del lado largo de las paredes. El valor promedio (Q) se aplica en el paso 5.
 3. Tome las lecturas t1 y t2 localizadas al azar a 0.6 mts. del lado corto de las paredes. El valor promedio (T) se aplica en el paso 5.
 4. Tome las lecturas en los puntos p1 y p2 localizados en las esquinas opuestas a 0.6 mts. de cada pared. El valor promedio (P) se usa en la ecuación del siguiente paso.
 5. El valor de iluminancia promedio se obtiene aplicando la siguiente ecuación.

$$PI = \frac{R(L-8)(W-8) + 8Q(L-8) + T(W-8) + 64P}{WL} \dots\dots\dots Ec. 2.9$$

Donde: W = Ancho del local
L = Largo del local

Cuando se usa alumbrado general y de tarea (suplementario), la iluminancia en el punto de trabajo debe ser medida con la persona en su posición normal de trabajo. El luxómetro debe estar localizado de tal forma que cuando se tomen las lecturas la superficie de la celda sensitiva este en el plano de trabajo o en la porción del plano en el cual es ejecutada la tarea visual crítica.

Las mediciones de iluminancia pueden ser realizadas bajo condiciones normales de trabajo y para un punto especificado con una combinación de alumbrado natural y artificial disponible. Las consideraciones de la posición del sol y tipo de clima existente deben ser anotados, ya que ambas pueden tener un efecto importante en la distribución de la luminancia. Las áreas de trabajo usadas solamente durante el día pueden ser analizadas en el día; las áreas de trabajo usadas durante el día y parte de la noche deben ser analizadas preferentemente bajo las dos condiciones. La medición nocturna debe hacerse evitando la entrada de otras fuentes de luz.

En un dibujo general del área, se pueden hacer indicaciones de aquellas paredes con ventanales que están expuestas directamente al sol.

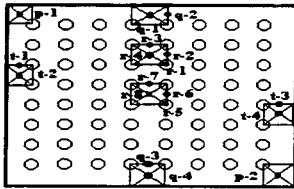


Figura 2.3

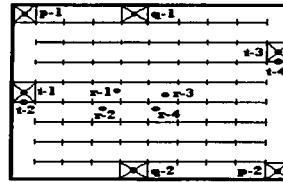


Figura 2.4

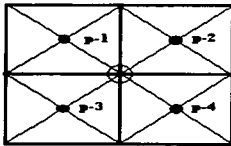


Figura 2.5

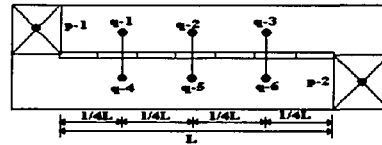


Figura 2.6

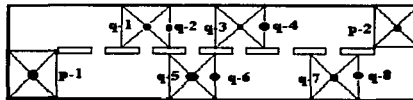


Figura 2.7

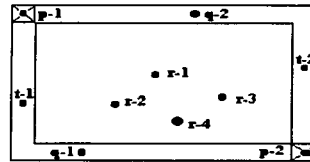


Figura 2.8

Capítulo 3

Tecnología y Acciones para el Ahorro de Energía Eléctrica en Inmuebles

Capítulo 3 Tecnología y Acciones para el Ahorro de Energía Eléctrica en Inmuebles.

Las necesidades de conservación y ahorro de energía tanto a nivel mundial como nacional, hoy en día han tomado una importancia de primer orden, por lo que una cantidad considerable de empresas, han desarrollado y mejorado en los últimos años los sistemas de servicio que requieren las instalaciones para satisfacer las necesidades de ahorro de energía.

3.1. Ahorro de Energía en Iluminación.

3.1.1. Tecnología en Lámparas.

3.1.1.1 Lámparas Incandescentes.

Lámparas de Potencia Reducida.

Este tipo de lámparas están diseñadas con una potencia ligeramente menor que las lámparas convencionales que reemplazan; tienen una emisión luminosa menor, sin embargo, son ligeramente más eficientes (3 a 6%).

Para lámparas de servicio general algunos fabricantes han eliminado los soportes de molibdeno del filamento. Algunos han cambiado la composición del mismo y reducido el diámetro de los hilos alimentadores. Estas técnicas reducen las pérdidas por conducción de calor desde la lámpara.

Para lámparas tipo reflector, se ha mejorado el diseño del reflector permitiendo que, aun con la conducción de potencia y su consecuente disminución de emisión luminosa, se mejore la eficacia comparada con su contraparte convencional.

Lámparas de tungsteno halógeno tipo cápsula.

Estas lámparas contienen una lámpara de cuarzo alrededor del filamento llenado con gas halógeno, el cual disminuye la evaporación del tungsteno, repositándolo en el filamento vía el “ciclo regenerativo del halógeno”. Esta repositación del tungsteno permite al filamento operar a mayor temperatura, incrementando la eficacia y la vida útil de la lámpara. Esta tecnología es usada en lámparas para servicio general y tipo reflector.

Lámparas de halógeno infrarrojas.

Debido a que cerca del 90% de la energía radiada por las lámparas incandescentes es en forma de calor (radiación infrarroja), la eficacia puede ser mejorada por la reflexión de la porción infrarroja del espectro de regreso al filamento de la lámpara.

Las lámparas de halógeno infrarrojas, usan una cubierta de película selectiva y reflectiva en la cápsula de halógeno o en la superficie del reflector. Esta cubierta transmite la luz visible pero refleja la infrarroja de regreso al filamento para incrementar el calor e incrementar la eficacia.

Lámparas con filamento cubierto.

Estas lámparas aun se encuentran en la etapa de investigación y desarrollo; las lámparas con filamento cubierto cuentan con una capa selectiva de transición metal-óxido que les permite tener una baja emisividad en la porción infrarroja y una alta emisión en la porción visible del espectro electromagnético.

Lámparas “E” (lámparas de inducción).

Este tipo de lámparas también llamadas “lámparas de tubo de luz electrónico” operan con un oscilador de 13.56 MHz que genera señales de radiofrecuencia (RF), las cuales son amplificadas y emitidas al interior de un tubo de vidrio a través de una antena. La energía de RF ioniza el mercurio contenido en la ampolla; el plasma ionizado se torna en una anillo conductor que actúa como el secundario de un transformador con núcleo de aire cuyo primario es la antena. El mercurio ionizado transita en diferentes niveles de energía que emiten radiación ultravioleta ($\lambda = 254\text{nm}$) que incide sobre la envolvente formada por tres fósforos que filtran y corrigen la radiación a luz visible.

Como se puede inferir, estas lámparas trabajan similarmente a las lámparas fluorescentes, pero no usan filamentos; combinan las características lumínicas de las lámparas incandescentes con la eficacia de las fluorescentes compactas. Con base en los tipos de fósforos y el material electrónico que utilizan, se estima que tengan una expectativa de vida de hasta 20 años.

3.1.1.2 Lámparas Fluorescentes.

Los avances tecnológicos en el mercado internacional han estado orientados a últimas fechas a la sustitución de las lámparas F40/T12 de 40 Watts, blanco frío en sus tipos tubular y “U”. Así, los principales productos desarrollados son:

Lámparas Ahorradoras.

Estas lámparas tienen criptón añadido al llenado del gas y tienen menos potencia que las F40/T12 convencionales; se fabrican en potencias de 30, 32, 34 W y para las lámparas de 75 W existen las ahorradoras de 60 W y pueden sustituir a las lámparas normales en los sistemas de alumbrado existentes.

En estas lámparas la potencia y la emisividad luminosa se reducen en forma directamente proporcional, de manera que una reducción de la potencia en un 12-15% conlleva una disminución del 18-20% de la emisión luminosa para un sistema de 2 lámparas.

Esta menor emisión luminosa significa que su aplicación más adecuada, en instalaciones existentes, es para reemplazo en áreas sobreiluminadas.

POTENCIA	ENCENDIDO	TEMPERATURA COLOR (K)	INTENSIDAD LUMINOSA (Lúmenes)	EFICACIA lm/W	LONGITUD (cm)
30	A. Rápido	Luz de día	1,950	65.00	122
32	A. Rápido	3,000	2,850	89.06	122
34	A. Rápido	3,000	2,900	85.29	122
34	A. Rápido	Luz de día	2,350	69.12	122
34	A. Rápido	4,100	2,900	85.29	122
30	A. Instantáneo	B. Frío	2,400	80.00	122
60	A. Instantáneo	3,000	5,900	98.33	244
60	A. Instantáneo	4,100	5,900	98.33	244
60	A. Instantáneo	5,000	5,850	97.50	244

Tabla 3.1 Tipos de Lámparas Ahorradoras

Lámparas con fósforos de tierras raras (RE).

La tecnología de fósforos de tierras raras (RE) produce luz visible en la mayoría de las ondas sensibles al ojo humano (rojo, azul y verde), lo cual origina mejor rendimiento de color, mayor eficacia y menor mantenimiento del flujo luminoso. Por razones de mantenimiento del flujo luminoso, las lámparas con RE son fabricadas en diámetros pequeños.

Los fósforos RE aumentan el flujo luminoso aproximadamente 8% sobre los fósforos usualmente utilizados en lámparas fluorescentes convencionales; se fabrican en un amplio rango de temperaturas de color.

POTENCIA (W)	TEMPERATURA COLOR (K)	IRC	FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)	EFICACIA (lm/W)
40	3,000	85	3,300	82.50
40	4,100	85	3,300	82.50
40	5,000	85	3,280	82.00
40	3,000	70	3,200	80.00
40	3,000	73	3,200	80.00
40	4,100	70	3,050	76.25

Tabla 3.2 Tipos de lámparas con fósforos de tierras raras

Lámparas de cátodo recortado (Heater cutout lamps).

Básicamente son lámparas de encendido rápido donde es posible desconectar el elemento calefactor de la lámpara después de que la lámpara ha encendido. Esto se consigue con la incorporación de un interruptor térmico en la lámpara, lo cual reduce la demanda en aproximadamente 2 o 2.5 Watts por lámpara sin disminuir el flujo luminoso.

Lámparas de emisión extendida (Extended output lamps).

Estas lámparas son una versión mejorada de las F40/T12 normales, las cuales debido al gas de relleno, rediseño de electrodos, espesor, fósforos más eficientes y/o cambios en el diámetro del tubo, generan más luz que las F40/T12 obteniéndose los siguientes beneficios: un incremento de la emisión luminosa de 21%, mayor vida de la lámpara (20%) así como mejoras en el mantenimiento del flujo luminoso y mejor IRC.

POTENCIA (W)	IRC	FLUJO LUMINOSO (lúmenes)	EFICACIA (Lm/W)
40	70	3,400	85.00
40	80	3,500	87.50
42	80	3,700	88.09

Tabla 3.3 Tipos de lámparas de emisión extendida

Lámparas Slimline.

Las nuevas lámparas slimline están disponibles en versión ahorradora de 60 Watts con fósforos de tierras raras en diámetros T6, T8 y T12.

Lámparas de alta emisión (HO).

Este tipo de lámparas están disponibles con fósforos de tierras raras y en potencias reducidas (versión ahorradora). Las cubiertas de fósforo de la RE-70 y RE-80 incrementan la emisión luminosa a 9,200 y 9,350 lúmenes respectivamente contra 8,900 lúmenes de la convencional.

Lámparas T8.

Las lámparas T8 están diseñadas para operación a 256 mA con balastro especial que opera a mayor nivel de potencia. Están disponibles en configuraciones tipo recto y "U" con temperaturas de color de 3000, 3500 y 4100 K.

Dependiendo del fabricante tienen cubiertas de fósforo RE-70 o RE-80 y la potencia varía en un rango de 16 a 40 W. Al igual que las lámparas T12, las lámparas T8 tienen una vida promedio de 20,000 horas para operación de encendido rápido a una frecuencia nominal de 60 Hertz.

POTENCIA (W)	TEMPERATURA COLOR (K)	FLUJO LUMINOSO (lúmenes)	EFICACIA (Lm/W)
16	3,000, 3,500, 4,100	1,225	76.56
24	3,000, 3,500, 4,100	2,025	84.37
40	3,000, 3,500, 4,100	3,600	90.00
17	3,000, 4,100	1,400	82.35
32	3,000, 4,100	3,050	95.31
31U	3,000, 4,100	2,650	85.48

Tabla 3.4 Tipos de lámparas T8

Lámparas T10.

Este tipo de lámparas ofrece mayor emisión luminosa y mayor eficacia que las lámparas normales. Fue diseñada para reemplazar lámparas normales cuando se necesita mayor emisión luminosa. La lámpara T10 toma más potencia que la T12 normal.

Lámparas fluorescentes compactas (LFC).

Las lámparas fluorescentes compactas están disponibles en un amplio rango de temperaturas de color (2,700 a 5,000 K) y se fabrican en una gran variedad de tamaños, formas y potencias. El incremento en la disponibilidad de luminarios diseñados para lámparas LFC para edificios nuevos o remodelaciones, implicará que las LFC pueden ser utilizadas en la mayoría de los requerimientos de diseño.

Estas lámparas están disponibles comúnmente en los siguientes tipos:

- a) Lámparas T4 de 2 tubos, 2 terminales (pines). Contienen el arrancador encapsulado en la base. Operan con un balastro tipo reactor en potencias de 5 a 13 W y están disponibles en unidades autobalastadas e intercambiables.
- b) Lámparas T4 y T5 de 4 tubos, 2 terminales. Estas lámparas producen más luz que las de tubos dobles y están disponibles en potencias mayores de 13 Watts.
- c) Lámparas T4 y T5 de 2 y 4 tubos con 4 terminales. No contienen el arrancador en la base de la lámpara. Estas lámparas están diseñadas primariamente para su uso con balastro electrónico.

POTENCIA A (W)	FLUJO LUMINOSO (lúmenes)	EFICACIA (lm/W)	TEMPERATURA COLOR (K)	IRC
5	250	50.00	2,700 - 5,000	82 - 85
7	400	57.14	2,700 - 4,100	82 - 86
9	600	66.67	2,700 - 5,000	82 - 86
13	900	69.23	2,700 - 5,000	82 - 86
15	900	60.00	2,700	82
17	950	55.88	2,700	82
18	1,250	69.44	2,700 - 4,100	80 - 85
23	1,550	67.39	2,700	82
26	1,800	69.23	2,700	82
36	2,900	80.55	2,700 - 4,100	82 - 85
40	3,200	80.00	2,700 - 4,100	82
50	4,000	80.00	3,000 - 4,100	82
55	4,800	86.00	3,000 - 4,100	85

Tabla 3.5 Tipos de lámparas fluorescentes compactas

3.1.2. Balastos Ahorradores de Energía.

Las necesidades actuales de Ahorro de Energía han conducido a que se emitan leyes y normas que exigen mayores eficiencias a los dispositivos que se utilizan en el campo de la iluminación, tal como ha sucedido en otros campos.

En México se han incorporado valores de Factor de Eficiencia del Balastro (FEB) que resultan necesarios de acuerdo a la comercialización mayoritaria del mercado mexicano de balastos, ya que se comercializan en gran volumen los sistemas de 39 watts de encendido instantáneo (F48T12) y en menor volumen los de 34 watts, encendido rápido economizadores y 60 watts, encendido instantáneo (F96T12), también del tipo economizador.

A continuación se muestran los valores del FEB tal como aparece en la Norma Mexicana NMX-J-156-1994-SCFI.

Balastro	Tipo	BEF
2 x 34 W	Encendido Rápido	1.17
2 x 74 W ó 2 x 75 W	Encendido Instantáneo	0.57
2 x 40 W	Encendido Rápido	1.06
2 x 32 W	Encendido Rápido	1.25
2 x 39 W	Encendido Instantáneo	1.06
2 x 32 W	Encendido Rápido	1.23
2 x 60 W	Encendido Instantáneo	0.712

Tabla 3.6

En México existen actualmente tres tipos de balastos ahorradores en lo que se refiere a lámparas fluorescentes:

- a) Balastos de precio bajo económicos.
- b) Balastos de línea normal.
- c) Balastos ahorradores o de alta eficiencia.

Balastos Económicos. Estos balastos predominan en el mercado nacional. Son los de menor costo comparados con los de línea normal y de alta eficiencia, proporcionan una salida del orden del 70 al 80% de la potencia de las lámparas y trabajan a temperaturas máximas permisibles.

Aunque se manejan en algunas ocasiones como opción de ahorro de energía, pues consumen menos potencia que los de línea normal y operan a las lámparas a potencias reducidas o con menos luz, estos balastos presentan el inconveniente de que para poder dar o mantener un determinado nivel luminoso, es necesario aumentar el número de equipos para compensar la disminución de la luz, por otro lado, estos balastos operan con un porcentaje de pérdidas mayor que el de los balastos de línea normal y de alta eficiencia. Este tipo de balastos normalmente no cumplen con el FEB de las anteriores tablas.

Los **balastos de línea normal** operan a las lámparas a plena potencia con la tolerancia que dan las normas $\pm 7.5\%$ de la potencia nominal y 92.5% mínimo de la luz de las lámparas para el caso de encendido rápido. Estos balastos por lo general operan con pérdidas que en por ciento, son menores que las de los balastos de tipo económico. Sus temperaturas de operación normalmente son al máximo permisibles, pero dentro de los valores, y su costo esta entre los económicos y los de alta eficiencia, estos balastos normalmente no cumplen con los FED de las tablas anteriores.

Los **balastos ahorradores o de alta eficiencia** son una real opción para ahorrar energía; operan a las lámparas a plena potencia y luminosidad (con valores dentro de $\pm 7.5\%$ de la potencia nominal) y cumpliendo con el mínimo de luz que se permite en las normas para las lámparas. Operan a temperaturas menores que los anteriores, aproximadamente al 80% de los valores máximos permisibles, lo que permite, de acuerdo con las tablas de expectativa de vida los aislamientos, principalmente del alambre magneto de los devanados, esperar un incremento notable en la vida útil de ellos, la cual puede llegar a ser el doble.

Los balastos de tipo de alta eficiencia cumplen normalmente con los valores de FED que se determinan en las tablas.

En México este tipo de balastos cuenta además con un termoprotector, es decir un elemento que está integrado al balastro y que al producirse sobrecalentamientos en el mismo por cualquier causa, abre el circuito de alimentación, con lo cual el aparato se desenergiza hasta llegar a valores menores de temperatura en los cuales el termoprotector se cierra y así sucesivamente hasta que la causa del sobrecalentamiento sea suprimida. Esto permite dar protección al equipo y a los usuarios evitando los chorreos del compuesto asfáltico que normalmente se utiliza para encapsular y proteger los balastos además de darle protección al mismo equipo.

Los balastos de tipo alta eficiencia pueden operar tanto las lámparas normales, como las equivalentes economizadoras (Energy Saving), dando así una real opción de ahorro de energía.

Existe otra opción en balastos para operar lámparas fluorescentes con ahorro de energía y esta es la de los balastos híbridos.

Los **balastos híbridos** están contruidos como los electromagnéticos a base de devanados o bobinas ensamblados o enrollados sobre laminaciones de acero, sin embargo, los híbridos tienen un circuito electrónico suplementario que efectúa funciones específicas tales como ayudar al arranque de la o las lámparas, o bien efectuando desconexiones de los devanados de tensión de calentamiento de cátodos en los sistemas de encendido rápido.

Este tipo de balastos también cumple con los valores de FED, pueden operar lámparas tanto normales como economizadoras, los hay también para lámparas T-8, pueden ser termoprotégidos y su consumo por pérdidas del propio balastro es menor que los balastos de línea normal y puede también ser de menor valor que los balastos de alta eficiencia.

La última opción que presentamos es la de los balastros electrónicos, estos balastros están contruidos en su totalidad a base de componentes electrónicos.

Los **balastros electrónicos** normalmente están termoprottegidos en base a que no tienen devanados ni laminaciones su consumo por pérdidas en el mismo es muy bajo y la operación de los balastros con la o las lámparas es normalmente a alta frecuencia (del orden de 20 a 60 kHz). Como a altas frecuencias las lámparas fluorescentes son más eficientes, los balastros electrónicos suministran menores corrientes a las lámparas obteniendo un poco de menos luz, o la misma que la obtenida con un balastro convencional, dando por resultado un menor consumo total y una mayor eficacia.

