

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA



PROPUESTAS PARA USO EFICIENTE DE ENERGIA EN LA RED DE
HOSPITALES PUBLICOS DEL GRAN SAN SALVADOR.

PRESENTADO POR

EDWIN NESTOR CASTANEDA RAMIREZ

PARA OPTAR AL TITULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2003.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
ING. ELECTRICISTA

Título :
PROPUESTAS PARA USO EFICIENTE DE ENERGIA EN LA RED
DE HOSPIALES PUBLICOS DEL GRAN SAN SALVADOR

Presentado por :
Edwin Nestor Castaneda Ramírez

Trabajo de Graduación aprobado por:

Docente Director :
Ing. Gerardo Marvin Jorge Hernández

San Salvador, Julio de 2003

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA :
Dra. María Isabel Rodríguez

SECRETARIA GENERAL :
Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :
Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes

SECRETARIO :
Ing. Saúl Alfonso Granados

ESCUELA

DIRECTOR :
Ing. Luis Roberto Chevéz Paz

INDICE.

	PAGINA
Antecedentes	1
Capítulo 1. Objetivos	2
1.1 Objetivos y alcances del diagnóstico	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.1.3 Alcances	4
Capítulo 2. Metodología	5
2.1 Procedimiento de operación	5
2.2 Tiempos de ejecución	6
Capítulo 3. Levantamiento de Datos	7
3.1 Recursos con los que se debe contar	7
3.2 Actividades	7
3.2.1 Datos básicos del inmueble	8
3.2.2 Datos históricos de facturación eléctrica	10
3.2.3 Zonificación del inmueble	11
3.2.4 Censo de alumbrado y Aires Acondicionados	12
Capítulo 4. Análisis de la información	15
4.1 Análisis de la facturación eléctrica	15
4.2 Análisis del censo del equipo de alumbrado	16
Capítulo 5. Formatos de evaluación (medidas de ahorro de energía)	17
5.1 Evaluación técnica	17
5.2 Evaluación económica	17
5.3 Resultados de la evaluación técnica y económica	18
Capitulo 6. Resumen Medidas Ahorro Energético	19
6.1 Sistema de iluminación y Aire Acondicionado Hospital Zacamil	20
6.2 Sistema de iluminación y Aire Acondicionado Hospital Bloom	23
6.3 Sistema de iluminación y Aire Acondicionado Hospital San Rafael	26
6.4 Sistema de iluminación y Aire Acondicionado Hospital San Bartolo	28
6.5 Sistema de iluminación y Aire Acondicionado Hospital Neumologico	30
Conclusiones	32
Bibliografía	35
Anexo A. Formato para el Levantamiento de Datos en Inmuebles	36
Anexo B. Códigos de Lámparas Comerciales	59
Anexo C. Recibo CAESS	61
Anexo D. Formato de Recomendaciones	63
Anexo E. Glosario de Términos Técnicos	75
Anexo F. Formulas Empleadas	85
Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995	88

Antecedentes

En la actualidad una de las prioridades de la política energética de la mayoría de las naciones del mundo es lograr el más alto grado posible de eficiencia en lo que respecta a su consumo de energía, acción que alivia en buena medida las presiones y los riesgos tanto de índole económico como de índole ecológico. Respecto a las primeras, el ahorro de energía permite, por ejemplo, desacelerar la demanda del consumo eléctrico, con lo cual se desahoga la urgencia presupuestaria de destinar crecientes recursos para construir más plantas generadoras. En cuanto a los riesgos de tipo ecológico, el uso racional de la energía evitan que se quemen innecesariamente combustibles, cuyas emanaciones impactan negativamente sobre el medio ambiente.

En nuestro país lamentablemente no existe un organismo rector en materia de eficiencia energética como ocurre en otros países. En México por ejemplo desde 1989 existe la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), por delegación de facultades de la Secretaría de Energía. A partir de 1996, la CONAE ha desarrollado un programa de alcance nacional, cuyo objetivo principal ha sido detectar potenciales de ahorro de energía en al menos cien inmuebles del sector público.

Experiencias previas de esta misma institución han demostrado que una de las áreas de oportunidad más ricas para el ahorro de energía es la relacionada al campo de la iluminación.