Los balastros electrónicos representan la mejor opción para la operación de los sistemas de iluminación, el único inconveniente es su mayor costo comparado con los otros tipos de balastros (Electromagnéticos e híbridos). Sin embargo, los fabricantes de balastros electrónicos están produciendo balastros cada vez más competitivos en precio.

Los balastros electrónicos por otro lado disminuyen el efecto de parpadeo (flicker) en las lámparas al operarlas a altas frecuencias.

En lo que se refiere a balastros para lámparas de descarga de alta intensidad, se tienen en la actualidad balastros de tipo normal, es decir que operan a plena potencia y a temperaturas normales. Sin embargo, ya existen modelos de alta eficiencia que operan con menor cantidad de pérdidas y con temperaturas del orden del 80% de las temperaturas a que operan los normales.

3.1.3. Luminarios.

Un luminario es la unidad completa del sistema de alumbrado que contiene una o más fuentes de luz (lámparas) y las partes diseñadas para distribuir la luz, además de que sirve para alojar y proteger las lámparas, proporciona el medio por el cual se conecten las lámparas al sistema de suministro. Los componentes del luminario incluyen las lámparas, portalámparas o bases, el balastro, los conductores, el reflector, el difusor y la carcasa en donde se alojan todos estos equipos.

El desarrollo tecnológico en luminarios ha sido dirigido al uso de mejores reflectores y refractores para incrementar el coeficiente de utilización de los equipos de iluminación.

Los materiales reflectores tienen un terminado espejo (especular) que permite redirigir el flujo luminoso de salida; ésto difiere de los reflectores esmaltados, donde se produce una distribución de luz difusa. Los nuevos reflectores incorporan:

- Aluminio anodizado con terminado espejular, cuya reflectividad total es de 85 a 90%.

- Placa especular depositada al vacío, aplicada al frente o atrás de la superficie que es una película de poliéster claro adherido a un sustrato de metal, cuya reflectividad total es de 91 a 95%.
- Aluminio anodizado con terminado especular aumentado con múltiples capas finas de cubierta dieléctrica, con lo cual se obtiene una reflectividad total de 88 a 94%.

Los siguientes tipos de luminarios para alumbrado general representan oportunidades para el ahorro de energía.

Luminarios Abiertos Directos.

Los sistemas abiertos directos no emplean ninguna rejilla. Estos sistemas incluyen luminarios con lámparas fluorescentes para sobreponer o suspender. A menos que éste equipado con reflectores, estos sistemas radian luz en todas direcciones. Los luminarios para sistemas de alumbrado abierto directo a menudo son muy eficientes, con altos valores de CU, con la desventaja que pueden causar incomodidad visual y deslumbramiento desagradable.

Luminarios Abiertos con Reflector Especular.

El luminario abierto básico puede ser equipado con un reflector especular. El reflector especular incrementa la eficiencia y el CU del luminario, ya que más luz es redirigida hacia el plano de trabajo.

Sistemas de Alumbrado Directo con Rejilla.

Los sistemas con pantalla usan alguna forma de lentes ó rejillas para evitar la vista directa de las lámparas en ángulos normales de visión. Los luminarios del tipo suspendido o sobrepuesto incluye, luminarios HID industriales, luminarios fluorescentes con envolvente y luminarios fluorescentes con lentes. Los sistemas empotrados incluyen un luminario HID y un amplio rango de “canaletas” fluorescentes usando lentes o rejillas para controlar el deslumbramiento.

Luminarios con Rejilla y Reflector Especular.

Estos luminarios son similares a los luminarios abiertos comerciales e industriales, sin embargo, están equipados con pantalla de rejilla. Los reflectores especulares pueden incrementar la eficiencia del luminario y el CU.

Canaletas Empotradas con Rejilla Parabólica.

Existen luminarios de grandes y pequeñas celdas parabólicas. Los luminarios de grandes celdas son generalmente más eficientes, mientras que las celdas pequeñas ofrecen mejor control del deslumbramiento. Los luminarios de grandes celdas pueden combinar un control de deslumbramiento agudo con un diseño eficiente de reflector/rejilla.

Luminarios con Rejillas Especular y Semi-Especular.

Estos luminarios tienen componentes de rejillas fabricadas con aluminio anodizado de alta reflectividad. Los terminados semiespeculares son similares al acero inoxidable en apariencia y son el más común por su costo que es relativamente bajo. Sin embargo, su brillantez puede ser suficiente para reflejarse en pantallas VDT, causando una pérdida en la visibilidad de la tarea visual. Los terminados especulares tipo espejo tienden a reducir la brillantez del luminario.

Luminarios Parabólicos Compuestos.

Las áreas de trabajo que tienen pantallas VDT generalmente requieren luminarios y techos de muy baja brillantez para evitar deslumbramientos ocultos o reflejados. Los luminarios parabólicos compuestos, especialmente diseñados, llenan estos requerimientos mucho más eficientemente que las rejillas de cubo parabólicas de pequeñas celdas, las cuales son generalmente usadas para esta aplicación, porque menor cantidad de luz es bloqueada por un número menor de grandes celdas.

Canaletas Normales que emplean lentes equipados con reflector especular.

La canaleta tradicional con lentes puede ser equipada con un reflector especular. La eficiencia de un luminario de dos lámparas de 61 x 122 mm. (2' x 4') equipada con reflector que consta de un diseño de 12 lentes prismáticos (normal) y lámparas adecuadas, se incrementa en aproximadamente 70 a 80% con la adición de un reflector especular. Los valores de CU también se incrementan. El incremento en eficiencia y CU es mayor cuando el reflector es diseñado exactamente para el luminario y la distribución de luz deseada. Los tipos de lentes más comunes, tales como prismático, alas de mariposa (batwing), y polarizado pueden ser usados, aunque no todos los tipos exhibirán la eficiencia incrementada cuando se usen con el reflector.

Sistema de Alumbrado Indirecto.

Los sistemas de alumbrado que radian luz hacia el techo reflejante son llamados sistemas de distribución indirecta, estos sistemas generalmente emplean luminarios suspendidos del techo, sin embargo, la luz en bovedillas y la luz en paredes y muebles también puede ser usada. Los sistemas de alumbrado indirecto usando luminarios bien diseñados y adecuadamente espaciados pueden proporcionar excelente iluminación, uniformidad y ausencia de deslumbramiento. El éxito depende de mantener una alta reflectancia de techo con una brillantez uniforme. De esta forma, una máxima cantidad de luz es reflejada hacia el plano de trabajo, y aún la luz reflejada tendrá menos posibilidades de crear deslumbramientos en la pantalla.

Recientes diseños en sistemas de alumbrado indirecto usan lentes o reflectores especulares para alcanzar una eficiencia elevada del luminario, produciendo una distribución de luz en forma de alas de mariposa cuando se permite el montaje cerca del techo.

Estos diseños pueden incrementar el CU del sistema a un valor cercano, similar de los sistemas tradicionales de gabinete.

Sistemas de Alumbrado de Bovedilla.

Los nuevos diseños en luminarios de alumbrado indirecto, especialmente para bovedillas e instalaciones en cajas incrementan la efectividad de las luces tradicionales en línea y elimina las sombras.

Sistemas de Alumbrado Directo/Indirecto.

Estos sistemas combinan la eficiencia y el alto CU de la iluminación directa con la uniformidad y control de deslumbramiento del alumbrado indirecto. Algunos diseños de alumbrado industrial están limitados para un cierto porcentaje de luz indirecta hacia arriba, algunos sistemas de oficina o escuela son diseñados para tener un balance entre luz directa hacia abajo y luz indirecta hacia arriba.

3.2. Transformadores.

El transformador es una máquina estática que convierte, en general, la tensión de entrada (primaria) a otra distinta de salida (secundaria) basándose en las leyes de inducción electromagnética.

En los transformadores como en todos los equipos, se tienen pérdidas de energía. Aunque las pérdidas representan un porcentaje muy bajo de la energía que transforman. La intensidad en su uso provoca pérdidas significativas si este se encuentra en vacío.

Las pérdidas en el hierro se producen en cuanto se realiza la conexión, y son prácticamente las mismas, tanto si el transformador está en vacío o si está alimentando una carga, cualquiera que ésta sea. Las pérdidas en el cobre se presentan al suministrar la carga y se producen en los embobinados debido al efecto Joule (I^2R). La condición de rendimiento máximo en un transformador se obtiene cuando las pérdidas en vacío (en el hierro) y en los devanados (en el cobre) son iguales.

3.2.1. Acciones de Ahorro de Energía en Transformadores.

1. Desconectar los transformadores que no tengan cargas.
2. Medir periódicamente las pérdidas de energía.
3. Medir periódicamente los consumos de los motores de los ventiladores.
4. Disponer de espacios amplios de renovación de aire en torno a los radiadores.
5. Estudiar consultando al fabricante, la posibilidad de desconexión de la ventilación aún en plena carga, pero con temperaturas ambientes inferiores a las normales.

6. Instalar, en caso de no existir instrumentación de temperatura del aceite (termómetros) y de los bobinados (márgenes térmicos).
7. Estudiar las variaciones de temperatura del aceite del transformador.
8. Analizar el factor de carga del transformador.
9. Ajustar el voltaje, accionando los dispositivos de regulación del mismo, a valores lo más próximos posible al voltaje nominal de las cargas.
10. Instalar autotransformadores, en lugar de transformadores, si las relaciones de transformación son pequeñas.
11. Evitar la conexión en paralelo de transformadores con distinto número de bobinados sin un estudio previo.
12. Redactar manuales de operación con instrucciones concretas.
13. Establecer un programa de formación continua del personal mediante cursos, talleres, seminarios, etc.
14. Establecer el programa de lubricación para las partes móviles.

3.2.2. Acciones de Inversión para el Ahorro de Energía en Transformadores .

1. Desconectar los transformadores de potencia cuando la carga es baja, atendiendo a la demanda con transformadores auxiliares nuevos de menor potencia.
2. Substituir transformadores antiguos de baja eficiencia, por otros de mayor eficiencia.
3. Recuperar el calor en las pérdidas en transformadores, empleándolo para el precalentamiento en circuitos de agua caliente y aire acondicionado.
4. Fraccionar la potencia de los transformadores para atender distintos niveles de carga con unidades de potencia proporcionadas a los mismos.
5. Substituir bobinados cuando las pérdidas en el cobre sean muy elevadas.
6. Instalar sistemas automáticos para la desconexión de los equipos de enfriamiento, si la carga es baja.
7. Corregir desequilibrios de tensión en transformadores acoplados en paralelo, mediante la instalación de autotransformadores interconectados.
8. Corregir desequilibrios de impedancia interna, en transformadores acoplados en paralelo, mediante la instalación de autotransformadores.

3.3. Ahorro de Energía en Motores.

A continuación se hace una breve descripción sobre las oportunidades de ahorro de energía en motores.

Los motores pueden llegar a tener un excesivo consumo de energía si no están adecuadamente montados, si no están bien sujetos a su carga, o en los casos de desbalanceo de fases.

En un motor trifásico es indispensable que los voltajes de fase estén balanceados, si no es así, un pequeño desbalanceo de voltaje produce un gran desbalanceo de corriente y un alto incremento de la temperatura la cual ocasiona la mayoría de las fallas en los motores. En el caso que el desbalanceo de voltaje sea mayor al 1% se tiene que consultar al fabricante o parar el motor.

A pesar de la gran variedad de motores existentes y sus modos diferentes de funcionamiento, físicamente todos ellos están constituidos básicamente por seis componentes: un estator, un rotor, una carcasa, rodamientos, el sistema de lubricación, el sistema de enfriamiento y un eje.

El sobredimensionamiento de motores está sujeto generalmente a muchas críticas. Por otro lado, el uso de velocidades exageradas es un desperdicio notorio de energía.

Es un hecho bien conocido que un motor a plena carga, opera más eficientemente que otro operando a media carga. Lo que no se conoce es que, dentro de ciertos límites, un motor grande que opere a media carga puede ser más eficiente que un motor pequeño que opera a plena carga.

3.3.1. Chumaceras.

Las chumaceras (cojinetes) desgastadas es una de las fallas más importantes en los motores y pueden evitarse por medio de un procedimiento muy sencillo, este consiste en conectar un estetoscopio a un medidor de decibeles y tomar las lecturas en ambos extremos del motor, la medición en la parte frontal será usualmente de 2 a 3 decibeles superior a la lectura tomada en la parte trasera. Si no se observa esa diferencia, la chumacera de la parte trasera probablemente requiera ser lubricada o reemplazada.

3.3.2. Reembobinado de Motores.

La mala práctica de comprar equipos y maquinaria comparando únicamente su costo inicial puede ser desastrosa. Reembobinar un motor quemado es "barato". Comprar el motor más económico del mercado, seleccionar motores sin recurrir a un especialista que los dimensione a la máquina accionada es "barato".

El uso extendido de retirar las bobinas quemadas, por medio de un soplete, martillo y cuña, por lo general daña el aislamiento de las laminaciones del núcleo del estator. Un motor sin aislamiento entre laminaciones tendrá mayores pérdidas por corrientes de Eddy y trabajará más caliente, acortando su vida.

Un rotor que se arrastró sobre el estator, por la falla de un balero, en la reparación, tendrá mayor entrehierro y jamás podrá regresar a sus condiciones de diseño.

Realizando una buena reparación, un motor reembobinado con el cobre de diseño, puede aumentar sus pérdidas de 6 al 12%. Un trabajo mal hecho puede andar entre el 12 y el 20%.

En algunos motores el gasto extra de energía en un motor mal embobinado paga el motor de alta eficiencia. Por lo tanto, la mejor elección de motor será buscar el motor más eficiente, sin ser aún la panacea debido a los bajos precios de las tarifas eléctricas, es incorrecto reembobinar motores viejos sin importar el precio y mucho peor reembobinarlo N veces.

3.3.3. Motores de Alta Eficiencia.

En el caso de que se realice la compra de un motor nuevo, es conveniente que éste sea de alta eficiencia, ya que cuesta aproximadamente un 20% más, pero al cabo de un corto periodo de tiempo esta diferencia en precio se paga con los ahorros de energía que se obtiene. Este periodo de recuperación depende del tamaño del motor y del tiempo de utilización.

A continuación tabla 3.7 comparativa entre motores estándar y motores de alta eficiencia.

Eficiencia Estándar (%)											
Fabricante (HP)	1	2	3	5	7.5	10	25	50	75	100	200
Baldor	77.0	78.5	81.5	80.0	84.0	84.0	89.5	93.0	93.0	91.7	-
GE	72.0	77.0	80.0	85.5	88.5	88.5	90.2	90.2	91.7	91.7	93.6
Lincoln	77.0	80.0	84.0	84.0	85.5	86.5	87.5	91.7	93.0	-	93.0
Marathon	77.0	81.6	81.5	85.5	84.0	86.5	88.5	90.2	91.7	93.0	94.5
Magne Tek	78.5	80.0	81.5	84.0	84.0	86.5	88.5	89.5	92.4	93.0	93.6
Reliance	77.0	77.0	80.0	82.5	85.5	86.5	87.5	90.2	90.2	90.2	92.4
Toshiba	77.0	80.0	82.5	82.5	86.5	87.5	90.2	91.0	92.4	92.4	93.6
US	78.5	78.5	80.0	81.5	84.0	84.0	89.5	91.0	91.0	91.0	94.1
Promedio	76.3	78.5	80.6	83.2	85.3	86.3	88.9	90.9	91.9	91.9	93.5
Alta Eficiencia (%)											
Baldor	82.5	84.0	86.5	87.5	88.5	89.5	92.4	94.1	94.1	94.1	-
GE	84.0	84.0	89.5	89.5	91.7	91.7	94.1	94.5	95.4	96.2	96.2
Lincoln	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	93.6
Marathon	82.5	84.0	86.5	86.5	88.5	89.5	92.4	93.0	94.1	94.1	95.0
Magne Tek	82.5	84.0	89.5	89.5	91.7	91.0	93.6	94.5	95.4	95.4	96.2
Reliance	82.5	84.0	87.5	88.5	89.5	90.2	93.0	94.1	95.0	95.4	95.8
Toshiba	85.5	86.5	88.5	87.5	90.2	91.0	92.4	93.6	94.5	94.5	95.0
US	85.5	85.5	86.5	88.5	89.5	90.2	-	93.6	95.0	95.4	95.4
Promedio	83.6	84.6	87.8	88.2	89.9	90.4	93.0	93.9	94.8	94.8	95.6

Tabla 3.7

Actualmente estos dispositivos resultan ser los más atractivos cuando se hacen inversiones enfocadas a lograr un ahorro energético y económico importante, ya que el costo de la energía eléctrica es siete veces más caro que el de la energía térmica y es que por este motivo que pequeños ahorros de energía eléctrica traen consigo importantes ahorros económicos.

3.3.4. Acciones de Inversión para el Ahorro de Energía en Motores.

1. Adecuar los motores a la potencia necesaria, de forma que trabajen en puntos cercanos al de máximo rendimiento.
2. Instalar limitadores de corriente de arranque.
3. Emplear motores de dos velocidades para variar el flujo de una bomba o ventilador, cuando se dan solamente dos regímenes de funcionamiento.
4. Emplear motores de alta eficiencia.
5. Utilizar un puente rectificador con SCR para suministrar la corriente de excitación en motores de CC con excitación independiente.
6. Emplear motores sincrónicos en vez de asíncrónicos cuando las características de potencia, factor de potencia y eficiencia los justifiquen.
7. Substituir los motores monofásicos por motores trifásicos.
8. Alimentar el motor de arrastre de bombas o ventiladores que deban suministrar flujos variables, mediante sistemas de regulación de velocidad de alto rendimiento.
9. Substituir los rectificadores SCR actuales por otros con mayor número de fases, a fin de evitar pérdidas por exceso de rizado.
10. Cambiar el número de espiras (haces activos) en un motor, cuando sea preciso un reembobinado, en el caso de que el voltaje de alimentación difiera en un $\pm 5\%$ del nominal, y no sea posible corregirlo.
11. Balancear el voltaje de alimentación de los motores de CA.
12. Instalar equipos de control en función de las temperaturas del aceite de lubricación de cojinetes, en los motores grandes, a fin de minimizar pérdidas.
13. Instalar equipos de control del sistema de ventilación, en los motores grandes, a fin de minimizar pérdidas.
14. Instalar bombas, ventiladores y compresores de alta eficiencia.
15. Regular los procesos carga/vacío en compresores a fin de evitar tiempos muertos y arranques bruscos.

3.4. Ahorro de Energía en los Sistemas de Aire Acondicionado.

3.4.1. Sistemas de Control Ambiental.

Antes de efectuar cualquier modificación en los sistemas de aire acondicionado es importante recordar que estos sistemas están diseñados para producir un ambiente cómodo para trabajar, residir o socializar.

Para minimizar el uso de energía en sistemas de aire acondicionado es necesario:

- Producir fluidos de enfriamiento tan eficientes como sea posible.
- Distribuir estos fluidos alrededor del edificio con tan pocas pérdidas de energía como sea posible.
- Evitar sobre enfriamiento o sobre ventilación en los espacios.

Para tener una mayor eficiencia en el uso de la energía, es deseable adaptar el tipo del ambiente a la ocupación del edificio. Tal adaptación se alcanza normalmente a través de sistemas de control de horario. Este control puede ser automático o manual, basado en horarios de tiempo, densidad de ocupación o medición de condiciones ambientales internas.

Se pueden tener algunas estrategias compuestas, tal como el arranque óptimo de la planta de enfriamiento en una o más entradas de aire. En este caso, se considera la temperatura exterior y el período de ocupación, de esta forma, el arranque de la planta de enfriamiento es retrasado hasta tener el tiempo suficiente para llevar al espacio las condiciones de confort. Esto significa que a medida que las condiciones exteriores son menos extremosas, el período de preacondicionamiento es más corto.

Las pérdidas mezcladas son comunes en prácticamente todos los sistemas de aire acondicionado y su eliminación o disminución presenta grandes oportunidades para el ahorro de energía. Las pérdidas mezcladas ocurren cuando un fluido caliente se mezcla con un frío dentro del sistema. A menudo las pérdidas mezcladas son una parte inherente del diseño o resulta de la deterioración de componentes.

Las pérdidas mezcladas pueden ser minimizadas por calentamiento secuencial, enfriamiento y procesos de transferencia de calor latente, por reajustes de los sistemas en ciertos puntos de acuerdo a las demandas de zona; disminuyendo las fugas entre fluidos calientes y fríos, y con mantenimiento a válvulas y humidificadores.