Los resultados que se han tenido en su conjunto han sido muy exitosos. Se calcula que en promedio los ahorros potenciales de energía son superiores al 20% de la facturación total del inmueble, esto pues si se combinan las medidas operacionales y las tecnológicas. Se estima asimismo, que con medidas de este tipo dejaríamos de emitir a la atmósfera varios miles de toneladas de contaminantes. Fruto también de este mismo programa ha sido la capacitación de cientos de operadores de inmuebles del sector público, quienes se encargan del seguimiento permanente de los nuevos consumos así como también del mantenimiento y operación de los equipos ahorradores instalados como parte de las medidas adoptadas para el aprovechamiento de los potenciales.

Es siguiendo este ejemplo como en este trabajo se ha desarrollado un programa similar orientado al ahorro energético de todos aquellos hospitales que forman parte de la red pública del gran San Salvador.

Espero que pueda llevarse a cabo la implementación del presente proyecto ya que esto traería consigo no solo beneficios económicos a las instituciones aquí representadas sino también beneficios en lo que respecta al consumo energético lo cual es muy importante en estos tiempos donde la escasez de energía es un problema muy crítico en la mayoría de naciones del mundo.

Capítulo 1. Objetivos

El objetivo del presente proyecto es plantear una solución realista al problema del alto consumo energético que se tiene actualmente en la red de hospitales públicos del gran San Salvador. El problema del alto consumo de energía eléctrica se tratará desde el punto de vista de la eficiencia energética que puede lograrse por concepto de iluminación y carga instalada de aires acondicionados, se ha escogido específicamente estas dos grandes áreas debido a que ha comprobado que son estas dos áreas en las cuales existen mayores posibilidades de ahorro gracias a la tecnología que hoy en día pone a nuestra disposición nuevos tipos de tecnologías que resultan mucho más eficientes en cuanto al aprovechamiento de la energía, a esto también podemos agregar que este tipo de tecnología tienen una vida útil que en la mayoría de los casos es casi el doble de las tecnologías convencionales.

Así mismo el objetivo del presente proyecto es que la información aquí detallada pueda servir como un ejemplo a poner en práctica no solo en la red de hospitales públicos del gran San Salvador, si no también en cualquier otro inmueble del sector público o privado que se muestre interesado en reducir costos e incrementar la eficiencia por concepto de iluminación.

El primer paso para alcanzar los objetivos antes mencionados lo constituye el levantamiento de la información, esto nos permitirá por su parte realizar un diagnóstico energético del inmueble.

Es importante destacar que previo a este proceso de levantamiento de información es necesario contar con una capacitación en lo que se refiere a la correcta identificación de las diferentes tecnologías existentes, tanto de alumbrado como equipos de aire acondicionado existentes, específicamente se deberá de poner especial cuidado en la identificación de las características físicas y técnicas de los equipos más comunes y modernos.

Debido a que en nuestro país no existe por el momento una entidad que pueda proporcionar asistencia técnica en relación a este tema, se vuelve entonces necesario contar con la asesoría de una persona entendida en la materia o en su efecto, auxiliarse de herramientas como Internet, documentos, manuales y catálogos que nos permitan obtener la información deseada.

Los conceptos básicos y las técnicas para el levantamiento de información son de vital importancia ya que nos permitirán evaluar el uso de la energía en las principales edificaciones en cuestión con el fin de proporcionar medidas orientadas al ahorro que hagan evidentes los beneficios energéticos, económicos y ecológicos.

1.1 Objetivos y alcances del diagnóstico

1.1.1 Objetivo general

Determinar los potenciales de ahorro de energía tanto en los sistemas de alumbrado como en los sistemas de aire acondicionado existentes en la red de hospitales públicos del gran San Salvador así como también identificar todas aquellas medidas económicamente rentables para este tipo de instalaciones.

1.1.2 Objetivos específicos

En el diagnóstico energético aplicado, se buscará identificar principalmente:

- a. Eficiencia energética actual del inmueble
- b. Potenciales de ahorro de energía eléctrica
- c. Potenciales ambientales y energéticos basados en los elementos necesarios para generar la energía eléctrica en una planta termoeléctrica del sistema eléctrico nacional:
 - Reducción de contaminantes al medio ambiente (CO₂, SO₂, Nox)
 - Conservación de los combustibles
 - Reducción del consumo de agua
- d. Estimación de la eficiencia energética posterior a la implementación de medidas
- e. Estimación de la inversión requerida para la implantación de medidas
- f. Tiempo de recuperación de la inversión a valor presente.

1.1.3 Alcances

Respecto a los alcances generales del diagnóstico energético, éste abarcará los siguientes puntos:

- a. Facturación eléctrica
Análisis de cada uno de los conceptos de la facturación eléctrica para identificar posibles medidas de ahorro de energía, por ejemplo: determinación del comportamiento energético del inmueble a través de los recibos de energía eléctrica.
- b. Eficiencia energética del inmueble
Determinación de los índices energéticos actuales y posteriores a la implantación de medidas, a través de la relación energía eléctrica consumida (facturada y censada) con respecto al área total construida del inmueble.
- c. Equipamiento
Evaluación de las diferentes alternativas tecnológicas por medio de un estudio técnico y económico, con base en el censo de equipos de iluminación.
- d. Informe
Entrega de un reporte final con los resultados del diagnóstico energético, medidas técnicas y económicamente viables, montos de inversión y tiempos de recuperación.

Capítulo 2. Metodología

2.1 Procedimiento de operación.

Las actividades necesarias para realizar el estudio energético propuesto están desagregadas conforme a las tareas a desarrollar (Figura 1). Por un lado se debe de realizar el levantamiento de datos y por otro analizar la información y proponer medidas de ahorro de energía mediante un reporte final.

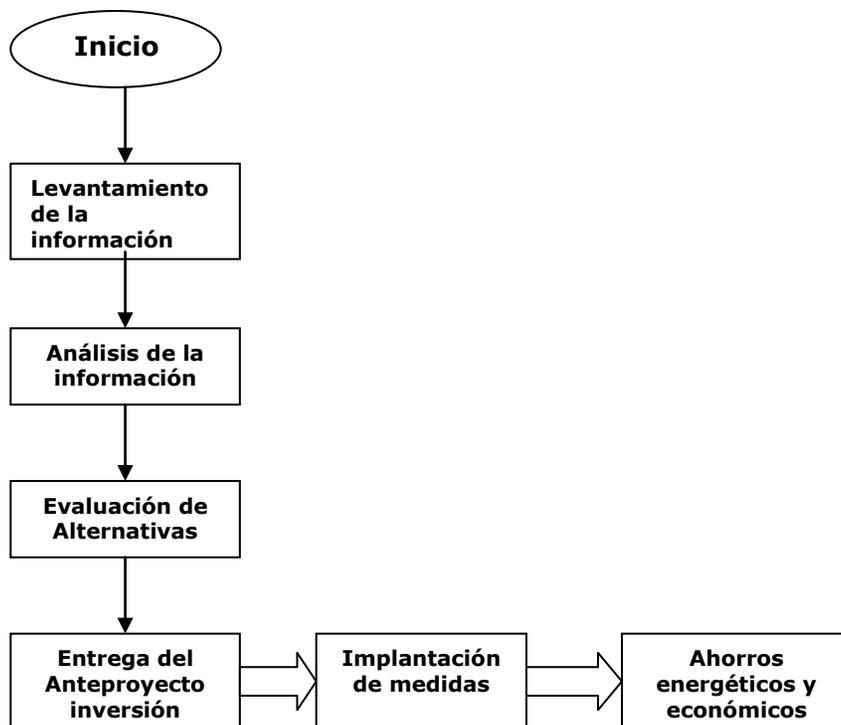


Figura 1. Diagrama general de actividades.

Descripción de las etapas del diagnóstico energético:

- Levantamiento de datos
Se trata esencialmente de la recopilación de datos generales del inmueble, facturaciones históricas de energía eléctrica y realización de un censo de alumbrado y capacidad instalada de aires acondicionados existentes con base en una zonificación arquitectónica del hospital.

- **Análisis de la información**
En esta etapa se verifica y valida la información previamente recopilada. En caso de la existencia de dudas o incongruencias en la información, se procede a aclararlas o a corregirlas.
- **Evaluación de alternativas de ahorro**
Esta etapa se refiere específicamente a la evaluación técnica y económica de las diferentes alternativas tecnológicas en el sistema de iluminación, así como el análisis de las posibles mejoras operativas.