La filosofía básica para la operación secuencial de cualquier fluido es que las etapas puedan ser programadas para que la energía que se desperdicia en una etapa se compense con las economías logradas en etapas anteriores.

La filosofía del control de reajuste es recalibrar la temperatura del tablero(s) del sistema central, basado en la demanda actual de la zona. Las estrategias de reajuste son posibles de alguna forma en la mayoría de los sistemas de zona simple, serpentín con ventilador y ventilador unitario.

Las estrategias de re-uso incluyen la colección y el re-uso de excedentes de fuentes de calor y enfriamiento dentro del edificio o que han sido descargados desde el edificio. El re-uso dentro del edificio requiere la redistribución de excedentes de calor a través de sistemas indirectos de recuperación de calor, o a través de simples aproximaciones directas tales como la transferencia de aire de un sistema a otro.

Las oportunidades para el ahorro de energía que no están clasificadas en los grupos anteriores son principalmente oportunidades relacionadas con equipos y sistemas, esto es, ahorros de energía que se pueden obtener al sustituir equipo existente con nuevas unidades, que sean termodinámicamente más eficientes.

3.4.2. Sistemas de Tuberías.

Las pérdidas de energía en sistemas de tuberías pueden ser debidas a: pérdidas en el bombeo; pérdidas causadas por fugas; pérdidas por calor y ganancias hacia el sistema de tuberías.

Las pérdidas de energía por bombeo pueden ser disminuidas por:

- Reducción de las pérdidas de presión. Cualquier reducción en la caída de presión en el circuito creará un incremento en la proporción del flujo y de aquí en la cantidad de potencia consumida.
- Reducción de la relación de flujo. Reducir la relación de flujo a menudo es una buena oportunidad para ahorrar energía, ya que los sistemas están invariablemente sobredimensionados, especialmente donde se han implementado esfuerzos para reducir la carga del espacio.
- Reducción de horas de operación. Esta es una acción particularmente atractiva y efectiva en donde se debe hacer un esfuerzo dirigido a operaciones con horarios establecidos para cubrir las necesidades de calentamiento o enfriamiento.

Las pérdidas en tuberías se producen por pérdidas en la conducción y por fugas, las cuales causan pérdidas indirectas al incrementar las pérdidas de calor en tuberías a través de aislamiento húmedo. Las fugas en los sellos de la bomba es una fuente común de pérdidas, en tanto que las pérdidas de conducción en tuberías son las más fuertemente influenciadas por: la temperatura del fluido que es transportado, el nivel de aislamiento y el tiempo que el fluido calentado es mantenido. Reduciendo cualquiera de estos tres factores se obtendrán ahorros de energía. Reduciendo la temperatura del flujo (o incrementándolo para enfriamiento) durante el periodo de carga se pueden reducir pérdidas efectivamente.

3.4.3. Sistema de Ductos.

Las pérdidas de energía en un sistema de ductos son clasificados en tres áreas que son:

1. Pérdidas de energía por conducción y fugas de aire desde el ducto dentro del edificio.
2. Pérdidas de energía al impulsar aire a través del sistema y
3. Pérdidas ocurridas como resultado de aire frío entrando al sistema de ductos o aire caliente dejando el sistema de ductos y el edificio.

La primera causa puede ser eliminada reduciendo fugas de aire y mejorando el aislamiento del ducto; la segunda mejorando el aire fresco y sellando el humidificador de salida, pero generalmente los mayores beneficios son posibles en el tercer tipo, estos es, en la energía en el ventilador.

Las pérdidas por ventilación pueden ser minimizadas mediante:

- Reducción de relación del flujo. La reducción de flujo del volumen de aire total es posible cuando las cargas de aire acondicionado o calefacción son reducidas, donde las diferenciales de temperatura del aire de suministro pueden ser disminuidas.
- Reducción de resistencia en ductos. Esta puede ser alcanzada por la identificación y corrección de caídas de presión excesivas a través de los componentes del sistema de ductos. Es muy importante recordar que solamente la resistencia incrementará la proporción de flujo y por lo tanto las necesidades de potencia y energía del ventilador.
- Reducción de horas de operación. Esta estrategia es particularmente atractiva, para bombas ya que la potencia en los ventiladores de un edificio completo es normalmente mucho mayor que para las bombas.
- Mejorar la eficiencia del ventilador y la propulsión. Se pueden considerar ventiladores más eficientes pero rara vez tienen una relación costo-beneficio aceptable. La reducción en las necesidades de potencia del ventilador también puede traer ahorros en demanda eléctrica.

3.4.4. Bombas de Calor.

Los tipos de bombas más comúnmente usados son bombas de calor de compresión de vapor impulsados por motor eléctrico y sistemas de absorción alimentados con calor.

La eficiencia del proceso depende grandemente de las temperaturas de condensación y evaporación. Por lo tanto, la elección e implementación de fuentes de calor y disipadores de calor pueden ser hechas con mayor cuidado para minimizar la temperatura de condensación así como la diferencia entre temperaturas de condensación y evaporación.

Las bombas de calor tienen partes frías y calientes, por lo tanto pueden perder calor no sólo en los espacios no contemplados para ser calentados sino que también pueden remover calor de los espacios calentados.

El uso de válvulas solenoide y bombas de operación hacia abajo reducirán las pérdidas cíclicas previniendo la transferencia de carga del refrigerador hacia el lado del ventilador durante períodos de standby. Si un sub-enfriamiento del condensado caliente puede ser usado para precalentar aire fresco de entrada, las pérdidas de la expansión adiabática pueden ser reducidas, mejorando la eficiencia del proceso.

3.5. Control de Iluminación.

En la actualidad se maneja el concepto de control digital directo (DDC por sus siglas en inglés), y es aquel que se ha diseñado para aprovechar el uso de la energía en cualquiera de sus formas ya sea térmica, luminica, etc. a un costo bajo y un rendimiento mayor.

La iluminación es uno de los aspectos de mayor consumo energético en todas las instalaciones y con los sistemas de control directo se permite el encendido y apagado de la iluminación automáticamente en base a los programas de uso de las diferentes áreas o en función de los niveles de iluminación adecuados a la utilización del área en cuestión.

3.5.1. Criterios básicos de diseño.

El sistema de iluminación tiene como característica de diseño el proporcionar el nivel de iluminación requerido dependiendo del espacio a un costo bajo. El objetivo es proveer o mantener la calidad de la luz y reducir aún más sus energía de consumo por cargas luminosas.

- El análisis es:
- a) Calidad de la iluminación
 - b) Intensidad y cantidad de iluminación
 - c) Iluminación directa
 - d) Iluminación directa o difusa
 - e) Fuentes de iluminación
 - f) Procedimiento de mantenimiento
 - g) Re-proyección del sistema de iluminación
 - h) Reemplazo y modificación de instalaciones
 - i) Sistemas de control (Programación)

3.5.2. Programación de Encendido y Apagado.

Se debe tomar en cuenta que el personal de seguridad y/o mantenimiento no estará siempre en la disponibilidad de acatar las instrucciones en el sentido de desconectar determinados circuitos a determinadas horas; se recomienda instalar desde el sencillo apagador de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc., hasta equipos programables que conectan y desconectan circuitos según las necesidades de trabajo.

El sistema deberá incorporar los programas necesarios para la conexión y desconexión del sistema de alumbrado. Los programas diferenciarán el tratamiento a dar al alumbrado de las zonas internas y al de las zonas periféricas.

Alumbrado de zonas internas. El tratamiento de las zonas internas del edificio es similar al de los programas de arranque-paro a horario fijo en función del horario de ocupación del edificio.

Alumbrado de zonas externas. El programa de las zonas periféricas del edificio, deberá tener en cuenta no solo el tiempo de ocupación sino, que es función del nivel lumínico existente en cada zona, detectado por celdas fotoeléctricas con dispositivos de retardo incorporado que indicarán al ordenador el momento de iniciar los programas de conexión-desconexión adecuados.

Al igual que la iluminación, no todos los equipos en una instalación deberán estar trabajando las 24 hrs. del día, de manera que el sistema de DDC para el manejo de instalaciones puede encender y apagar automáticamente los equipos de acuerdo al programa de utilización de estos.

3.5.3. Características de los equipos programadores.

El control inteligente de iluminación es un controlador de aplicación programable que ejecuta control ON/OFF en circuitos eléctricos y otro tipo de cargas como manejadoras, extractores, ventiladores auxiliares, etc., para edificios de oficinas, habitaciones, plantas industriales, centro de control de motores, etc.

Con el fin de controlar correcta y eficazmente una carga de iluminación en un edificio un sistema deberá ser capaz de lo siguiente:

- Abastecer un control ON/OFF de las cargas de iluminación de cuando menos 20 Amp. a 220 VCA.
- Ser capaz de controlar un número relativamente grande de cargas.
- Ser capaz de agrupar cargas individuales en grupos definidos de control por usuario o zonas las cuales pueden incluir cargas comunes a más de un grupo.
- Aceptar un gran número de entradas para anular de forma inmediata la operación automática y recuperar la iluminación en el área deseada.

El sistema también debe tener la capacidad de:

- Permitir al usuario redefinir o reconfigurar los grupos de control fácilmente.
- Monitorear el uso de las cargas controladas.

El controlador puede operar con un máximo de 40 relevadores programados independientemente en función del tiempo. El usuario puede interrumpir las funciones por medio de comandos telefónicos, interruptores de pared, fotoceldas, sensores de movimiento, etc..

3.5.4. Tipos de Controles.

Apagadores. El control de alumbrado más simple, barato y más ampliamente usado es el apagador. Sin embargo, la mayoría de los usuarios se olvidan de él y aunque se han ideado métodos simples y económicos para agregar interruptores en áreas cerradas, se ha olvidado desarrollar una cultura energética en los usuarios.

Atenuadores (Dimmers). Los atenuadores son usados básicamente para regular el flujo luminoso de las lámparas; esta atenuación puede reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica al limitar la potencia de entrada. Durante años su aplicación fue exclusiva para lámparas incandescentes pero hoy en día su uso ha sido extendido a conjuntos de lámparas fluorescentes-balastos electrónicos.

Existen los siguientes tipos:

- a) Atenuador con una resistencia conectada en serie con la lámpara. Este dispositivo no produce ahorro de energía alguno y genera calor en el equipo de control.
- b) Atenuador con autotransformador. Reduce la tensión en las terminales de la lámpara y proporciona una atenuación suave, silenciosa y confiable sin introducir radiointerferencia; tiene como desventajas ser voluminoso, pesado y más costoso que el anterior.
- c) Atenuador con componentes de estado sólido. Usa SCR's (rectificadores controlados de silicio), tienen las mismas características de funcionamiento que el anterior, es más ligero pero puede ocasionar ruido electromagnético y audible.

Temporizadores (Timers). Los interruptores de tiempo reducen el consumo de energía delimitando los períodos de operación en sistemas operados manualmente o automáticamente. ofrecen una gran potencial de ahorro de energía en aplicaciones en donde es posible establecer horarios definidos ya que conectan y desconectan cargas específicas en horarios preestablecidos. Los temporizadores pueden ser del tipo electromecánico o con microprocesador y están disponibles en una gran variedad.

Un temporizador electromecánico es capaz de activar una carga varias veces al día. los límites de tiempo varían desde unos minutos hasta 12 horas. Otros temporizadores pueden programarse para diferentes horarios haciendo distinción de los días de la semana. Algunas unidades tienen su fuente de alimentación propia de respaldo, la cual puede sostener la operación del contador de tiempo hasta por un periodo de 16 hrs. en caso de una interrupción de energía eléctrica.

Los temporizadores con microprocesador cuyo funcionamiento es análogo a los anteriores, pueden efectuar 28 o más operaciones de encendido-apagado en un periodo de una semana y también se encuentran disponibles unidades modulables para controlar desde 1 hasta 32 cargas individuales.

Sensores de Ocupación (Presencia). Estos sensores proporcionan un control local de encendido-apagado de los equipos de alumbrado en respuesta a la presencia o ausencia de ocupantes en un espacio particular y reducen el consumo de energía al limitar los períodos de funcionamiento innecesarios de los equipos de iluminación. Los sensores de presencia generalmente son baratos, fáciles de instalar y existen con diferentes características de operación, lo cual permite gran flexibilidad en el proceso de diseño y selección.

Estos dispositivos usan dos tipos de tecnología para detectar la presencia del personal en un área determinada. La primera es por medio de controles ultrasónicos y la segunda con controles infrarrojos activos o pasivos. Ambas tecnologías operan en forma similar ya que al detectar actividad en el área bajo control envían una señal de bajo voltaje a un relevador auxiliar o a un interruptor que enciende el alumbrado cuando los ocupantes entran y

permanecen en un espacio. Los equipos son desconectados después de que el espacio es desocupado dentro de un periodo de tiempo predeterminado y ajustable.

Los controles ultrasónicos usualmente son montados en el techo, operan con base en el movimiento y detectan las ondas de ultrasonido emitidas en el espacio.

Los controles infrarrojos activos trabajan con un principio similar al radar. Transmiten rayos infrarrojos y activan el sistema de alumbrado cuando se detecta un cambio en la luz reflejada. Los controles infrarrojos pasivos operan percibiendo el calor del cuerpo humano; son llamados pasivos porque detectan en lugar de transmitir energía.

Sensores de Luz. Son dispositivos fotoeléctricos que permiten a un sistema de alumbrado responder a cambios en el entorno. La luz incidente en la celda genera una diferencia de potencia proporcional al nivel de iluminación (iluminancia) que se tiene en el espacio. Esta señal es comparada por un circuito electrónico de la celda, el cual cuando detecta un cambio puede enviar dos tipos de salida: en la primera activa un interruptor mientras que en la segunda, se envía una señal a un controlador que regula la salida de luz.

Los sensores de luz comúnmente llamados fotosensores o fotoceldas, han sido usados para controlar instalaciones de alumbrado exterior. Los fotosensores con salida variable son usados para controlar sistemas de alumbrado a través de una salida que responde a la luz del día. Esto significa producir un nivel de iluminación balanceando la cantidad de luz natural disponible con la luz producida por el alumbrado artificial.

3.6. Mantenimiento.

El mantenimiento tiene como finalidad lograr la máxima vida económica de los bienes físicos de una empresa, un edificio, incluyendo equipos, sistemas o productos. Para que los trabajos de mantenimiento sean eficaces y eficientes, son necesarios el control, la planeación del trabajo y la distribución correcta de la fuerza humana, logrando así reducir costos.

Para lograr lo anterior es necesario establecer los lineamientos de mantenimiento, practicarlos, evaluar y asegurar resultados. Existen cuatro tipos de mantenimiento que son: Correctivo, Preventivo, Predictivo y Creativo.

Mantenimiento predictivo. Su característica es prever y evitar las fallas con base en observaciones que indican tendencias. Es logable por el desarrollo de las diferentes acciones de mantenimiento previas a la falla, con base a estadísticas y evaluaciones, que incluyen:

- Diagnóstico del estado bien físico.
- Historial de servicio.
- Condiciones de operación, análisis de ingeniería, inspección y prueba.

Mantenimiento preventivo. Su característica es tratar de evitar que las fallas ocurran, mediante el servicio, reparación o reposición programada. Es más económico que el correctivo y debe alentarse.

Mantenimiento creativo. En este mantenimiento se fomentan las bases para la inventiva, creatividad e investigación. Se “trasciende”, se va más allá en la modificación del diseño original. Se crean acciones para dar un mantenimiento más económico, usualmente alargando periodos o definitivamente eliminando la necesidad de dar mantenimiento, “el mejor mantenimiento es el que no hay que dar” (porque no es necesario); requiere de ingenieros de alta capacidad, experiencia y creatividad. Es el mantenimiento más económico y es ingeniería por excelencia.

Mantenimiento correctivo. Su característica es remediar las fallas a medida que se presentan, ya sea por síntomas claros y avanzados o por paro del equipo, instalación, etc. Es el tipo de mantenimiento más generalizado, quizá por ser el que requiere menos conocimientos y organización. Es, a final de cuentas, el menos económico y como tal debe minimizarse.

3.6.1. Niveles de Mantenimiento.

La forma común en que se da mantenimiento es por inspecciones y mantenimientos menores y rutinarios en un periodo fijo. Después de dar este tipo de mantenimiento un cierto número de veces, se da un mantenimiento mayor; en forma consecutiva, después de un cierto número de mantenimientos mayores, se puede dar rehabilitación o adecuación e inclusive se puede ocasionalmente hacer que, después algunas rehabilitaciones, se proceda a reconstruir el equipo.

Por razones obvias de control no es recomendable variar arbitrariamente los periodos entre los mantenimientos menores, conservar en lo posible el número constante entre los mayores y variar sólo la frecuencia entre rehabilitaciones, o sea la cantidad de mantenimientos mayores entre ellas.

Una secuencia típica entre mantenimientos es, por ejemplo, después de cuatro mantenimientos menores dar un mantenimiento mayor y después de los primeros ocho mantenimientos mayores efectuar la primera rehabilitación; la segunda rehabilitación podría llevarse a cabo después de tres mantenimientos mayores y la siguiente ser ya una reconstrucción.

3.6.2. Mantenimiento del Sistema de Iluminación.

Analizando la ecuación 3.1 observamos que el nivel de iluminación está en función de 4 parámetros: los lúmenes iniciales emitidos por el total de las lámparas, el coeficiente de utilización del luminario empleado y las características del local, el factor de mantenimiento y el área del local por iluminar. Cabe hacer notar que la altura del cuarto y la altura de montaje de los luminarios son consideradas en el Cu.

En este Cu es fundamental la reflectividad de las superficies interiores del luminario y su geometría; de aquí la importancia de mantener estas superficies en condiciones semejantes a las originales. En cuanto a los lúmenes de las lámparas y el área del local, son parámetros que no podemos mejorar con el mantenimiento. Sobre los dos parámetros restantes sí podemos influir para tener niveles mayores de iluminación.

$$\text{Nlum} = \frac{\text{Ix} \cdot \text{Área}}{\text{Cu} \cdot \text{Fm} \cdot (\text{lúmenes/lamp})(\text{lamps/lumin})} \dots \dots \dots (\text{Ec. 3.1})$$

Otro punto importante dentro del mantenimiento, es la sustitución rápida de los elementos fallados o en mal estado para que esto no resulte en detrimento de los demás elementos del sistema y de los niveles de iluminación.

Para que el Cu sea de un valor elevado, es necesario que las superficies del local (paredes y techo, principalmente) tengan una alta reflectancia, lo que se logra al pintarlas con colores claros. Es posible incrementar el valor del Cu hasta en un 30% cuando las superficies que han perdido su reflectividad por la suciedad en el local o el deterioro de su acabado se repintan con colores claros.

Para conservar la reflectividad de las superficies interiores del luminario, es necesario: limpiar y lavar periódicamente y en su caso, repintar y sustituir la lámina principal; es conveniente estudiar el sobreponer una nueva lámina pintada o especular.

El Factor de mantenimiento toma en cuenta la depreciación de lúmenes de la lámpara, la depreciación por polvo en el luminario y la depreciación por suciedad del local, entre otros factores.

La mayor pérdida de luz puede atribuirse usualmente al polvo y suciedad acumulado en la lámpara, en las superficies del luminario que controlan el flujo luminoso y en el difusor. La depreciación debida al polvo acumulado en estas superficies depende de su ángulo de inclinación, acabados, temperatura, propiedades electrostáticas y del grado de ventilación, de su hermeticidad al polvo y de la contaminación existente en la atmósfera circundante. Esta acumulación de polvo significa un factor muy importante para la pérdida de luz.

Debido a la acumulación de suciedad en las paredes del local, se reduce su capacidad de reflexión y por consiguiente, la cantidad de iluminación en el plano de trabajo. La limpieza o repintado periódico de techos, paredes y otras superficies (plafón falso, puertas, ventanas, etc.) reduce el efecto de acumulación de suciedad en éstas. Es importante en el repintado el considerar aspectos tales como el acabado superficial, color, brillo, propiedades electrostáticas y lavabilidad.