2.2 Tiempos estimados de ejecución.

El tiempo para llevar a cabo las diferentes actividades que se desarrollan en un diagnóstico energético es variable; sin embargo, a manera de proporcionar una idea general, a continuación se muestra una estimación con base a la experiencia obtenida:

- **Levantamiento de datos:**

Datos generales	1 a 2 días
Facturaciones eléctricas	2 a 4 días
Zonificación de áreas	1 a 4 días
Censos de equipos	200 m ² /hora-persona
- **Análisis de la información:**

Facturación eléctrica	1 día
Censos de equipo	1 día
- **Evaluación de alternativas de ahorro:**

Evaluación técnica, económica y consolidado de medidas	3 días
--	--------
- **Elaboración de informe**

	1 semana
--	----------
- **Implantación de medidas:**

Acciones operativas	0 a 3 meses
Acciones con inversión	3 a 6 meses (dependiendo de la capacidad económica y los montos de inversión)

Capítulo 3. Levantamiento de datos

En el proceso del diagnóstico energético, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, esto se debe específicamente a que las subsecuentes etapas están fundamentadas principalmente en ella, es por esta razón que a continuación se da una breve descripción de esta etapa.

3.1 Recursos con los que se debe contar

Entre los recursos básicos con los que se debe de contar para un buen levantamiento de datos están:

- a. Acceso a información propia del inmueble, tal como facturaciones eléctricas y planos arquitectónicos.
- b. Disponibilidad de tiempo completo (de preferencia). El tiempo de trabajo dependerá del tamaño del inmueble, complejidad del sistema, disponibilidad de la información, habilidad y tiempo (h/día) dedicado a éste.
- c. Autorización de acceso a todas las áreas del inmueble.
- d. Conocimientos básicos en equipos de alumbrado y sistemas de aire acondicionado.
- e. Una o más personas que auxilien en el levantamiento de datos (de preferencia).

3.2 Actividades

En el desarrollo del levantamiento de datos se establece como tarea fundamental el llenado de cuatro tipos de formatos, incluidos en el anexo A, los cuales son:

1. Datos básicos del inmueble.
2. Datos de facturación de energía eléctrica.
3. Zonificación de áreas.
4. Equipos de alumbrado.

Adicionalmente se utiliza un quinto formato, donde se expresan los comentarios y observaciones sobre la posible problemática existente en el inmueble (bajos niveles de iluminación en distintas áreas, falta de apagadores, exceso de carga instalada por aire acondicionado, etc.), así como para hacer sugerencias que permitan implantar otras medidas de ahorro de energía, con y sin intervención, ya sea en el sistema de alumbrado, sistema de aire acondicionado o bien en otros sistemas eléctricos.

3.2.1 Datos básicos del inmueble

En el formato F1 se presentan 5 secciones:

- a. Inmueble.
- b. Construcción.
- c. Horario de trabajo y personal.
- d. Electricidad.
- e. Aire acondicionado.

Con el fin de entender claramente la información requerida, a continuación se describe cada una de las secciones contenidas en este formato:

a. Inmueble o edificio

- Nombre y dirección del inmueble
Aquí se anota el nombre del inmueble o razón social al que corresponde; se indican además la calle, número, ciudad.
- Uso del inmueble
Para este caso el uso del inmueble es hospital.
- Descripción
Se debe especificar si se trata de un edificio moderno, antiguo, histórico, o bien anotar alguna característica que se destaque.

b. Construcción

- Identificación de los edificios
Se asigna la primera letra mayúscula del alfabeto ("A"), y a los siguientes edificios les corresponderán las subsecuentes letras del alfabeto en orden progresivo (por ejemplo: edificio 2 = "B", edificio 3 = "C").
- Número de niveles
Se anota por cada edificio, el número de niveles con los que se cuenta, incluyendo sótanos y estacionamientos.
- Area total de los edificios
Aquí se anota la suma de todas las áreas de cada nivel, incluyendo sótanos y estacionamientos, etc. (se debe ser cuidadoso en verificar que no exista una desviación mayor al $\pm 5\%$ del área total restringida).
- Total (m²)
Corresponde a la suma de todas las áreas construidas de todos los edificios.

- Año de construcción
Aquí se anota el año en que se terminó de construir el inmueble (esto no siempre es posible averiguar con exactitud, en este sentido este ítem es opcional).
- Año de operación
Aquí se anota el año en que el inmueble entró en operación (también es opcional).

c. Horario de trabajo y personal

- Horario de trabajo
Se anota el horario normal de trabajo, si existen varios horarios se anota el más representativo, esto permitirá identificar aquellos horarios en donde habrá que enfocar las medidas de ahorro energético.
- Personal
Se anota el número total de personas que ocupan el inmueble.

d. Electricidad

- Tarifa
Se anota la tarifa en la cual se encuentra contratado el servicio eléctrico, si el inmueble cuenta con más de una facturación, se habrá de indicar en la descripción del edificio, sección 1 de este formato.
- Capacidad de la subestación
Se anota la potencia en KVA del o los transformadores que se encuentran en la subestación. En aquellos casos donde se cuenta con más de una subestación y/o transformadores, la capacidad total es la suma de las capacidades individuales.
- Capacidad de las plantas de emergencia
La capacidad de las plantas de emergencia se encuentra indicada en los datos de placa del generador de la planta, por lo que se debe anotar la potencia de operación continua en KW; en caso de tener la capacidad en KVA, se anota el factor de potencia (F.P) correspondiente.

e. Aire acondicionado

- Capacidad del aire acondicionado
Se anota la capacidad instalada de todos los equipos integrados al sistema, en toneladas de refrigeración (T.R.), así como la potencia eléctrica de los equipos en kilowatts (kW); si la información se encuentra en HP (Horse Power, por sus siglas en inglés), debe multiplicarse por el factor de conversión de 0.746.

3.2.2 Datos históricos de facturación eléctrica

Se recomienda disponer de 12 facturaciones eléctricas, de preferencia de todo un año para su llenado.

Es importante aclarar que el tipo de tarifa eléctrica a aplicar en un inmueble depende de la demanda eléctrica máxima registrada en el mismo; por ello es importante el uso de un formato adecuado para el análisis de la información del inmueble.

La información que se solicita en el formato F-2 es la siguiente:

- **Período**
Para cada uno de los meses indicados, se anota el período correspondiente a la factura eléctrica, de la siguiente forma:

Inicio del período: año/mes/día	Fin del período: año/mes/día
---------------------------------	------------------------------

- **Mes**
En el formato se indican los doce meses del año.
- **Parámetros eléctricos y costos**
Se anota la demanda eléctrica máxima, consumo eléctrico, factor de potencia y monto de facturación (incluyendo el I.V.A). En el caso de las tarifas horarias se debe de anotar adicionalmente las demandas y consumos de energía de los distintos períodos (resto, valle y punta)

En el anexo C se presenta un ejemplo de cómo se interpreta un recibo emitido por CAESS en el Hospital Bloom.

3.2.3 Zonificación del inmueble

Antes de iniciar con el llenado del formato F3, es necesario disponer de la siguiente información:

a. Planos arquitectónicos del inmueble

Es necesario disponer de los planos arquitectónicos actualizados de todos y cada uno de los hospitales en cuestión, incluyendo todas las áreas y edificios que los conforman.

Es importante también tener en cuenta que la suma total de todas las áreas individuales para cada edificio debe de concordar con los metros cuadrados reflejados en el formato "Datos básicos del inmueble" (Formato F1)

b. Zonificación de áreas

Con una copia de los planos arquitectónicos se lleva a cabo la zonificación de las áreas por cada nivel y área del inmueble, identificando las principales actividades, tales como: oficinas, consultorios, salas de espera, encamados, pasillos, etc.

La numeración se debe de realizar con base en las claves de zonificación de inmuebles, indicadas en el anexo B, inciso C. En caso de existir dos o más áreas en el mismo nivel donde se realice la misma actividad, a ambas les corresponderá la misma clave.

Esta actividad sirve para localizar adecuadamente el equipo de alumbrado y determinar la Densidad de Potencia Eléctrica del Alumbrado (DPEA) por tipo de actividad.

Para el llenado adecuado del formato F3, a continuación se describen cada uno de los datos solicitados:

- Edificio

Aquí se anota la clave de identificación del edificio indicado en el formato de datos básicos del inmueble (F1), de la sección 2, construcción.

- Nivel

A cada nivel de piso se les ha asignado dos dígitos; la letra N y un dígito para diferentes niveles de piso; la letra E y un dígito para estacionamientos, por ejemplo:

N1, N2, N3,..., etc.
E1, E2, E3,..., etc.

Para los diferentes niveles
Para estacionamientos

- Zona
Sobre los planos arquitectónicos se debe llevar a cabo una zonificación, la cual se hará obedeciendo el criterio de operación del inmueble y las claves de zonificación de inmuebles (anexo B, inciso C); es decir, se identificarán las áreas de: oficina, pasillos, áreas generales, laboratorios, encamados, etc., las cuales están codificadas con dígitos, (01, 02, 03, etc.), y así sucesivamente para cada nivel.