La suciedad en el local se considera que proviene de dos fuentes: aquella que pasa de atmósferas adyacentes al local donde se encuentra el luminario; esta última puede clasificarse como adhesiva, atraída o inerte y puede provenir de fuentes constantes o intermitentes. En todos los casos se disminuye el coeficiente de reflexión.

Adhesiva.- Se pega a las superficies del local y luminario debido a lo adherente de su naturaleza.

Atraída.- Se mantiene por efecto de fuerzas electrostáticas.

Inerte.- Variará en acumulación, prácticamente no existe en superficies verticales hasta tanto como pueda soportar una superficie horizontal antes de ser desalojada por la gravedad o circulación del aire.

En general, la limpieza de las diferentes superficies de los luminarios y de las lámparas puede ser llevada a cabo con un trapo húmedo, agua y jabón, cuando así se requiera. Se debe tener cuidado cuando se realice esta actividad y estén energizadas las líneas, procurando no tocar aquellas partes que estén en contacto directo con las líneas. Si las superficies de muros y techos tienen suciedad acumulada o presentan deterioros en sus acabados, es recomendable repintarlas y aprovechar la ocasión para hacerlo con colores claros, si no eran utilizados estos anteriormente.

Por otra parte, cuando se presentan fallas en los componentes del sistema de alumbrado, la tardanza en su sustitución trae como consecuencias mayores problemas al sistema de alumbrado. Los niveles de iluminación se reducen si dejan de funcionar una o más lámparas de un luminario y no son sustituidas; el balastro seguirá consumiendo energía aunque las lámparas no emitan luz, pudiendo además llegar a sobrecalentarse, reducir su vida y la de los demás componentes.

Los valores de iluminancia pueden recuperarse periódicamente mediante la limpieza de los luminarios y el remplazo oportuno de las lámparas. El intervalo más económico para efectuar la limpieza de una instalación de alumbrado dependerá del tipo de luminario, del grado de acumulación del polvo y del costo de dicha limpieza. No seguir este procedimiento tendrá como consecuencias:

- Niveles de iluminancia substancialmente inferiores a los iniciales.
- Reducción del rendimiento económico de la inversión efectuada.
- Aspecto de abandono de toda la instalación de alumbrado.

3.6.3. Acciones de Mantenimiento a Transformadores.

Semanal:

1. Vigilar niveles de los líquidos de enfriamiento.
2. Comprobar periódicamente el funcionamiento correcto de los motores de ventilación.

3. Eliminar periódicamente depósitos de polvo en el equipo de ventilación:
 - Aspas de ventiladores.
 - Rejillas de filtrado de aire.
 - Superficie de radiadores.
4. Comprobar el funcionamiento correcto de los aparatos de medida de temperatura.
5. Comprobar el funcionamiento de alarmas por temperatura.
6. Revisar y calibrar instrumentación.
7. Limpiar o substituir filtros de aceite.
8. Analizar el estado del aceite con la frecuencia recomendada por el fabricante.
9. Efectuar, en su caso, los procesos de regeneración de las condiciones del aceite que resulten aconsejables después de su análisis.
10. Ejecutar las operaciones de mantenimiento recomendadas por el fabricante.
11. Renovar el secador del aire del conservador en el plazo establecido, o cuando su color comience a alterarse.
12. Mantener en buen estado los motores de los sistemas de enfriamiento.
13. Reparar fugas en el sistema y válvulas de enfriamiento.

Trabajos Generales.

1. Maniobras de desconexión y conexión (libranzas).
2. Preparación de equipos de pruebas.
3. Desconexión y limpieza.
4. Pruebas de factor de potencia a devanados.
5. Pruebas de resistencia de aislamiento.
6. Pruebas de corrientes de excitación.
7. Pruebas de factor de potencia a boquillas.
8. Pruebas de relación de transformación.
9. Pruebas de medición o determinación de impedancia.
10. Pruebas de rigidez dieléctrica del aceite.
11. Revisión y limpieza al gabinete de control.
12. Eliminación de fugas.
13. Mantenimiento al cambiador de derivaciones.
14. Pruebas de operación y control.

3.6.4. Acciones de Mantenimiento a Motores.

Entre las actividades de mantenimiento preventivo a motores se pueden señalar las siguientes:

1. Medir periódicamente el voltaje de alimentación, evitando salirse del rango, para verificar el balanceo de fases. Téngase en cuenta que una fluctuación del 3% en el voltaje puede suponer un aumento del 25% en la temperatura del motor.

2. Inspeccionar las condiciones ambientales para comprobar que no está sometido a una atmósfera con polvo, humedad u otros contaminantes.
3. Medir periódicamente la temperatura ambiental cerca del motor y compararla con la de la placa.
4. Medir la temperatura de la carcasa del motor.
5. Inspeccionar las conexiones.
6. Asegurar una lubricación adecuada de todos los cojinetes.
7. Verificar el estado de desgaste de las escobillas de los anillos en los motores de rotor bobinado y proceder a su sustitución, si es necesario.
8. Comprobar el balanceo entre fases de los capacitores de compensación del factor de potencia en motores asíncronos, para evitar corrientes de circulación que producirían pérdidas energéticas.
9. Inspeccionar si hay cortocircuitos totales o parciales en los polos de un motor síncrono o en los de un motor de CA.
10. Almacenar los repuestos en ambiente seco, para evitar la corrosión y degradación del aislante.
11. En el caso de producirse una avería, efectuar un análisis detallado para determinar la causa antes de instalar una nueva unidad y comprobar si el mantenimiento efectuado ha sido o no el adecuado.
12. Verificar el calentamiento de cojinetes
13. Efectuar los cambios de grasa o aceite de cojinetes, eliminando la suciedad o materiales envejecidos.
Substituir las piezas susceptibles de desgaste en los acoplamientos entre motor eléctrico y máquina arrastrada.

3.6.5. Acciones de Mantenimiento al Sistema de Aire Acondicionado.

1. Comprobar que el sistema de agua de refrigeración funciona correctamente.
2. Limpiar los condensadores del sistema de aire acondicionado para reducir la potencia de los compresores.
3. Limpiar las rejillas del paso del aire acondicionado para evitar obstrucciones.
4. Calibrar periódicamente los sensores que controlan las aperturas de las entradas y salidas de aire de ventilación.
5. Desconectar el aire acondicionado durante las horas de no trabajo.
6. Mantener las puertas y ventanas cerradas para impedir la salida del aire acondicionado.
7. Aislar las zonas que requieran de una gran ventilación.

Capítulo 4

Diagnóstico Energético en el Edificio Prisma de la Lotería Nacional

Capítulo 4 Diagnóstico Energético en el Edificio Prisma de la Lotería Nacional.

4.1 Objetivo.

Identificación de los patrones de utilización de energía eléctrica en las instalaciones del Edificio Prisma de la Lotería Nacional con el objeto de proponer soluciones alternativas sobre el uso racional y eficiente de la energía en esas instalaciones.

4.2 Diagnóstico Energético.

4.2.1 Identificación del Edificio.

El edificio Prisma de la Lotería Nacional se encuentra ubicado en Paseo de la Reforma y Avenida Juárez en la colonia Tabacalera, México D.F., estas oficinas cuentan con una demanda contratada ante la compañía de Luz y Fuerza del Centro de 900 kW. en tarifa 03 con tasas de facturación aplicables en la región central.

Las características físicas de este edificio son las siguientes:

- * 26 pisos que albergan oficinas en su mayoría, todas cuentan con sistema humidificador y aire acondicionado para distribución a la planta correspondiente, en el piso 26 se encuentran las unidades centrifugas, calderas, torres de enfriamiento, manejadoras de aire y los depósitos de agua para los diferentes servicios del inmueble.
- * 2 niveles inferiores.
- * Planta baja, aquí se encuentra la recepción y el acceso a los elevadores, el edificio cuenta con 4 elevadores de servicio y un privado.
- * 2 sótanos en donde se encuentra el equipo de bombeo de agua potable hacia el último nivel, la planta de emergencia, subestación eléctrica y los sistemas de interrupción principales de energía eléctrica, el elevador de servicio es el que tiene salida en los sótanos además de escaleras de servicio.

Este edificio tiene forma triangular con ventanales de cristal opaco a los lados, no cuenta con aperturas en los ventanales o algún tipo de sombreado exterior cerca de estos lo que ocasiona que no haya circulación de aire en el interior y los rayos del sol incidan directamente al interior del inmueble, en consecuencia se produce un exceso de calor por la incidencia de la luz solar sumado al que generan las lámparas encendidas, por lo que para remover este calor el sistema de aire acondicionado tiene que estar encendido continuamente, este edificio cuenta también con escaleras de servicio en el interior.

4.2.2 Recopilación de la Información.

Las actividades de monitoreo e inspección física en este edificio forman parte de un diagnóstico a efectuarse en estas oficinas con la finalidad de conocer las condiciones de operación de la instalación eléctrica y obtener una base de datos reales de consumo, potencia, corriente, tensión, factor de potencia. Para complementar este trabajo se cuenta con información del historial de facturación correspondiente al año 1996.

Adicionalmente se realizó en el año de 1993 un censo de carga de los equipos instalados por parte del departamento de construcción y mantenimiento.

Como primera actividad de este trabajo se obtuvo información del historial de facturación más reciente para saber que acciones podrán tomarse en consideración para la reducción del monto de la facturación por energía, porque existe gran preocupación y ya se han tomado acciones al respecto dando soluciones viables para que se lograra el financiamiento e implantación de un programa de ahorro de energía en las instalaciones, debido principalmente al elevado costo de las facturas por energía eléctrica que se han estado pagando.

4.2.3 Facturación.

El historial de facturación que se obtuvo se muestra en el anexo I, el período comprendido en el historial abarca desde el 25 de septiembre de 1995 al 23 de octubre de 1996, los datos de este período se consideraron suficientes para establecer un nivel estándar de consumo, en la tabla siguiente se encuentra lo más relevante de esta información.

Resumen de datos de facturación			
VARIABLES	Promedio mensual	V. mínimo	V. máximo
Demanda (kW)	683.8461	456	836
Consumo (kWh)	161.323.08	129,600	185,600
F.P.(%)	88.576	87.186	90.01
Facturación (NS)	127,059.65	102,980.8	152,012.9

Tabla 4.1

De los datos de las facturas proporcionadas para este estudio se sabe que la Tarifa Eléctrica utilizada es la 03 (tarifa para servicio general para más de 25 kW de demanda en baja tensión) dentro de la región central, en la cual los cargos por demanda máxima son de \$73.223 y el cargo por consumo es de \$0.46280/kWh a partir del 11 de Diciembre de 1996, se aclara que estas tarifas tienen un aumento en el costo de la energía del orden del 1.2% mensual.

4.2.4 Censo de Cargas.

Como segunda actividad se obtuvo la información del censo de carga realizado en el 1993 del sistema de fuerza y de alumbrado existente, por parte del personal de construcción y mantenimiento de este inmueble, de esta información se desprende lo siguiente:

La mayoría de los equipos de fuerza esta alimentado a una tensión de 220 volts, los equipos de alumbrado y cargas en contactos están alimentados a una tensión de 127 volts, del censo realizado se contabilizó un total de 80 equipos considerados de fuerza, los cuales se describen en la tabla de equipos de fuerza, en esta subdivisión la demanda total instalada es de aproximadamente 1.936.017 kWatts.

Para los equipos de fuerza la carga total instalada es de 1,310.844 kW, para los equipos de alumbrado la carga total instalada se estima en 358.350 kW y para las cargas en contactos se estiman 266.823 kW según este censo, entre los equipos que se contabilizaron se encuentran los siguientes: motores, luminarios con lámparas fluorescentes de 2 x 20 W, 2 x 15 W, 2 x 40 W, 2 x 74 W, lámparas incandescentes y reflectores de yodo-cuarzo de 400 W, en las cargas en contactos se encuentran computadoras, secadoras de manos, refrigeradores, ventiladores, enfriadores, máquinas de escribir eléctricas, sumadoras, cafeteras, entre otros.

Partiendo de estos datos se observa que para las cargas de alumbrado el luminario que predomina es el de 2 lámparas de 15 W fluorescente (3,943 equipos) y el de 2 lámparas de 20 W fluorescente (1.907 equipos) que juntos representan el 90.36 % de los equipos de alumbrado, para las cargas de fuerza se observó que existen motores de potencia elevada (por ejemplo 2 de 200 HP), para el caso de motores existe uno de 7.5 HP en cada piso del edificio, estos motores se utilizan para manejar el aire acondicionado que se utiliza en este edificio, las cargas de motores representan el 67.7% del total, para las cargas en contactos se realizó el censo minuciosamente obteniéndose datos veraces de estos equipos en los cuales se incluyen sumadoras, máquinas de escribir eléctricas, ventiladores, computadoras, etc., estas cargas representan el 13.78% del total.

De los datos obtenidos del censo de cargas se resume lo siguiente:

Resumen censo de carga		
Tipo de cargas	Demanda (kW)	(%)
Fuerza	1,310.844	67.7
Alumbrado	358.350	18.52
Carga en contactos	266.823	13.78
Total	1,936.017	100.00

Tabla 4.2

El desglose de información de cargas obtenido en el censo de carga se muestra en el anexo II.

Tipo de carga en el Edificio Prisma de la Lotería Nacional



Figura 4.1

Para observar y justificar en detalle la existencia de luminarios de lámparas fluorescentes de 15 y 20 Watts que representan más del 90% de los equipos instalados para alumbrado dentro del edificio, en la figura se presenta un esquema de esta disposición, la cual consta de tres luminarios colocados concéntricamente a un difusor del sistema de alumbrado del edificio y es el que predomina en todas las plantas.

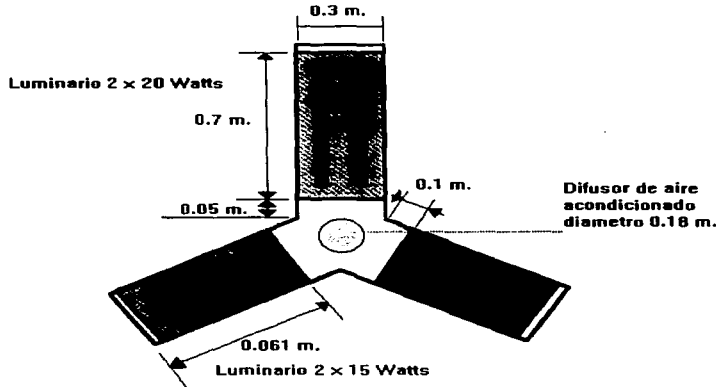


Figura 4.2

No. lámparas	W/lámparas	W/balastro	W totales
4	15	5	80
2	20	5	50
Watts totales por arreglo		130 W	

Tabla 4.3

4.2.5 Diagrama Unifilar.

Como tercera actividad se obtuvo información de la distribución de cargas utilizando el diagrama unifilar proporcionado por el departamento de mantenimiento de esta dependencia el cual tiene fecha del mes de Octubre de 1970, y se informó que las cargas tienen una pequeña variación en lo que respecta a los equipos, por ejemplo en el diagrama se muestra para los equipos de aire acondicionado y humidificadores la potencia de los motores es de 10 HP cuando en realidad son de 7.5 HP, otro caso es el de los tableros de distribución de alumbrado en los cuales no se especifica que también ahí se encuentran conectados los circuitos para contactos, este diagrama se muestra en el anexo IV.

En el sótano dos se encuentra una subestación tipo interior de 23 kV, con capacidad de 1500 kVA (2 transformadores de 750 kVA), que abastece el edificio de la Lotería Nacional, propiedad de la compañía de Luz y Fuerza del Centro, el sistema eléctrico del edificio "Prisma" cuenta con un interruptor principal de 3x2000 Amp., en seguida se encuentra un tablero con 19 circuitos divididos de la siguiente forma:

Datos de los circuitos para cargas de alumbrado derivados del tablero principal.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Pisos que controla
3x600 A	Piso 2	7	S2, S1, PB, M1, M2 ,1-5
3x600 A	Piso 10	8	6 al 13
3x600 A	Piso 17	7	14 al 20
3x600 A	Piso 24	6	21 al 26

Tabla 4.4

Como se observa en la tabla anterior los interruptores para los circuitos de control de cargas de alumbrado se encuentran en cuatro puntos diferentes, con capacidad interruptiva de 3x600 A cada uno, en el cuadro denominado localización se indican los pisos en donde se encuentra el tablero para los circuitos secundarios de cada uno de los pisos que son alimentados desde este tablero y las cargas individuales que controla en estos tableros también se distribuye a las cargas de contactos.

Datos de los circuitos para las cargas de los humificadores de aire derivados del tablero principal.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Pisos que controla
3x400 A	Piso 7	13	S1 al 13
3x400 A	Piso 20	13	14 al 26

Tabla 4.5

En estos circuitos se encuentran instalados los humificadores de aire para cada piso, según los datos del diagrama unifilar se encuentran instalados motores de 10 HP en cada circuito derivado. y cuenta con interruptores de 3x400 A en el cuadro denominado localización se indican los pisos en donde se encuentra el tablero para los circuitos secundarios de cada uno de los pisos que son alimentados desde este tablero y las cargas individuales que controla, cabe aclarar que la potencia de los motores no es como está marcado en el diagrama unifilar sino como se ha reportado en el censo de cargas del anexo II cuyos valores corresponden a 7.5 HP.

Datos de los circuitos para las cargas de aire acondicionado derivados del tablero principal.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Pisos que controla
3x400 A	Piso 7	14	-1 al 13
3x400 A	Piso 20	13	14 al 26

Tabla 4.6

En estos circuitos derivados se encuentran instalados los humidificadores de aire para cada piso, en el cuadro denominado localización se indican los pisos en donde se encuentra el tablero para los circuitos secundarios de cada uno de los pisos que son alimentados desde este tablero y las cargas individuales que controla.

Datos de los circuitos derivados para diferentes cargas del tablero principal.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Cargas que controla
3x600 A	Subestación	1	Hidroneumático
3x100 A	Subestación	1	Control manejadoras
3x125 A	Subestación	4	Elevadores (M-30HP)
3x150 A	Subestación	1	Aguas freáticas
3x125 A	Subestación	1	Aguas negras

Tabla 4.7

Como se observa en la tabla anterior en estos circuitos se encuentran instalados los equipos para los diferentes servicios del inmueble, como son elevadores, control de las manejadoras de aire, aguas freáticas y negras, y finalmente elevadores que cuentan con motores de 30 HP. según los datos del diagrama unifilar, en la localización se les ha llamado subestación por el hecho de que este tablero se encuentra cerca de la misma.

Datos de los circuitos para las cargas instaladas en el piso 26 de este edificio, denominadas cargas de aire acondicionado y que están derivados del tablero principal mediante un electroducto con capacidad interruptiva de 2400 A y con un interruptor de 3x2400 A en el sótano, en el tablero principal cerca de la subestación.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Cargas que controla
3x800 A	Piso 26	2	Centrifugas de 210 kW
3x200 A	Piso 26	2	Agua helada (50 HP)
3x100 A	Piso 26	2	Agua condens. (50 HP)
3x50 A	Piso 26	2	Agua caliente (50 HP)
3x70A	Piso 26	2	Torre de enfriamiento
3x50 A	Piso 26	2	Calderas (7.5 HP)
3x100 A	Piso 26	2	Servicios futuros

Tabla 4.8

Como se observa en la tabla anterior en estos circuitos se encuentran instalados los equipos para los diferentes servicios que se requieren y que son necesarios para mantener en funcionamiento el sistema de aire acondicionado, indispensable para el personal que labora en este inmueble, esta información se tomo de los datos del diagrama unifilar.

La subestación es de tipo bóveda y es propiedad de la compañía de Luz y Fuerza por lo que no fue posible el acceso a dicha subestación. Se nos informo que cuenta con un banco de 3 transformadores trifásicos de 750 kVA cada uno, dos se encuentran operando normalmente repartiéndose la carga entre ellos y el otro transformador se encuentra de reserva. también se comentó la idea de cambiar 2 de los transformadores de 750 kVA por uno de 1000 ó 1200 kVA según los resultados que se obtengan de un estudio realizado por la compañía suministradora de energía, además de cambiar la tensión actual de alimentación de 220 V a una de 440 V.