En el formato se indicará el número asignado en los planos. Ejemplo:

01 01 03 se refiere al edificio uno, nivel uno, zona tres (p.ej. pasillos)
01 01 05 se refiere al edificio uno, nivel dos, zona cinco (p-ej. baños)

- Descripción
El llenado se realiza de manera automática al seleccionar la zona.
- Superficie
Se debe de anotar la superficie en m² de la zona; esta se determina con ayuda de los planos arquitectónicos o bien por medio de una medición manual de la zona.
- Observaciones
Se debe realizar cualquier observación importante en lo que se refiere al área de iluminación o bien al área relacionada a la capacidad instalada por concepto de aires acondicionados.

3.2.4 Censo de alumbrado y Aires Acondicionados

Esta sección constituye en si misma el punto medular del levantamiento de datos, e incluso del diagnostico energético; del censo de equipos de alumbrado y aires acondicionados dependerá que todas las estimaciones de los potenciales de ahorro de energía estén bien sustentadas, por lo que se debe de poner un especial cuidado en su llenado.

Para la captura de la información se deberán de considerar los siguientes aspectos:

- Localización de equipos (edificio, nivel y zona)
La localización e identificación de las luminarias y equipos de aire acondicionado habrá de realizarse con base en la zonificación detallada previamente en los planos arquitectónicos. En el censo de equipos de alumbrado por ejemplo la zonificación de áreas (edificio, nivel y zona) se llena de manera automática tal como se muestra en el formato F3, en este sentido esto garantizará que no hayan ni más ni menos zonas que las marcadas en dicho formato.

En caso de que exista más de un tipo de lámpara en la misma zona, se debe de indicar, repitiendo la clave de edificio, nivel y zona. De igual forma, cuando el mismo tipo de lámpara opere en distintas horas del día.

- Código de equipos (aplicable al área de iluminación)
La codificación es la forma empleada para identificar por medio de claves todo el equipo de alumbrado. Cada fabricante tiene sus propias claves para designar sus equipos. A fin de evitar el uso de algún código específico de algún fabricante, se designará (para este trabajo en especial) a todos los equipos de una forma genérica que permita relacionar toda la información técnica de ellos.

En el anexo B, incisos A y B, se muestran las claves por familia y una lista con los códigos de lámparas más comerciales en el país.

La identificación del equipo de alumbrado se realiza dentro del formato F4. Antes de entrar a la selección de códigos es recomendable tener a la mano los datos indicados en la tabla 1, para cada uno de los tipos de lámparas que puedan encontrarse en algún inmueble.

Tabla 1. Datos requeridos por tipo de lámpara

Familia Incandescente	
Tipo de lámpara	Datos requeridos
Incandescente convencional	Potencia de la lámpara
Reflector incandescente	Potencia y bulbo de la lámpara
Lámpara de tungsteno halógeno/yodo cuarzo	Potencia de la lámpara
Reflector halógeno	Potencia de la lámpara y tipo de par
Lámpara halógeno de bajo voltaje/dicroica	Potencia, grado y posición de la lámpara
Familia Fluorescente	
Tipo de lámpara	Datos requeridos
Compacta fluorescente	Potencia, tipo de lámpara y tipo de balastro
Lámpara fluorescente tubular	Potencia de la lámpara, número de lámparas por luminaria, Tipo de balastro y número de balastos por luminaria
Lámpara fluorescente circular	Potencia de la lámpara
Lámpara fluorescente en U	Potencia de la lámpara, número de lámparas por luminaria, Tipo de balastro y número de balastos por luminaria
Lámpara fluorescente muy alta emisión	Potencia de la lámpara, número de lámparas por luminaria, Tipo de balastro y número de balastos por luminaria
Familia de alta intensidad de descarga (HID)	
Tipo de lámpara	Datos requeridos
Vapor de sodio alta presión	Potencia de la lámpara y tipo de balastro
Vapor de sodio baja presión	Potencia de la lámpara
Vapor de mercurio	Potencia de la lámpara
Aditivos metálicos	Potencia de y posición de la lámpara
Luz mixta	Potencia de la lámpara

Adicionalmente a la información descrita en la tabla 1 se anexa también otra información utilizada como apoyo para el llenado de este formato, esta es:

Anexo D. Glosario de términos técnicos aplicados a la iluminación.

- Descripción del equipo
Se anota el código correspondiente al equipo tomado del anexo B inciso A y B.
- Potencia unitaria
Debe de registrarse la potencia unitaria del equipo, para el caso de los sistemas de aire acondicionados existentes se anota la capacidad instalada en toneladas de refrigeración.
- Cantidad
Se debe de anotar el número de equipos instalados dentro de la zona.
- Operación en demanda máxima (Sí/No)
Se debe de identificar inicialmente el período de demanda máxima de energía en el inmueble; éste ocurre cuando la mayor cantidad de equipos de alumbrado y aire acondicionado se encuentran operando, es decir durante el día (de 9:00 a 20:00 horas).

Una vez establecido el horario de demanda máxima, se debe de identificar los equipos de alumbrado que permanecen encendidos en este horario. A los equipos de alumbrado que operan en este período se les asigna una letra "S", y una "N" a todos aquellos equipos que operan fuera de este horario.

- Tiempo de uso de lunes a viernes (h/d)
Se anota el tiempo de uso promedio de lunes a viernes, en horas/día del equipo de alumbrado así como también del equipo de aire acondicionado existente en cada zona.
- Tiempo de uso en sábado (h/d)
Se anota el número de horas promedio del día sábado, en que el equipo de alumbrado o sistema de aire acondicionado de cada zona se encuentra operando.
- Tiempo de uso en domingo (h/d)
Se anota el número de horas promedio, del día domingo, en que el equipo de alumbrado o sistema de aire acondicionado de cada zona se encuentra operando.

Una vez capturada la información solicitada en los cinco formatos (incluyendo el formato de comentarios y sugerencias) se procede a la segunda etapa de este proceso es decir, al análisis de la información.

Capítulo 4. Análisis de la información

Una vez que se ha finalizado con el levantamiento de datos, se procede a realizar el análisis de la información; en este sentido, la etapa de información es la forma mediante la cual se verifica o valida la información previamente recopilada en los formatos establecidos en la etapa de levantamiento de datos, Capítulo 3.

Para determinar la confiabilidad de los datos recopilados, se realiza un cruce con toda la información capturada en los formatos descritos anteriormente, a esto le llamaremos filtros; es decir haciendo uso de estos filtros se tiene la oportunidad de comparar los datos de un formato con los datos de otro, éstos dos formatos deben coincidir o en su efecto deben ser semejantes.

A continuación se presentan los principales filtros a tomar en cuenta:

- a. La superficie total construida de los datos básicos del inmueble (sección 2 del formato F1) debe coincidir con los metros cuadrados totales de la zonificación (formato F3)
- b. La demanda eléctrica facturada debe ser superior a la demanda censada por los equipos de alumbrado en un 10 a 30%, cuando no se cuenta con aire acondicionado. En caso de resultar mayor, existe la posibilidad de haber anotado más lámparas de las existentes o bien pudo suceder que la identificación de los equipos de alumbrado fue incorrecta.
- c. Con la zonificación de áreas (formato F3) se verifica que el censo del equipo de alumbrado (formato F4) no muestre más áreas y/o zonas de las que realmente se marcaron.

4.1 Análisis de la facturación eléctrica

La forma de realizar el análisis es ordenando la información de la facturación eléctrica dentro de un formato (Figura 2), el cual presenta tres secciones:

- a. Datos eléctricos
- b. Relación de índices energéticos de facturación
- c. Gráfica de consumo eléctrico y costo unitario vrs. Tiempo.

4.2 Análisis del censo del equipo de alumbrado

El análisis del censo del equipo de alumbrado consiste en determinar la potencia instalada en el sistema de iluminación y así hacer una comparación, debido a que en nuestro país actualmente no se cuenta con normas que establezcan rangos de aceptación en lo referente a la densidad de potencia eléctrica de alumbrado en inmuebles, para este proyecto se ha tomado como base la NOM-007-ENER-1995, de la densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA), mediante esta norma podemos establecer el rango máximo de aceptación para cada tipo de inmueble. Los valores de la norma sirven entonces como referencia para establecer el grado de eficiencia energética existente en el inmueble y esto pues con el objetivo de identificar fácilmente los potenciales de ahorro de energía existentes.

De igual manera que el análisis anterior, se usa formato de análisis para detectar rápidamente alguna incongruencia en la información. El formato se divide en cuatro secciones:

- a. Datos eléctricos: cantidad de equipos, demanda y consumo que tiene el sistema de iluminación.
- b. Relación de índices energéticos de alumbrado.
- c. Distribución del alumbrado general.
Indica la potencia y consumo por cada grupo de equipo de alumbrado.
- d. Gráfica de distribución del equipo de alumbrado.