La planta de emergencia es la responsable de mantener energizados a ciertos equipos en el caso de una falla en el suministro de energía por parte de LyF. La planta de emergencia es marca CUMMINGS, operada con diesel y un generador trifásico de 220 Volts, f.p. 0.8 (-), 60 Hz, con una capacidad de 200 kW. En régimen continuo suministra 200 kW, soportando hasta 250 kW en emergencia. A continuación se presentan datos de los circuitos para diferentes cargas derivadas del tablero alimentadas de la planta de emergencia con que cuenta el inmueble.

Cuenta además con 7 circuitos derivados, los cuales se describen en la siguiente tabla.

Interruptor	Localización	No. de circuitos	Cargas que controla
3x200 A	P. de emergencia	1	Bombas contra incendio (30 HP)
3x125 A	P. de emergencia	1	Montacargas (37.25 kW)
3x100 A	P. de emergencia	1	Alum. de escaleras (15 kW)
3x70 A	P. de emergencia	1	Nivel -2 (M1)
3x100 A	P. de emergencia	26	Alum. Planta de cajas (30 kW)
3x125 A	P. de emergencia	1	Elevador (30 HP)
3x125 A	P. de emergencia	1	Servicios futuros

Tabla 4.8

Como se observa en la tabla anterior los circuitos que están conectados a la planta de emergencia son los necesarios para que funcione en estos casos, proporcionando los servicios del suministro de Energía eléctrica a las áreas indispensables únicamente, algunas cargas de estos equipos son : para los elevadores se encuentran instalados motores de 30 HP. la carga de los 26 circuitos de alumbrado para las plantas de cajas se estima que es de 30 kW aproximadamente, la carga de alumbrado de las escaleras se estima que es de 15 kW, la carga aproximada que maneja el montacargas para automóviles es de 37.25 kW, los motores instalados en las bombas contra incendio son de 30 HP.

La recopilación de esta información forma parte de las actividades del diagnóstico que se ha efectuado en este edificio con la finalidad de conocer las condiciones de la instalación eléctrica y su utilización principalmente.

4.2.6 Monitoreo de las Variables Eléctricas.

La medición de las variables eléctricas se llevó a cabo durante el periodo de una semana que comprendió del 28 de Noviembre de 1996 al 5 de Diciembre de 1996, tomando una hora como intervalo de tiempo entre cada registro de medición, por lo que se contó con 168 registros. Las variables que se monitorearon son : Potencia Real (W), Potencia Aparente (kVar), Consumo (kWh), Factor de Potencia (f.p.), Corriente A (Ia), Corriente B (Ib), Corriente C (Ic), Voltaje A (Va), Voltaje B (Vb) y Voltaje C (Vc).

Se emplearon dos medidores multifunción marca METRICOM Modelo C Forma 16s, además de 2 juegos de 3 transformadores de corriente con relación de 800:5 y 1200:5 respectivamente para cada medidor por protección debido a que la corriente máxima permitida a través del medidor es de 20 Amperes. Se emplearon 2 medidores debido a que existen 2 juegos de 4 cables por cada barra principal y los tc's sólo permiten a través de su ventana un número limitado de cables. No se utilizaron transformadores de potencial. El punto de medición se realizó en las barras principales del lado de baja tensión del transformador como se muestra en la figura . El diagrama de conexiones del medidor se muestra en la figura 4.3.

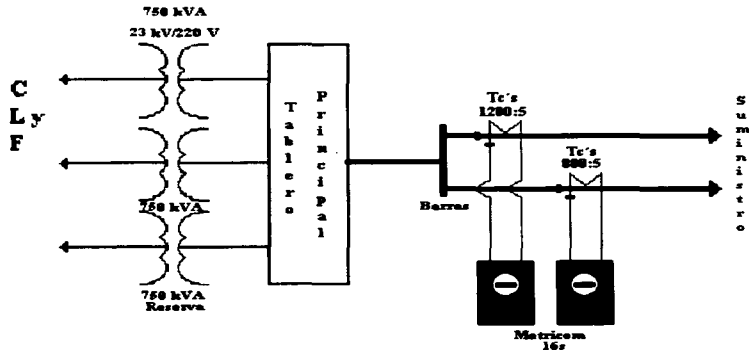


Figura 4.3

4.2.7 Resultado del Monitoreo.

En los registros obtenidos en las barras del tablero general la demanda máxima de lunes a viernes es del orden de 560 kW, con demanda media de 285 kW, lo que resulta un factor de carga promedio de 0.508. La demanda base es de 36 kW prácticamente todos los días de la semana. La demanda máxima se presenta en el periodo comprendido aproximadamente entre las 11:30 y 18:30 hrs. presentando un valor con poca variación en este periodo.

El sábado presenta un factor de carga naturalmente bajo ($fc=0.13$) que corresponde a las horas de actividad, con una demanda máxima que fluctúa entre 100 y 135 kW. El domingo presenta una carga base muy constante (45 kW $\pm 10\%$).

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de f.p. promedio para distintas horas de la semana.

Días	L-V (Hrs. Laborables)	L-V (Hrs. no Laborables)	Sábado (Hrs. Laborables)	Sábado (Hrs. no Laborables)	Domingo (Hrs. Laborables)	Domingo (Hrs. no Laborables)
F.P. Promedio	0.89	0.79	0.8	0.7	0.77	0.69

Tabla 4.9

El factor de potencia, en día hábil se encontró un valor promedio de 0.89 durante el periodo de demanda máxima (11:30 - 18:30 hrs.) que resulta estar por debajo de los valores permitidos por la compañía suministradora del servicio, en este caso CLyF, por lo que es seguro que se este adicionando un cargo a la factura por bajo factor de potencia. El valor más bajo registrado fue de 0.58 (-) que corresponde a los periodos de baja carga, como los sábados y domingos.

En cuanto a la tensión en las barras principales del tablero general, se observa una regulación de voltaje de +3.13% máximo con un valor medio +2%. El valor mínimo de tensión es de un -5% con un valor medio de -3.37%. El desbalanceo de tensión es menor del 1.3%. El desbalanceo de corriente tiene un valor promedio de 34.6 Amperes en el periodo de demanda máxima pero se llegan a tener desbalances de corriente de aproximadamente 150 Amperes entre la fase A y B durante este periodo.

Las gráficas del resultado de las mediciones se muestran en el Anexo III. De las gráficas podemos establecer la siguiente tabla de valores más importantes.

	P(kW)	Q(kVar)	FP	IA(A)	IB(A)	IC(A)	VA(V)	VB(V)	VC(V)
MAX	570.94	287.42	0.91	1630	1785	1735	129.16	130.13	129.59
MIN	24.14	30.86	0.58	95	95	105	122.78	123.38	122
PROM	221.05	122.03	0.8	639.94	686.1	686.19	126.27	127.09	126.25

Tabla 4.10

En lo que se refiere a la medición de armónicas no se contó con un equipo especial para llevar a cabo dicha medición. De acuerdo con las mediciones realizadas durante una semana, no se presentaron interrupciones de energía por lo que suponemos que la planta de emergencia opera pocas horas al año.

4.2.8 Inspección Física de las Instalaciones.

Durante la visita al inmueble realizada el Día 16 de Enero de 1997 se visitaron las áreas en donde se encuentran los principales e quipos consumidores de energía, tal es el caso de los motores y equipo de alumbrado, así como la lectura de iluminancias en algunos niveles característicos del inmueble para determinar si el programa de ahorro de energía en lámparas que viene realizando dicha empresa cumple con los niveles de iluminación requeridos para el desarrollo de diferentes actividades laborales.

Sistema hidrosanitario.

El sistema hidrosanitario funciona mediante un control tipo hidroneumático (por presión) durante todo el día, a los motores de dicho sistema no se les realiza un mantenimiento adecuado, además de que no se han cambiado por otros nuevos y más eficientes por lo que hemos de suponer que estos motores operan con una eficiencia aproximadamente de 75%. El arranque de los motores se realiza instantáneamente sin la ayuda de un dispositivo que controle la corriente de arranque de dichos motores lo que conlleva a picos elevados de corriente que contribuyen a la presencia de armónicas en la señal de voltaje y llegando a ocasionar una disminución de voltaje en los circuitos que se encuentren conectados al mismo tablero de alimentación.

Acondicionamiento Ambiental.

El sistema de aire acondicionado se controla manualmente, el operador mediante su experiencia realiza el arranque y ajustes de la planta , no cuenta con medidores de temperatura ambiente en cada nivel, el arranque de las planta es controlado por un dispositivo de estado sólido. El tiempo de operación depende de la época del año, durante invierno el tiempo de operación es aproximadamente de 10:00 a 19:00 Hrs. Los motores son de 200 HP y trabajan con una alimentación de 220 V, no tienen un correcto programa de mantenimiento lo que llevará a asegurar que trabajan a una eficiencia aproximada del 80%. además de que no se han cambiado dichos motores.

Planta de Emergencia.

La planta de emergencia se encuentra en estado aceptable. Es controlada manualmente o por dispositivos que detectan la presencia/ausencia de tensión en el lado de la carga bloqueando o arrancando a la planta según sea el caso. Si en un periodo de tiempo no se han presentado fallas en el suministro de energía, se arranca la planta durante un corto tiempo. esto es para que la planta siempre se encuentre en posibilidades de operar en cualquier momento.

4.2.9 Medición de Iluminancias.

La medición de iluminancias se realizó en 6 niveles que son los más representativos del inmueble. La siguiente tabla muestra algunas de sus características.

Nivel	Arreglo de Lámparas	No. aprox. de personas	Comentarios.
Piso 25	1 de 2 x 20 W 2 de 2 x 15 W	15	Arreglo original de 3 luminarios, paredes y techos claros, divisiones entre cubículos de 1.80 m. aprox. de altura, difusores sucios y amarillentos, poca población de personal.
Piso 22	1 de 2 x 15 W	20	Arreglo nuevo, difusores sucios y en algunos casos amarillentos, poca población de personal.
Piso 21	1 de 2 x 15 W	30	Arreglo nuevo, divisiones entre cubículos con acabados color madera (café oscuro)
Piso 10	1 de 2 x 15 W	40	Arreglo mixto, no se han efectuado todos los cambios de lámparas, difusores sucios, lámparas parpadeando.
Piso 9	1 de 2 x 15 W	40	Arreglo de un luminario de 2x15W y uno de 2x20W, falta cambio de lámparas, difusores sucios.
Piso 6	1 de 2 x 15 W	40	Arreglo de dos luminarios de 2x15W, falta realizar cambios, difusores sucios.

Tabla 4.11

El resultado de las mediciones de iluminancia se muestran a continuación.

Nivel	Actividad	Iluminancia (día) lx	Promedio	Iluminancia (noche) lx	Promedio
06	Administrativo, Secretarial.	191, 160, 215, 277, 355	238.4	193.68, 64.56, 107.6 86.08, 118.36, 64.56 118.36	107.6
09	Secretarial, Administrativo.	209, 413, 152, 272, 158	240.8	236.72, 118.36, 86.08 139.88, 139.88, 96.84 86.08	129.12
10	Secretarial, Administrativa.	272, 258, 106, 248, 197, 464	257.5	215.2, 96.84, 139.88, 215.2, 118.36	157.1
21	Secretarial	207, 196.4 253.3	218.9	182.92, 355.08, 279.76	272.58
22	Secretarial, Administrativo.	176, 337, 197, 319, 265, 350	274	387.36, 172.16 312.04, 333.56, 258.24, 322.8	297.7
25	Secretarial, Administrativo.	480, 900, 385, 1355, 535	731	349.7, 365.84, 301.28, 333.56 365.84, 215.2	321.9

Tabla 4.12

4.2.10 Análisis e Identificación de Problemas.

Una vez terminadas las actividades de medición de variables eléctricas e inspección física del equipo principal, podemos citar los principales problemas existentes y sus posibles causas, los cuales son:

Bajo factor de potencia

La mayoría de los equipos eléctricos requieren de corriente de magnetización para su funcionamiento y las cargas inductivas como motores, transformadores y balastos son equipos que tienen gran necesidad de energía reactiva para su correcto funcionamiento. El funcionamiento de motores (67 % de la carga total) durante casi todo el día (sistemas de aire acondicionado e hidrosanitario), el empleo de balastos convencionales de baja eficiencia, el transformador de la subestación en periodos de baja carga son las principales fuentes de energía reactiva que afectan al sistema.

Pérdidas Eléctricas.

La antigüedad de los principales equipos (motores) y la ausencia de un correcto programa de mantenimiento producen que disminuya la eficiencia de los equipos y se presente el efecto Joule en dichos equipos.

Desbalanceo entre fases.

El mayor desbalanceo se presenta entre la fase A y la fase B con una magnitud promedio de aproximadamente 150 Amperes durante el periodo de demanda máxima, esto se presenta porque no existe una correcta distribución de cargas y por el desconocimiento de los tiempos de operación de los equipos que operan en demanda máxima.

Regulación de Tensión

Este problema no es crítico ya que la regulación no excede un $\pm 5\%$ de 127 Volts, debemos recordar que la medición se realizó en las barras del tablero principal por lo que se recomendará tomar lecturas de voltaje en los tableros de cada piso durante el periodo de demanda máxima para asegurar el cumplimiento de dicha regulación, además se comprobará el correcto dimensionamiento de los cables para los circuitos derivados del tablero principal.

Bajos niveles de iluminación.

Las causa principal es que no se ha completado el programa de reemplazo de todo el arreglo de 3 luminarios (dos de 2x15W y uno de 2x20W) por un solo luminario (2x17W) ya que en algunas áreas se encuentran sin lámparas, la mala disposición de las áreas de trabajo, ausencia de un programa de mantenimiento a luminarios, las paredes de algunos cubículos son de colores oscuros.

La disposición de los luminarios en el edificio se muestra en la figura 4.4.

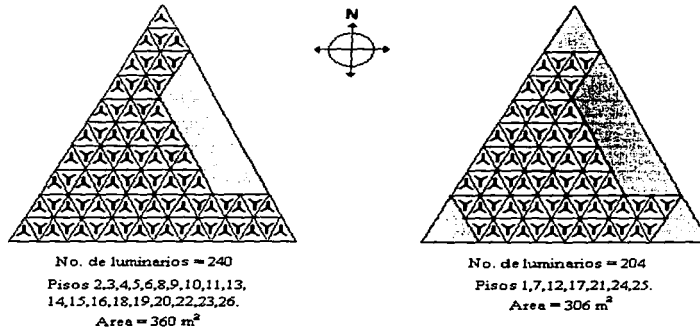


Figura 4.4

Seccionamiento de circuitos

Los circuitos de alumbrado no se encuentran debidamente seccionados lo que implica que se encuentren encendidas un gran número de lámparas en áreas en donde no se este realizando actividad alguna.

4.3 Propuestas para el Ahorro de Energía en el Edificio Prisma de la Lotería Nacional.

El Diagnóstico Energético realizado al inmueble permitió identificar las áreas con mayor potencial de ahorro y de las cuales se desprenden las propuestas de ahorro de energía eléctrica que a continuación se enuncian.

4.3.1 Acciones de Nula Inversión.

Mantenimiento al Sistema de Iluminación.

Durante la inspección física al sistema de alumbrado se visualizaron los principales problemas que estos presentan como son: difusores amarillentos y lámparas descompuestas. Para esto se recomienda la limpieza a luminarios periódicamente y la sustitución inmediata de las lámparas y balastos en mal estado.

Mantenimiento al Transformador de la Subestación.

El mantenimiento al transformador no se puede realizar directamente por el departamento de mantenimiento del inmueble pero es recomendable solicitar a la empresa suministradora de la energía que efectúe dicho mantenimiento periódicamente.

Mantenimiento a motores.

Este mantenimiento debe abarcar a todos los motores existentes en el inmueble. Las acciones son las presentadas en el capítulo 3 de este trabajo (3.6.4) y llevadas a cabo con la siguiendo periodicidad.

Potencia del motor	Período de mantenimiento
Menor o igual a 10 HP	Cada 6 meses
10 HP < Motores 100 HP	Cada 5 meses
100 HP < Motores	Cada 4 meses

Tabla 4.13

Mantenimiento al Sistema de Aire Acondicionado.

Las acciones a realizar son las especificadas en el capítulo 3 de este trabajo (3.6.5.) con un período de mantenimiento de cada 4 meses, es importante que se cumpla dicho programa debido a que este sistema representa el mayor consumo de energía eléctrica en el inmueble.

Balanceo de fases.

Realizar una correcta distribución de los circuitos derivados del tablero general para obtener una carga balanceada y tensiones iguales en las tres fases, considerando la carga conectada a cada fase y los tiempos de operación de los equipos conectados a fin de homogeneizar los valores de corriente por fase en cada instante. Una forma sería distribuir equitativamente en las tres fases los equipos que intervienen en el período de demanda máxima.

Generales para el sistema de alumbrado.

- * Apagar alumbrado innecesario o usar bajo nivel de alumbrado para periodos de vigilancia.
- * Reorganizar el espacio de trabajo para hacer mejor uso de la iluminación natural.
- * Quitar lámparas donde existan altos niveles de iluminación.
- * Cambiar lámparas incandescentes por fluorescentes compactas.
- * Desconexión de circuitos de alumbrado cuando no se encuentre personal.
- * Cambio de difusores.

4.3.2 Acciones de Inversión.

Cambio de Tensión de Alimentación.

El resultado de las mediciones muestra una demanda promedio de 300 kW en hrs nos permitieron observar una demanda de 485 kW en hrs. laborables a un factor de potencia promedio de 0.79 lo que da como resultado una potencia de 614 kVA.

Es recomendable una tensión de alimentación trifásica de 440/254 V. para una carga entre 300 y 750 kVA. Esto reduciría la corriente y a su vez las pérdidas por efecto Joule en los equipos que tienen la facilidad de trabajar con una tensión de 440 V, tal es el caso de los motores del sistema de aire acondicionado y de las manejadoras de aire.

El cambio de tensión implicaría la obtención de un transformador que reduciría el voltaje de 440/254 V a 220/127 V para la alimentación de circuitos de alumbrado y carga en contactos, el dimensionamiento de los nuevos cables que alimentarían a los motores a 440 V. Un beneficio adicional sería una mejor regulación de tensión por la disminución de corriente a través de los conductores.

Obtención de motores más eficientes.

El cambio de los motores de 200 HP que corresponden al sistema de aire acondicionado beneficiaría en el aspecto de una mejor eficiencia de este sistema además de optimizar el uso de la energía eléctrica. Se propone el cambio de uno de los motores convencionales de 200HP por un motor ahorrador de alta eficiencia.

Seccionamiento de circuitos de alumbrado.

Incrementar el número de apagadores del tablero principal, de tal manera que cada apagador controle el encendido de 4 luminarios como máximo para áreas generales y 2 para cubículos.

Reemplazo del arreglo de 3 luminarios (2-2x15W, 1-2x20W) por un solo luminario (2x17W) para el sistema de alumbrado.

Se propone el cambio del arreglo de 3 luminarios por el de uno solo para reducir la demanda y consumo del sistema de alumbrado actual considerando el cumplimiento de los niveles de iluminación requeridos para las actividades que se realizan y la densidad de potencia eléctrica para alumbrado en edificios para oficinas.

El nuevo arreglo de luminarios sería como se muestra en la figura 4.5.

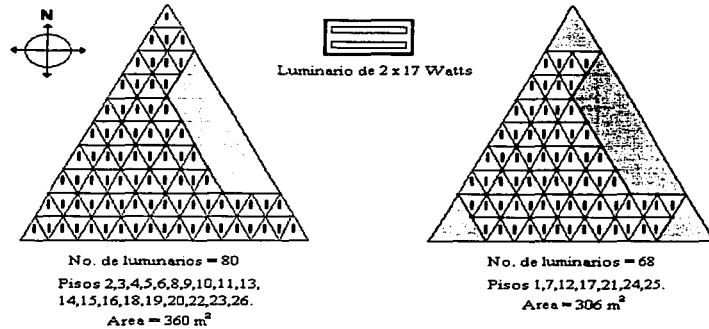


Figura 4.5

Obtención de un banco de capacitores para mejorar el factor de potencia.

Debido a la exigencia de reactivos por el sistema se propone la obtención de un banco de capacitores que proporcione dichos reactivos cuyos beneficios serían los siguientes:

- * Reducción del monto de facturación al eliminar penalizaciones por bajo f.p.
- * Disminución de pérdidas por calentamiento en cables, transformadores y motores.
- * Liberación de capacidad instalada en el inmueble en transformadores y cables.
- * Mejora en la regulación de voltaje en toda la planta.
- * Se evita el desgaste prematuro del equipo por exceso de calentamiento causado por el bajo voltaje.
- * Disminución del consumo total de energía incluyendo el de demanda máxima.

Capítulo 5

Evaluación Técnico-Económica de las Propuestas de Ahorro de Energía

Capítulo 5. Evaluación Técnica-Económica de las Propuestas de Ahorro de Energía.

A continuación se presenta un breve estudio técnico-económico de cada una de las propuestas de inversión mencionadas en el capítulo anterior, se emplea un método sencillo de análisis que sirve como base para un estudio más amplio.

5.1 Sistema de 2x17 Watts.

Primero determinamos la demanda total de alumbrado y consumo anual del sistema original compuesto por arreglos de dos luminarios de 2x15 Watts y un luminario de 2x20 Watts.

Equipo	Pot. conj. W	Cant.	Pot. Tot. kW	Operación por día (hrs/día)	Operación por mes (hrs/mes)	Consumo mensual kWh	Precio del kWh tarifa 3 \$	Total \$
2x20W	50	1913	95.65	12	240	22,956	0.4628	10,624.03
2x15W	50	3943	197.15	12	240	47,316	0.4628	21,897.84

Tabla 5.1

Observamos que el costo mensual por consumo del arreglo es igual a \$10,624.03 + \$21,897.84 = \$32,521.87 .

Si hacemos lo mismo para el arreglo de un luminario de 2x17 Watts.

Equipo	Pot. conj. W	Cant.	Pot. Tot. kW	Operación por día (hrs/día)	Operación por mes (hrs/mes)	Consumo anual kWh	Precio del kWh tarifa 3 \$	Total \$
2x17W	50	1913	95.65	12	240	22,956	0.4628	10,624.03

Tabla 5.2

Ahora notamos que el costo mensual por consumo del arreglo nuevo sería de \$10,624.03

El ahorro mensual esperado por cargo en consumo sería de \$21,897.84.

El ahorro en kilowatts será de 197.15 kW y para un cargo por demanda máxima de \$73.223 por kW se tendrá un ahorro por demanda máxima mensual de $197.15 \text{ kW} \times \$73.223 / \text{kW} = \$14,436$

Justificación Técnica.

El empleo de un luminario de 2x17W implicaría una reducción de los niveles de consumo, pero se tiene que verificar que el sistema cumpla con el nivel de iluminación recomendado por la IESNA que es de 300 luxes para áreas de oficinas, por lo cual se efectúa el cálculo para la comprobación.

Cálculo de nivel de iluminación.

Las características de la lámpara que se empleará para el cálculo son las siguientes:

Watts	Tono de luz	lux	Temp. de color K	IRC	Longitud L mm	Diámetro D mm	Bulbo	Casquillo	Prom. hrs.
17	B. frío	1400	4100	85	602	25	T-8	G-13	20,000

Tabla 5.3

El método empleado para el cálculo será el de cavidad zonal debido a que las actividades que existen son de oficina y no existe una tarea visual que exija un nivel de iluminación diferente.

Datos.

Área por iluminar = 360 m²

Reflectancia del techo = 80 %

Reflectancia de las paredes = 50 %

Luminaria empotrada en el techo.

Altura del plano de trabajo = 75 cm.

Altura de la cavidad del local = 2.40 m.

Nivel de iluminación propuesto = 300 luxes (trabajos normales para oficina)

Fórmula.

$$\text{Lámparas por luminario} = \frac{\text{Nivel en lux} \times \text{Área por iluminar}}{\text{Lúmenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de conservación o de pérdidas}} \dots\dots\dots \text{Ec.5.1}$$

La relación de cavidad del local para una superficie irregular se define como:

$$\text{RCL} = \frac{2.5 H (\text{Perímetro})}{\text{Área}} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.2}$$

Sustituyendo valores.

RCL = 1.145

De la tabla de coeficientes de utilización para un arreglo de 2 lámparas T-8, a cualquier carga, con una reflectancia del techo del 80% y de paredes del 50% el coeficiente de utilización es de 0.82695. es decir, Cu = 0.82695.

El factor de conservación o pérdidas de luz está definido por la siguiente fórmula:

FACTOR DE CONSERVACIÓN O PÉRDIDAS DE LUZ = Factor de eficiencia del balastro (Feb) x Factor de tensión (Ft) x Factor de variaciones de la reflectancia y transmitancia de la luminaria (Fvrt) x Factor de lámparas inutilizadas (Fli) x Factor de la temperatura ambiente de la luminaria (Fta) x Factor de luminarias con intercambio de calor (Fic) x Factor de degradación luminosa de la lámpara (Fdl) x Factor de disminución de emisión luminosa por suciedad (Fdel)

El balastro empleado presenta las siguientes características.

Marca: Sola Basic
2 x 17 Watts
Alto Factor de Potencia
Corriente del conjunto 0.41 Amperes
Bajas pérdidas
Factor de eficiencia: 95% ($F_{eb} = 0.95$).

Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación de tensión, recordando que la máxima variación de tensión medida en las barras principales es de 5% y considerando que no hay caída de tensión de las barras a las terminales del balastro, los lúmenes emitidos por la lámpara tendrán una variación del 2%, entonces el factor de tensión será igual al 98% ($F_t = 0.98$).

Las variaciones de la reflectancia y la transmitancia es normalmente pequeño, pero puede ser significativo después de un largo periodo de tiempo en las luminarias con acabados o plásticos de inferior calidad. entonces les asignamos un valor del 98% ($F_{vrt} = 0.98$).

Considerando que los fallos de lámparas deben subsanarse rápidamente o, de lo contrario, habrá unas pérdidas de iluminación proporcionales al porcentaje de lámparas fuera de servicio. En este caso se tienen 160 lámparas de las cuales posiblemente 2 de ellas no se encuentren funcionando el factor de lámparas inutilizadas será igual al 98.75% ($F_{li} = 0.9875$).

Las lámparas fluorescentes normalmente se calibran fotométricamente a 25 C. Desviaciones significativas de esta temperatura, por encima o por debajo pueden producir pérdidas substanciales de la emisión luminosa. Las luminarias ventiladas son ordinariamente de considerable utilidad para mantener temperaturas de trabajo satisfactorias en las lámparas. En este caso se presenta que las luminarias se encuentran junto a los difusores del aire acondicionado que opera en las horas de trabajo por lo que asignamos un factor de temperatura ambiente del 100% ($F_{ta} = 1$).

Cuando las luminarias se instalan y se extrae aire del local a través de ellas su eficiencia aumenta, a veces en los casos en que la luminaria está sobrecargada con la potencia de las lámparas, en nuestro caso los luminarios no intercambian calor por lo que consideramos un factor de intercambio de calor del 100% ($F_{ic} = 1$).

El factor de degradación luminosa de las lámparas fluorescentes viene dado generalmente como la relación entre la emisión luminosa de la lámpara cuando ha transcurrido el 70% de su vida nominal y el valor inicial (a las 100 hrs.) de dicha emisión. De los datos de la lámpara obtenemos que para las lámparas de 17 W operando 12 hrs. por cada encendido el factor de degradación luminosa es del 84% ($F_{dl} = 0.84$).

El factor de disminución de emisión luminosa por suciedad varía con el tipo de luminario y el ambiente en que trabaja. El arreglo de 2 lámparas T-8 sin importar la carga se encuentra dentro de la categoría II, tomando como limpio el grado de suciedad y considerando que las luminarias se limpiarán cada 6 meses, el factor de suciedad será de un 95% ($F_{del} = 0.95$).

Factor total de pérdidas de luz = $0.95 \times 0.95 \times 0.98 \times 0.98 \times 0.9875 \times 1 \times 1 \times 0.84 \times 0.95 = 0.6831$

Sustituyendo valores.

$$\text{No. de lámparas} = \frac{300 \times 360}{1400 \times 0.6831 \times 0.82695} = 136.56 = 136 \text{ aprox..}$$

$$\text{No. de luminarios} = \frac{\text{No. de lámparas}}{\text{No. de lámparas / luminario}} = \frac{136}{2} = 68 \text{ luminarios}$$

Del resultado observamos que se necesitan 65 luminarios para las áreas de 360 m^2 que se quieran iluminar con 300 luxes. Debido a la existencia de 80 luminarios para estas áreas, calcularemos el nivel de iluminación que se tendrá:

$$\text{Nivel de lux} = \frac{\text{No. de luminarios} \times \text{Lámp./luminario} \times \text{lúmenes/ lámp.} \times \text{Coef. de util.}}{\text{Área por iluminar}} \dots\dots \text{Ec. 5.3}$$

$$\text{Nivel de lux} = 80 \times 2 \times 1400 \times 0.82695 \times 0.6831 / 360 = 351.48 \text{ lx}$$

Con el arreglo de un luminario de 2×17 Watts, la densidad de potencia por alumbrado es de 12.51 W/m^2 .

Justificación Económica.

La duración del proyecto esta basado en la vida útil de las lámparas que es de 20,000 hrs. de operación, si estas operan 3000 hrs. al año, tendremos una vida del proyecto de 6.66 años, pero si consideramos que el tiempo de vida de las lámparas se acorta debido al encendido-apagado, a las variaciones de tensión y otras causas, diremos que el tiempo de vida del proyecto será de 4 años.

La evaluación de las propuestas se hará para un período 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 que se requiere cambio de equipo.

La tarifa 3 tiene un incremento del 1.2% mensual y consideraremos un interés anual de 25% para el cálculo del valor presente. La tabla 5.4 muestra los ahorros mensuales esperados durante los 4 años que dure la inversión.

Ahorros anuales por consumo y demanda máxima
Sistema de alumbrado de 2x17W

Ahorro	1er. año	2o. año	3er. año	4o. año
Consumo	\$280830	\$324048	\$373918	\$431461
Demanda Máxima	\$185134	\$213625	\$246501	\$284436
Total	\$465964	\$537673	\$620419	\$715897

Tabla 5.4

El costo de la inversión inicial sería la compra del equipo que consta de 1913 equipos que contienen 2 lámparas de 17W ,encendido rápido, 1400 lm, 20000 hrs, con un precio de \$37.75 c/u y un balastro de 2x17W, alto factor de potencia, bajas pérdidas.

Además consideramos dos mantenimientos anuales con un costo cada uno de \$4000 c/u.

La siguiente tabla muestra el costo de la inversión.

Inversión para el sistema de alumbrado de 2x17W.

Inversión	Costo unitario	Cantidad	Costo tot. por inversión
Lámpara de 17 Watts	\$37.75	3826	\$144431.5
Balastro de 2x17Watts	\$89	1913	\$170257
Mantenimiento	\$4000	8	\$32000
Inversión total			\$346688.5

Tabla 5.5

Con los valores obtenidos podemos establecer nuestro diagrama de flujos.

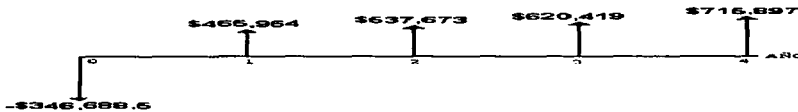


Figura 5.1

Empleando una tasa de interés del 25%, los valores los transferimos a valor presente quedando los siguientes resultados:

$$P = F \times \frac{1}{(1 + i)^n} \dots\dots\dots Ec. 5.4$$

Costo inicial

$$P_0 = -\$346,688.5$$

Ahorros en consumo y demanda máxima.

$$P_1 = \$465,964 / (1 + .25)^1 = \$372,771.2$$

$$P_2 = \$537,673 / (1 + .25)^2 = \$344,110.72$$

$$P_3 = \$620,419 / (1 + .25)^3 = \$317,654.528$$

$$P_4 = \$715,897 / (1 + .25)^4 = \$293,231.411$$

$$T_0 = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = -\$346,688.5 + \$372,771.2 + \$344,110.72 + \$317,654.528 + \$293,231.411 = \$981,079.36$$

$$\text{Relación Beneficio/Costo} = \$1327,767.86 / \$346,688.5 = 3.83$$

5.2 Adquisición de un banco de capacitores.

Cálculo de la potencia del banco de capacitores.

De los resultados obtenidos de las mediciones encontramos que durante las horas no laborables el factor de potencia disminuye considerablemente. Del periodo de facturación observamos los siguientes valores promedio.

Demanda mensual = 683.84 kW

Consumo mensual = 161,323.077 kWh

fp = 88.57

La propuesta es colocar un banco de capacitores con control automático que suministre los kVar necesarios conforme la demanda lo exija para mantener un fp adecuado. El cálculo del banco de capacitores está dado por el valor del fp inicial (fp = 0.8857) y el final o deseado (fp = 0.98). De las tablas de fabricantes se tiene un factor de 0.347 que multiplica a la demanda promedio para encontrar el valor del capacitor necesario por lo que se tiene:

$$\text{Pot. Banco de capacitores} = 683.84 * 0.347 = 237.3 \text{ kVar}$$

Justificación económica.

El importe mensual promedio sería:

Importe = Demanda máxima * Precio de kW de demanda máxima medida + Consumo * Precio del kWh

$$\text{Importe} = (683.84 \text{ kW})(\$73.223/\text{kW}) + (161,323.077 \text{ kWh})(\$0.4628/\text{kWh}) = \$50,072.816 + \$74,660.32 = \$124,733.136$$

Para un fp < 90 tenemos

$$\text{Cargo por bajo factor de potencia} = 3/5 (90/\text{fp} - 1)(\text{Importe})$$

Cargo por bajo factor de potencia = $(0.00968)(124,733.136) = \$ 1,208.32/\text{mes}$

Para un $fp > 90$

Cargo bonificable = $1/4(1 - 90/fp)(\text{Importe})$

Cargo bonificable = $1/4(1 - 90/98)(\$124,733.136) = \$2,545.57/\text{mes}$

El periodo de recuperación del banco de capacitores esta dado por:

$$\text{Período de recuperación} = \frac{\text{Costo del equipo}}{\text{Ahorro por bajo fp} + \text{Bonificación por alto fp}} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.5}$$

Las características del equipo son:

Banco de Capacitores Trifásico.

Potencia = 225 kVar

Volts = 230 V.

No. de pasos = 15

kVar por pasos = 15

El costo del equipo es de \$ 75,623 , entonces:

$$\text{Período de recuperación} = \frac{\$75,623}{\$3,753.89/\text{mes}} = 20 \text{ meses} = 1.7 \text{ años.}$$

5.3 Reemplazo del motor de 200 HP por un motor de alta eficiencia.

Durante la vida del motor (26 años aprox.) se le han realizado mantenimientos mayores, esto nos hace pensar que la eficiencia del motor ha disminuido con respecto a sus datos de placa considerando que actualmente opera con una eficiencia de 0.8.

Si se obtiene un motor de alta eficiencia que tenga una eficiencia de 0.95 se tendrán los siguientes ahorros de energía.

$$kW_{\text{ahorrados}} = HP * 0.746 * \left(\frac{100}{n1} - \frac{100}{n2} \right) \dots\dots\dots \text{Ec. 5.6}$$

donde: n1 es la eficiencia del motor viejo

$$kW_{\text{ahorrados}} = 200 * 0.746 * \left(\frac{100}{80} - \frac{100}{95} \right) = 29.45 \text{ kW}_{\text{ahorrados}}$$

El tiempo de operación del motor es de 12hrs/día, entonces el tiempo de operación mensual es 240 hrs/mes.

$$kW_{\text{ahorrados/mes}} = kW_{\text{ahorrados}} * \text{tiempo de uso mensual}$$

$$kW_{\text{ahorrados/mes}} = 29.45 \text{ kW} * 240 \text{ hrs/mes} = 7,068 \text{ kWh}_{\text{ahorrados}}$$

El monto ahorrado tomando en cuenta que el costo por kWh para tarifa 3 es de \$0.4628 y el cargo por demanda máxima es de \$73.223.

$$\begin{aligned} \$ \text{ ahorro}_{\text{mensual}} \text{ consumo} &= (\text{kWh}_{\text{ahorrados}})(\$ \text{ por kWh}) = (7,068 \text{ kWh})(\$0.4628/\text{kWh}) \\ \$ \text{ ahorro}_{\text{mensual}} \text{ consumo} &= \$3,271 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \$ \text{ ahorro}_{\text{mensual}} \text{ demanda máx} &= (\text{kW}_{\text{ahorrados}})(\$ \text{ por kW}) = (29.45 \text{ kW})(\$73.223/\text{kW}) \\ \$ \text{ ahorro}_{\text{mensual}} \text{ demanda máx} &= \$2,156 \end{aligned}$$

$$\$ \text{ ahorro}_{\text{mensual}} \text{ total} = \$3,271 + \$2,156 = \$5,427/\text{mes}$$

Consultando precios en catálogos de fabricantes de motores, se tiene un costo aproximado de \$112,000 para un motor de 200 HP, 240 Volts, alta eficiencia ($\eta=95\%$), $\text{fp}=0.93$.

El tiempo de recuperación de la inversión será igual a:

$$\text{Tiempo de recuperación} = \frac{\text{Costo del motor}}{\$ \text{ ahorrado/mes}} = \frac{\$112,000}{\$3,817/\text{mes}} = 29.37 \text{ meses} = 2.45 \text{ años.}$$

5.4 Beneficios Adicionales.

Como es el caso de todos los estudios de ahorro de energía, la implementación de las medidas recomendadas en el presente estudio también presenta beneficios adicionales tanto para la Lotería Nacional, como para las compañías suministradoras (CFE y Luz y Fuerza) y para el país y la sociedad en su conjunto. Entre los más importantes podemos citar los siguientes:

- a) Posibilidad de obtener un Valor de Rescate. Una ventaja adicional que no se consideró en el estudio económico, es el hecho de disponerse de un valor de rescate por el equipo a retirar. Es factible aprovechar el equipo retirado para mantenimiento de las naves. Un caso similar es el de los motores retirados, que aún se encuentran en operación.
- b) Reducción de Pérdidas en la Instalación. El uso de equipos eficientes y una mejor filosofía de operación de los mismos permite la reducción de corriente en diversos puntos de la instalación. Los efectos inmediatos son: disminución de pérdidas por efecto Joule en cables y tableros, liberación de kVa's de transformador, operación más fría del equipo en general y reducción de carga térmica (especialmente importante en las áreas de aire acondicionado).
- c) Mejoras en la Calidad del Servicio. En la medida en que se ahorre energía, es posible mejorar la regulación de tensión y el control de frecuencia tanto desde el punto de vista del suministrador como desde el propio usuario. Para el suministrador, la reducción de carga instalada causa también reducción de la demanda y del consumo de energía, que le permiten reducir sus costos de operación e inversión para plantas nuevas.

d) Reducción de Material Contaminante. Por su contenido a base de tierras raras y mercurio, las lámparas fluorescentes son consideradas como material contaminante en muchos países avanzados. Mediante el uso de menos lámparas ahorradoras (por la aplicación de reflectores especulares) y con una vida 25% mayor que las normales, el volúmen de material desechado por mantenimiento se reducirá notablemente.

Para el caso de los balastos, el uso de balastos electrónicos permite eliminar los compuestos a base de PCB's de los capacitores de balastos muy antiguos y del compuesto asfáltico con silice característico de los balastos electromagnéticos.

f) Reducción de Emisiones Contaminantes. De acuerdo con los medios actuales de generación de energía eléctrica, existe una gran emisión de contaminantes por cada kWh generado. Según las cifras oficiales de la EPA (Environmental Protection Agency), las emisiones son las siguientes:

Compuesto	EPA(gramos)
CO ₂	726.0
SO ₂	5.3
No _x	2.8

Conclusiones

CONCLUSIONES.

Actualmente ante el nuevo proceso de globalización de mercados internacionales y la búsqueda entre un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, el ahorro de energía representa un factor fundamental para lograr una mayor productividad y competitividad en los mercados exteriores, y un elemento base para mejorar los procesos productivos que impactan en gran medida los aspectos ambientales en nuestro país.

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

El aprovechamiento del potencial de ahorro existente en cualquier sistema eléctrico debe establecerse a través del desarrollo de un Programa de Ahorro de Energía, el cual tendrá como propósito estructurar y canalizar, en cada etapa y área, de manera congruente, los esfuerzos que se realicen, buscando como objetivo final la optimización del costo de la energía, partiendo de la premisa de que estas medidas de ahorro de energía son económicamente viables y tecnológicamente factibles.

La metodología que se aplica en un Diagnóstico Energético permite conocer en que grado se está haciendo un buen uso de la energía en una instalación o inmueble. A pesar de que el trabajo trata en especial sobre edificios públicos, se aplica el mismo principio de Diagnóstico Energético a cualquier instalación y también para cualquier forma de energía utilizada en las mismas.

Tratándose de edificios públicos, las mayores oportunidades que se tienen para ahorrar energía se encuentran en los sistemas de aire acondicionado y en los sistemas de iluminación, siendo los últimos en los que se pueden implementar más fácilmente las medidas de ahorro ya que son los menos atendidos y en los que se puede lograr un mayor ahorro de energía.

Se ha demostrado que con las medidas adecuadas es posible ahorrar grandes cantidades de energía y consecuentemente grandes cantidades de dinero, prueba de ello son los resultados obtenidos para las propuestas que se hicieron al edificio en estudio. Por otro lado, las inversiones que se tengan que realizar son inversiones que tienen períodos de recuperación cortos y sobre todos son rentables.

Los objetivos del trabajo se lograron, ya que consistían en detectar áreas de oportunidad para lograr ahorros de energía y proponer alternativas de inversión con su respectiva evaluación técnica y económica.

La evaluación de las propuestas de ahorro de energía nos muestra la rentabilidad de llevar a cabo dichas acciones, además de que el período de recuperación de la inversión es corto respecto a la vida del proyecto.

Recordemos que los recursos energéticos son limitados y hay que hacer un mejor uso de ellos para contribuir hacia la conservación del medio ambiente que es de vital importancia para nuestra supervivencia.

Bibliografia

BIBLIOGRAFÍA.

1. Alcocer Ignacio; Ibarra Federico; González Guillermo, *Equipos y Tecnologías disponibles en el mercado*, Anteproyecto de Norma de Eficiencia Energética de Alumbrado para Edificios no Residenciales, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Documento No. 5287RP.401, Revisión C, Marzo 25 de 1994.
2. Alcocer Ignacio; Ibarra Federico; González Guillermo, *Formas de uso de Energía Eléctrica por Edificio*, Anteproyecto de Norma de Eficiencia Energética de Alumbrado para Edificios no Residenciales, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Documento No. 5287RP.201, Revisión B, Marzo 22 de 1994.
3. Ambríz Juan; Paredes Hernando, *Administración y Ahorro de Energía*, UAM, Unidad Iztapalapa, México 1993.
4. CONAE, *Diagnósticos Energéticos, Términos de Referencia para Inmuebles*, Dirección de Inmuebles y Alumbrado Público, Revisión G, México, Junio 1996.
5. CONAE, *Guía de Medidas para el Ahorro de Energía en Edificios por monto de Inversión*, Subcomisión de Ahorro de Energía en el Gobierno Federal, México, Documento GI-1, Revisión 94.2.24
6. CONAE; *Metodología para la elaboración de Diagnósticos Energéticos*, Manual de Diagnósticos Energéticos, México 1992.
7. CONAE; Secretaría de Energía, *Informe de labores 1995*, México 1995.
8. ENERGETICS, *Energy Efficiency in Buildings in México*, México, ENERGETICS, Mayo de 1994.
9. Espinosa y Lara, Roberto; *Sistemas de Distribución*, Editorial Limusa, 1ª Edición, 1990.
10. FIDE; ATPAE; IES. *Curso de Introducción al Ahorro de Energía en Iluminación*, México, D:F., 22 al 27 de Agosto de 1994.
11. GENERAL ELECTRIC, *Catálogo de Lámparas*, Lista de precios, GE México, Diciembre 1996.
12. González Guillermo, *Clasificación de Edificios*, Anteproyecto de Norma de Eficiencia Energética de Alumbrado para Edificios no Residenciales, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Documento No. 5287RP.101, Revisión A, Enero 6 de 1994.
13. González Guillermo; García Francisco, *Diagnósticos y Oportunidades de Ahorro de Energía*, Eficiencia Energética en Edificios, México, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Documento No. 5259.502, Revisión a, Octubre 22 de 1994.
14. INELAP; Catálogo de Bancos de Capacitores, Inelap S.A. de C.V. 1996.
15. METRICOM, *Manual de Uso*, Medidor de Energía Eléctrica Modelo C, METRICOM INC., 1994.

16. PHILIPS, *Balastos*, Catálogo de Balastos 1996, Philips Iluminación.
17. PHILIPS, *Catálogo General de Especificaciones 1996*, Lámparas, Philips Iluminación.
18. Secretaría de Energía, *Balace Nacional de Energía 1994*, México, SE, 1994.
19. Secretaría de Energía, Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995 "*Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios No Residenciales*", Diario Oficial de la Federación del 1 de Septiembre de 1995, México.
20. Sosa, Luis, Landa, Rodolfo; Sunderland, G; Guía para seleccionar un motor de acuerdo a las necesidades del usuario; Resultados de estudio para la formulación de las normas de ahorro de energía, Area motores; Instituto de Investigaciones Eléctricas; Documento No. 3227RE01, Revisión A; Julio 1992.
21. WESTINGHOUSE, *Manual de Alumbrado*, 3ª Edición, Editorial Dossat S.A., 1986.

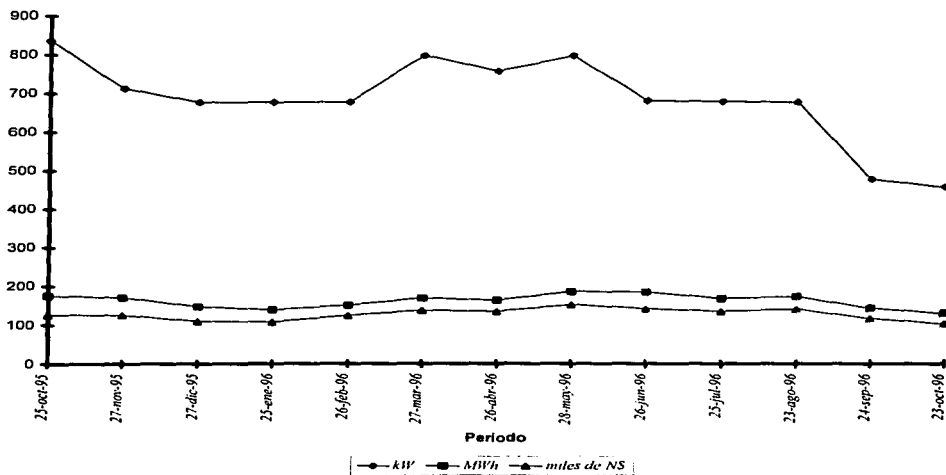
Anexos

Anexo I

Facturación

Periodo	Tarifa	Consumo kWh	Demanda Facturada	Factor de Potencia	Factor de Carga	IVA NS	Importe NS
25-Sep-95 25-Oct-95	03	175200	836	90.01	30	16388.8	125647.55
26-Oct-95 27-Nov-95	03	170800	712	89.651	30	16325.55	125162.7
28-Nov-95 27-Dic-95	03	146800	676	89.588	30	14265.25	109367.05
28-Dic-95 25-Ene-96	03	138400	676	89.027	29	14022.85	107508.55
26-Ene-96 26-Feb-96	03	150400	676	88.481	28	16173.25	123994.95
27-Feb-96 27-Mar-96	03	168800	796	88.5	29	17873.65	137031.4
28-Mar-96 26-Abr-96	03	163200	756	88.378	29	17518.6	134309.1
27-Abr-96 28-May-96	03	185600	796	88.586	30	19827.77	152012.9
29-May-96 26-Jun-96	03	184400	680	88.778	38	18456.26	141498
27-Jun-96 25-Jul-96	03	168000	678	88.322	35	17595.53	134899.05
26-Jul-96 23-Ago-96	03	173200	676	87.634	36	18369.03	140829.25
24-Ago-96 24-Sep-96	03	142800	476	87.346	39	15200.12	116534.25
25-Sep-96 23-Oct-96	03	129600	456	87.186	40	13432.28	102980.8
Promedios Mensuales		161323.0769	683.8461538	88.5759231	32.538462	16572.99538	127059.6577
Total/Anual		2097200	8890			215448.94	1651775.55

Facturación en el Edificio Prisma de Lotería Nacional



Anexo II

Equipo de Alumbrado

Equipos	LF 2 x 20 Watts	LF 2 X 15 Watts	LF 2 x 40 Watts	LF 2 x 74 Watts	Ref. Cuarzo	Lamp. Incand.	Densidad Potencia
Potencia (Watts)	50	50	100	290	400	75	W/m2
Sotano 2			49	6			16.94
Sotano 1	5	5	21	5		60	22.50
Planta Daja		1	5	3	10		14.31
Nivel 1		1	1	2			1.53
Nivel 2		2	8	2			3.61
Piso 01	68	141	3	6			33.19
Piso 02	80	165	3	1			35.42
Piso 03	80	165	3	1			35.42
Piso 04	80	165	3	1			35.42
Piso 05	80	165	3	1			35.42
Piso 06	80	165	3	1			35.42
Piso 07	68	141	3	7			33.75
Piso 08	80	165	3	1			35.42
Piso 09	80	165	3	1			35.42
Piso 10	80	165	3	1			35.42
Piso 11	80	165	3	1			35.42
Piso 12	68	141	3	6			33.19
Piso 13	80	165	3				34.86
Piso 14	80	145	3				32.08
Piso 15	80	165	3	2			35.97
Piso 16	80	165	3	2			35.97
Piso 17	68	165	3	2			34.31
Piso 18	80	145	3	2			33.19
Piso 19	80	165	3	2			35.97
Piso 20	80	165	3	2			35.97
Piso 21	68	150	3				31.11
Piso 22	80	165	3				34.86
Piso 23	80	165	3				34.86
Piso 24	64	133	3	2		8	30.97
Piso 25	64	133	3	2		9	31.18
Piso 26			21	5		17	12.15
Total de equipos	1913	3943	180	67	10	94	
Potencia (kWatts)	95.65	197.15	18	13.4	4	7.05	
Carga por alumbrado (kW)							335.25
Densidad de Potencia Eléctrica (W/m2)							30.04

NUMERABLE	DIA-HR	P	Q	F.P.	CONS	F.C. INST.	IA	IB	IC	V1	V2	V3
Lotería Nat.	V01	27.11	87.68	0.82	27481.88	0.17	230.00	240.00	260.00	121.58	128.44	127.72
Lotería Nat.	V02	50.84	43.83	0.78	27603.13	0.09	155.00	180.00	180.00	127.63	128.38	127.84
Lotería Nat.	V03	39.30	39.30	0.85	27637.34	0.08	120.00	120.00	130.00	127.06	128.34	127.81
Lotería Nat.	V04	40.23	40.23	0.87	27672.03	0.06	120.00	120.00	145.00	126.26	127.23	128.58
Lotería Nat.	V05	33.59	40.78	0.64	27605.78	0.08	120.00	130.00	130.00	128.16	128.84	128.41
Lotería Nat.	V06	32.97	40.78	0.63	27639.14	0.06	120.00	130.00	130.00	128.41	129.09	128.69
Lotería Nat.	V07	35.78	40.23	0.87	27675.18	0.06	120.00	130.00	130.00	127.78	128.56	128.13
Lotería Nat.	V08	51.64	41.72	0.78	27727.19	0.08	165.00	165.00	180.00	128.97	128.84	128.38
Lotería Nat.	V09	89.30	55.31	0.85	27816.49	0.18	260.00	270.00	320.00	128.07	129.94	129.16
Lotería Nat.	V10	271.33	139.06	0.89	28088.20	0.48	776.00	840.00	830.00	126.97	127.78	126.81
Lotería Nat.	V11	162.11	178.69	0.89	28440.70	0.82	890.00	1100.00	1070.00	125.31	126.09	126.00
Lotería Nat.	V12	647.58	275.63	0.89	28988.67	0.98	1570.00	1710.00	1625.00	124.13	124.75	123.47
Lotería Nat.	V13	545.83	272.34	0.89	28634.84	0.90	1580.00	1716.00	1626.00	123.47	124.13	122.72
Lotería Nat.	V14	644.77	271.65	0.89	30086.39	0.96	1360.00	1640.00	1640.00	123.81	124.75	123.47
Lotería Nat.	V15	563.91	278.09	0.89	30634.30	0.87	1570.00	1725.00	1675.00	123.84	124.83	123.00
Lotería Nat.	V16	555.55	277.66	0.89	31190.39	0.87	1696.00	1725.00	1675.00	123.91	124.63	123.26
Lotería Nat.	V17	526.44	271.25	0.89	31191.00	0.87	1696.00	1695.00	1695.00	124.75	124.75	123.47
Lotería Nat.	V18	518.91	288.44	0.89	32238.75	0.91	1500.00	1605.00	1680.00	124.16	124.84	123.59
Lotería Nat.	V19	522.81	289.30	0.89	32781.72	0.92	1500.00	1630.00	1665.00	124.38	125.09	123.84
Lotería Nat.	V20	513.42	273.59	0.89	33191.41	0.75	1255.00	1330.00	1335.00	124.44	125.41	123.93
Lotería Nat.	V21	317.89	168.28	0.89	33509.45	0.56	875.00	955.00	970.00	125.44	126.38	124.97
Lotería Nat.	V22	271.87	145.86	0.88	33781.85	0.48	755.00	835.00	815.00	126.63	127.34	126.34
Lotería Nat.	V23	201.02	121.37	0.86	33983.13	0.35	600.00	610.00	610.00	127.38	128.11	127.53
Lotería Nat.	V24	158.91	103.91	0.84	34142.27	0.28	490.00	485.00	500.00	127.25	127.41	127.47
Lotería Nat.	S01	158.72	99.84	0.84	34299.38	0.27	480.00	495.00	515.00	126.72	126.79	126.94
Lotería Nat.	S02	49.53	29.30	0.78	34348.06	0.09	170.00	100.00	105.00	126.34	127.28	126.78
Lotería Nat.	S03	32.03	30.86	0.72	34381.09	0.08	105.00	95.00	120.00	126.81	127.60	127.10
Lotería Nat.	S04	32.03	31.41	0.72	34413.52	0.08	105.00	95.00	120.00	127.31	128.16	127.66
Lotería Nat.	S05	31.23	31.23	0.71	34445.78	0.08	105.00	105.00	120.00	127.23	128.04	127.81
Lotería Nat.	S06	32.03	31.41	0.71	34477.87	0.08	105.00	95.00	120.00	127.63	128.47	128.00
Lotería Nat.	S07	30.31	31.56	0.89	34508.44	0.05	105.00	95.00	120.00	127.75	128.59	128.16
Lotería Nat.	S08	34.45	31.41	0.74	34543.25	0.06	120.00	95.00	130.00	126.91	127.88	127.38
Lotería Nat.	S09	51.36	41.84	0.79	34597.83	0.09	185.00	195.00	200.00	126.78	127.81	127.27
Lotería Nat.	S10	101.41	57.97	0.87	34688.83	0.18	285.00	285.00	335.00	126.25	127.10	126.53
Lotería Nat.	S11	124.53	67.81	0.88	34823.76	0.22	360.00	370.00	385.00	126.72	126.53	126.94
Lotería Nat.	S12	102.84	70.84	0.88	34933.83	0.23	370.00	370.00	405.00	126.03	126.40	126.00
Lotería Nat.	S13	130.70	69.30	0.88	35084.82	0.23	360.00	380.00	405.00	126.38	126.31	126.56
Lotería Nat.	S14	130.00	70.23	0.88	35215.08	0.23	360.00	380.00	405.00	126.94	126.72	126.97
Lotería Nat.	S15	118.77	70.23	0.88	35300.24	0.24	360.00	385.00	445.00	126.44	126.94	126.94
Lotería Nat.	S16	118.91	70.47	0.86	35469.38	0.21	315.00	335.00	410.00	126.84	127.81	126.88
Lotería Nat.	S17	109.22	67.86	0.85	35578.99	0.19	275.00	305.00	370.00	127.38	126.28	127.38
Lotería Nat.	S18	92.11	63.44	0.82	35671.33	0.16	240.00	275.00	325.00	127.91	126.78	127.84
Lotería Nat.	S19	68.76	53.44	0.79	35740.24	0.12	205.00	205.00	265.00	127.84	126.00	128.16
Lotería Nat.	S20	44.84	41.48	0.73	35785.47	0.08	155.00	120.00	180.00	126.19	127.41	126.53
Lotería Nat.	S21	41.88	40.16	0.72	35827.34	0.07	130.00	120.00	180.00	126.25	127.38	126.54
Lotería Nat.	S22	41.80	40.70	0.72	35869.53	0.07	130.00	120.00	185.00	127.25	128.38	127.58
Lotería Nat.	S23	41.41	41.08	0.71	35910.94	0.07	130.00	120.00	185.00	127.75	128.81	126.08
Lotería Nat.	S24	42.03	40.86	0.72	35953.13	0.07	145.00	120.00	165.00	127.41	128.41	127.75

NUMERABLE	DIA-HR	P	Q	F.P.	CONS	F.C. INST.	IA	IB	IC	V1	V2	V3
Lotería Nat.	D01	41.41	40.47	0.72	35984.69	0.07	145.00	120.00	165.00	126.81	127.78	127.84
Lotería Nat.	D02	37.34	40.31	0.88	36032.42	0.07	130.00	120.00	145.00	128.09	129.00	128.50
Lotería Nat.	D03	36.17	40.00	0.87	36068.75	0.06	130.00	120.00	145.00	127.63	128.50	128.43
Lotería Nat.	D04	40.57	40.31	0.89	36105.31	0.06	130.00	120.00	145.00	128.03	128.44	128.44
Lotería Nat.	D05	34.84	40.39	0.65	36140.10	0.06	120.00	120.00	145.00	128.06	128.91	128.00
Lotería Nat.	D06	34.84	40.55	0.65	36175.39	0.06	120.00	120.00	145.00	128.22	129.03	128.56
Lotería Nat.	D07	35.23	40.05	0.65	36210.68	0.07	130.00	120.00	145.00	128.31	129.13	128.72
Lotería Nat.	D08	37.42	40.70	0.68	36248.36	0.07	130.00	120.00	155.00	128.22	128.09	128.69
Lotería Nat.	D09	39.37	40.86	0.69	36287.89	0.07	130.00	120.00	155.00	128.16	129.16	128.72
Lotería Nat.	D10	46.02	41.87	0.74	36324.14	0.08	155.00	130.00	165.00	127.03	128.06	127.63
Lotería Nat.	D11	44.73	40.52	0.70	36360.88	0.09	180.00	165.00	165.00	127.06	127.84	127.16
Lotería Nat.	D12	51.48	43.44	0.76	36438.75	0.09	170.00	165.00	165.00	128.03	128.66	128.56
Lotería Nat.	D13	53.28	45.83	0.78	36492.19	0.09	180.00	165.00	165.00	127.66	128.44	128.22
Lotería Nat.	D14	44.23	44.71	0.78	36548.52	0.10	180.00	160.00	190.00	127.88	128.09	128.81
Lotería Nat.	D15	57.34	43.52	0.80	36606.25	0.09	180.00	160.00	190.00	127.94	128.76	128.47
Lotería Nat.	D16	50.94	41.48	0.78	36657.42	0.09	155.00	155.00	180.00	128.03	128.84	128.53
Lotería Nat.	D17	48.20	38.60	0.79	36705.78	0.08	155.00	145.00	165.00	126.93	127.63	127.13
Lotería Nat.	D18	41.88	38.75	0.73	36717.65	0.07	130.00	120.00	165.00	127.06	127.84	127.16
Lotería Nat.	D19	39.22	39.61	0.70	36787.27	0.07	130.00	120.00	155.00	126.38	126.98	127.00
Lotería Nat.	D20	39.89	38.83	0.71	36827.19	0.07	130.00	120.00	155.00	125.69	126.80	126.08
Lotería Nat.	D21	41.84	40.31	0.72	36868.99	0.07	145.00	120.00	165.00	126.72	127.94	127.22
Lotería Nat.	D22	41.58	40.31	0.72	36910.78	0.07	130.00	120.00	165.00	126.00	126.78	127.22
Lotería Nat.	D23	40.70	40.31	0.71	36951.88	0.07	145.00	120.00	155.00	126.81	127.84	127.16
Lotería Nat.	D24	40.23	41.17	0.70	36992.11	0.07	145.00	120.00	155.00	127.53	128.63	127.94

Anexo III

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

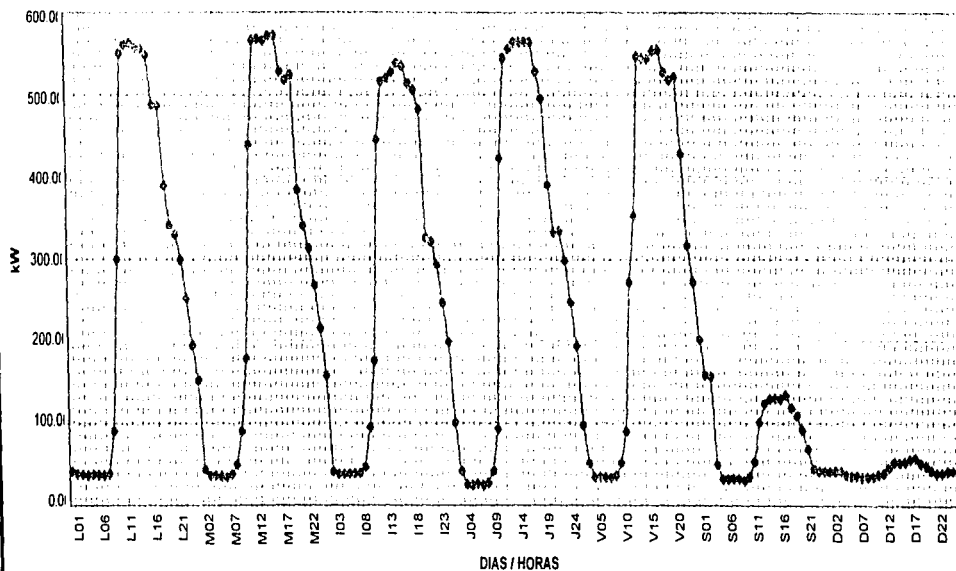
INMUEBLE : Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

POTENCIA ACTIVA

KW



REALIZÓ:

Miguel Angel Garcia Ortiz

Anexo III

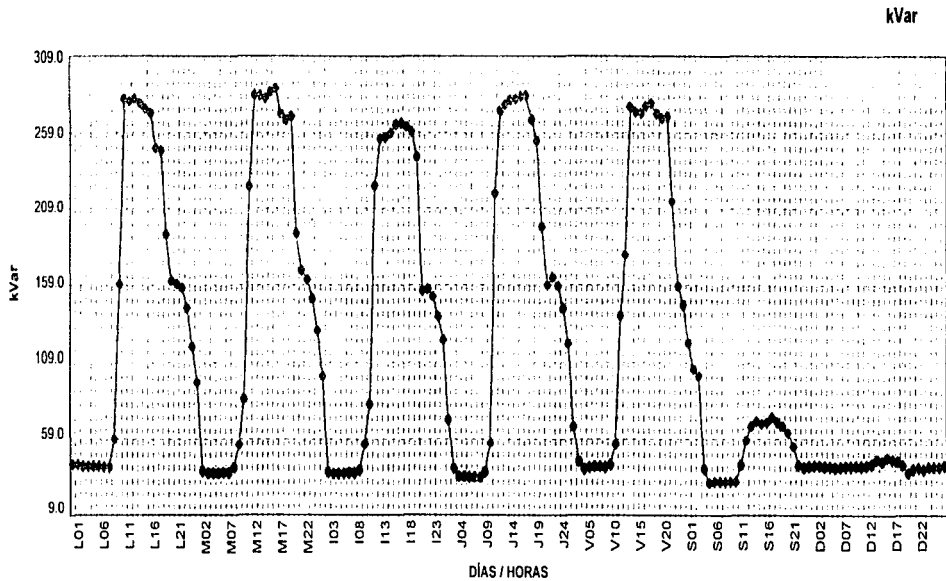
PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

POTENCIA REACTIVA



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

Anexo III

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

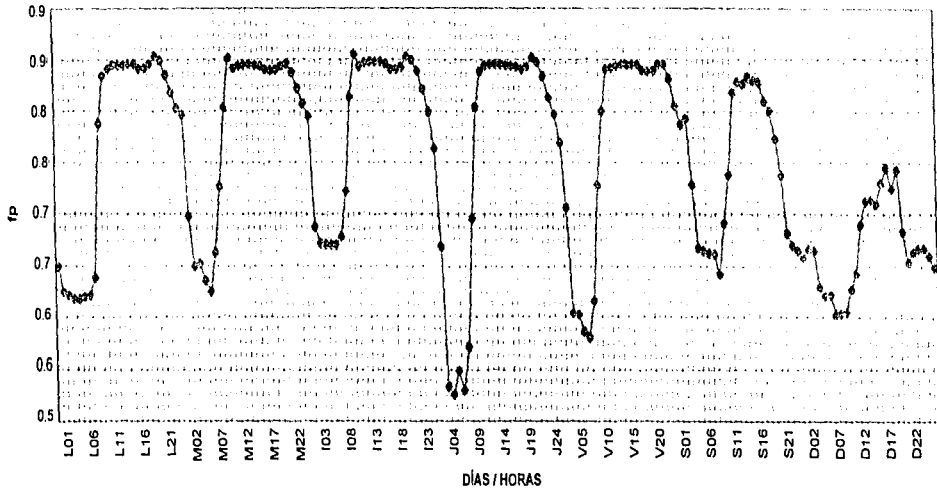
INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

FACTOR DE POTENCIA

por unidad



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

Anexo III

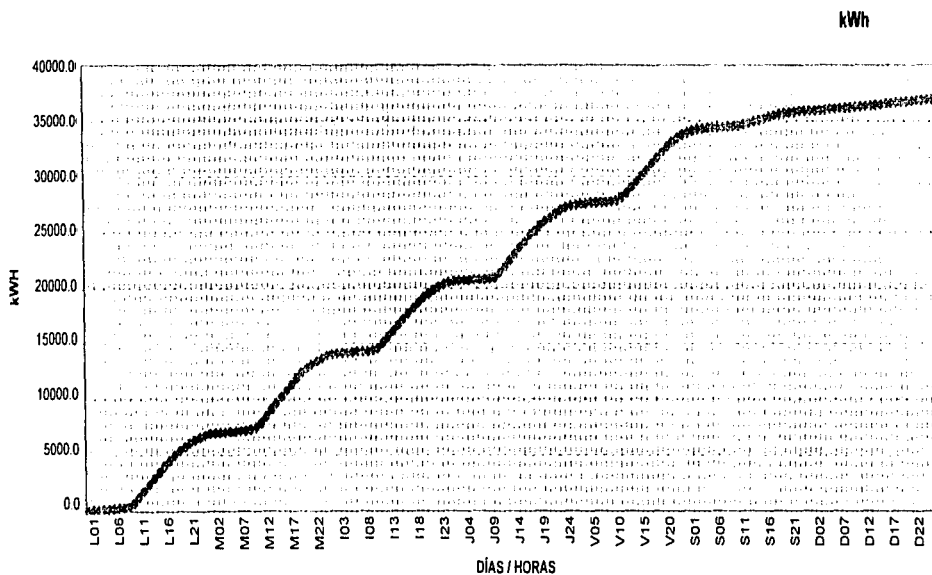
PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

CONSUMO



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

Anexo III

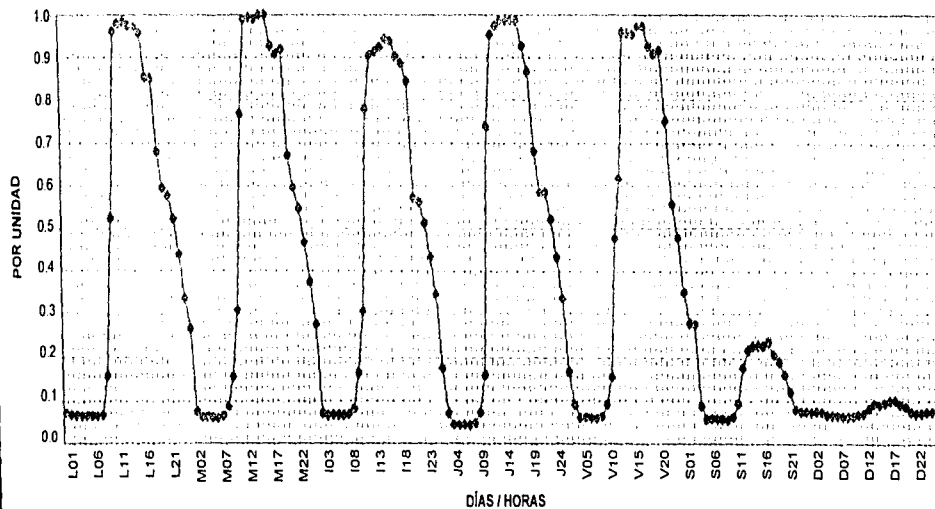
PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

FACTOR DE CARGA INSTANTANEO



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

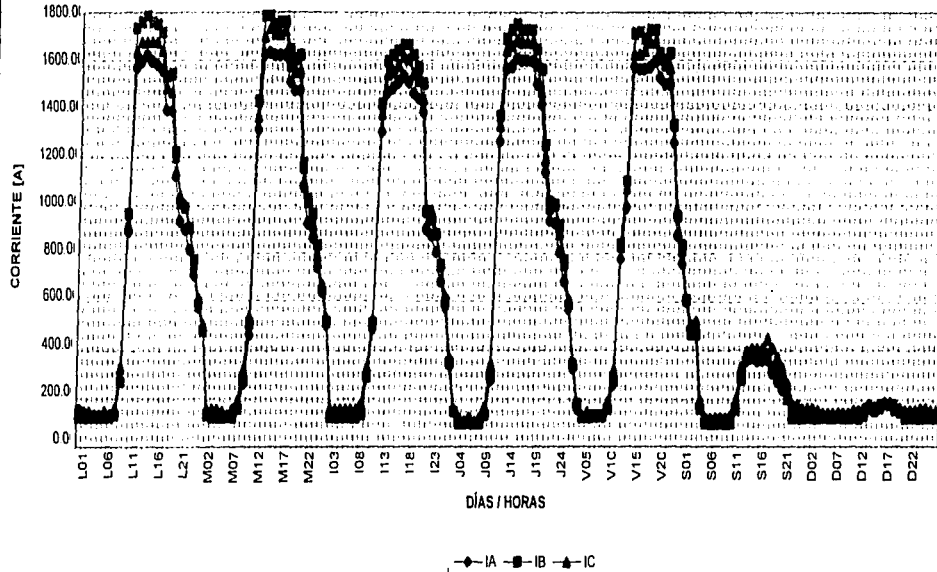
Anexo III

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN: INICIAL 96-11-28 FINAL 96-12-05

CORRIENTE DE LINEA



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

Anexo III

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

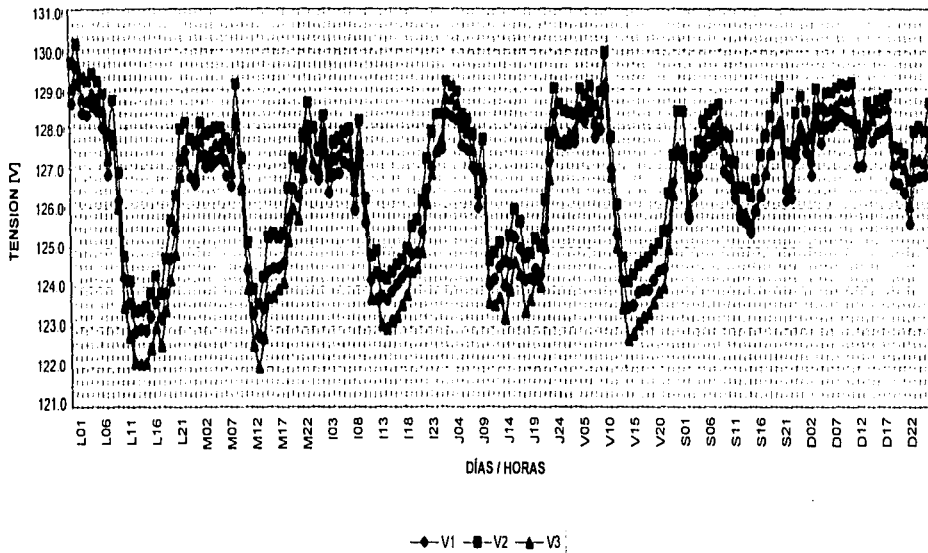
INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN:

INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

TENSION DE LINEA



REALIZÓ:

Miguel Angel García Ortiz

Anexo III

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

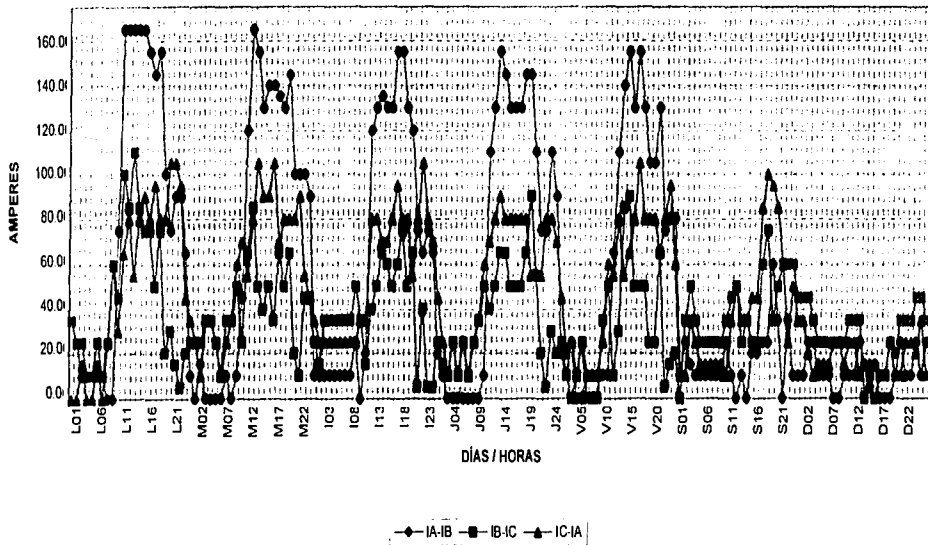
INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN:

INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

BALANCEO ENTRE FASES



REALIZÓ:

Miguel Angel Garcia Ortiz

PROYECTO : Diagnóstico Energético y Ahorro de Energía en un Edificio del Gobierno Federal

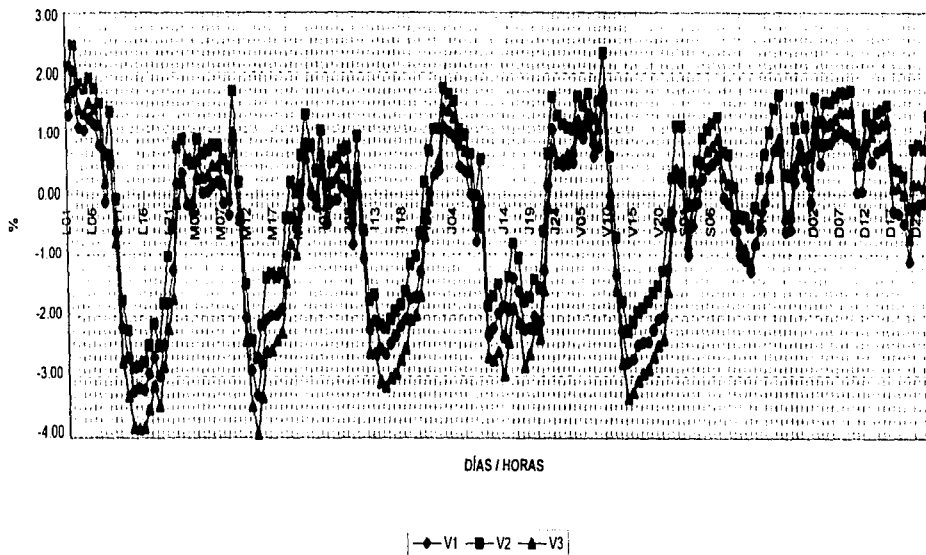
INMUEBLE: Edificio Prisma de la Lotería Nacional

FECHA DE MEDICIÓN:

INICIAL 96-11-28

FINAL 96-12-05

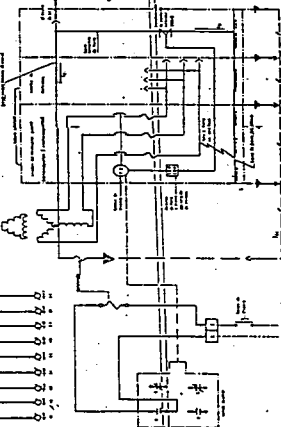
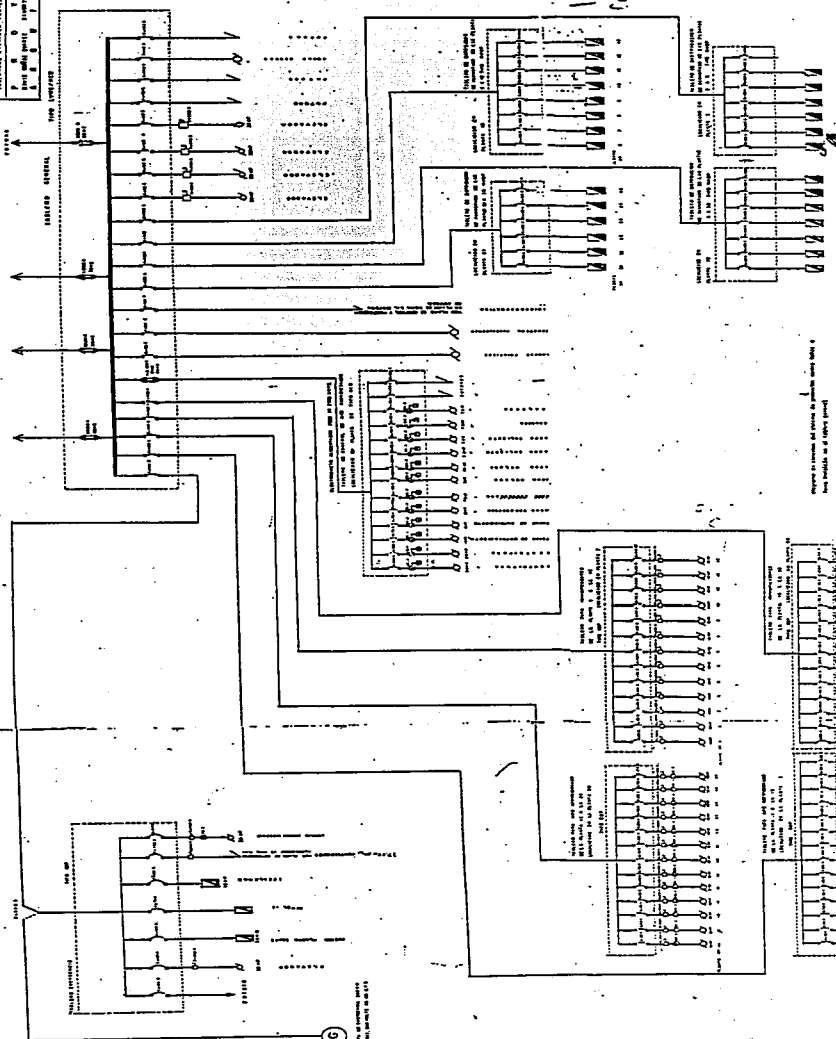
REGULACIÓN DE TENSIÓN



REALIZÓ: Miguel Angel García Ortiz

Anexo IV

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.



- Interruptor de control
- Interruptor de protección
- Relé de protección
- Relé de control
- Relé de alarma
- Relé de emergencia
- Relé de parada
- Relé de parada de emergencia

ELECTRO INSTALACIONES.
 OFICINA DE INGENIERIA Y DISEÑO
 CARRANZA, GUANAJUATO, GTO.
 TEL. 01 (52) 477 711 1111

ELECTRO INSTALACIONES.
 OFICINA DE INGENIERIA Y DISEÑO
 CARRANZA, GUANAJUATO, GTO.
 TEL. 01 (52) 477 711 1111

Diagrama Unifilar