Capítulo 5. Formatos de evaluación (medidas de ahorro de energía)

Después de realizar el levantamiento de datos y analizar la información, el siguiente paso a desarrollar es establecer las medidas de ahorro de energía para los sistemas de iluminación y Aire Acondicionado. Para ello, se han diseñado hojas de cálculo en Excel, las cuales realizan en forma ordenada y metódica la evaluación técnica y económica del reemplazo.

5.1 Evaluación técnica

La evaluación técnica se realiza en base a datos de equipos de aire acondicionado y alumbrado tomados de catálogos, donde se muestran las especificaciones técnicas de cada uno de los sistemas, como son: tipo y potencia del equipo, en el caso del sistema de iluminación, tipo de encendido, precio de la lámpara, tipo de balastro, etc. Además, es importante conocer las tarifas eléctricas vigentes, con la cual se determinan los costos eléctricos en el momento de evaluar la medida.

Con el fin de evitar que en la evaluación técnica se recomiende una gran variedad de equipos que saturen el almacén del inmueble y que además provoque altos costos de mantenimiento, en el cálculo se establece el tiempo de operación promedio ponderado, con base en el número de equipos para un mismo sistema con diferentes horas de uso.

El llenado del formato se realiza en base a los formatos del levantamiento de datos (F1, F2 y F4) y la información técnica obtenida de los catálogos. Cada una de las celdas se llena con sus especificaciones técnicas, así como la cantidad de equipos existentes, las horas promedio de operación y la tarifa eléctrica contratada para determinar los ahorros de energía por consumo y demanda facturada, y el ahorro económico.

En este formato se determina la reducción de la demanda (KW), del consumo eléctrico (KWh/mes) y la facturación mensual al aplicar la medida, así como el monto de la inversión y el tiempo simple de recuperación de la misma.

5.2 Evaluación económica

La evaluación económica se encuentra vinculada con la información obtenida de la evaluación técnica a través de los siguientes datos:

- a. Ahorro eléctrico
- b. Ahorro económico
- c. Inversión requerida para aplicar la medida.

El procedimiento para determinar la rentabilidad del reemplazo está basado en la metodología de la ingeniería económica, como es la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación beneficio/costo (B/C); además se determina el tiempo de recuperación a valor presente.

La TIR es la tasa a la cual el valor presente es igual a cero; en otras palabras, es la tasa de interés pagada sobre una cantidad de dinero tomada en préstamo, de tal forma que el pago debe llevar el saldo a cero, en un periodo de tiempo establecido. Para decidir si el proyecto es rentable la TIR deberá ser mayor a la tasa real de descuento, la cual esta establecida por la banca comercial.

La relación beneficio/ costo es el resultado de dividir los beneficios económicos entre los costos, ambos a valor presente, esta relación debe ser mayor o igual a 1; en caso de no serlo, la medida se rechaza y se busca otra alternativa.

En el estudio se determina el tiempo de recuperación de la inversión, considerando el valor del dinero en el tiempo, esto se muestra en un gráfico que se encuentra integrado en el mismo. La línea a valor presente se interrumpe cuando termina la vida del proyecto.

Además, se muestran los beneficios ambientales derivados del ahorro de energía; estos son determinados con base en los requerimientos necesarios en una central termoeléctrica, considerando la estructura del sistema eléctrico nacional, para generar un kwh.

5.3 Resultados de la evaluación técnica y económica.

Con objeto de tener una visión general de todas las medidas propuestas tanto para el alumbrado como para el aire acondicionado, se realiza una vinculación de la información obtenida en la evaluación técnica y económica con la tabla de medidas de inversión para el ahorro de energía, la cual muestra un resumen de los principales resultados.

En esta se calculan los porcentajes de ahorro económicos con respecto a los datos de la facturación para cada una de las medidas de ahorro de energía, en carga instalada, Potencia demandada, consumo de energía y ahorros.

Capítulo 6. Resumen Medidas Ahorro Energético

Ver las siguientes Tablas:

Tabla 6.1
Tabla 6.2
Tabla 6.3
Tabla 6.4
Tabla 6.5
Tabla 6.6
Tabla 6.7
Tabla 6.8
Tabla 6.9
Tabla 6.10

CONCLUSIONES.

Después de finalizado este documento se puede concluir que el proyecto "Ahorro eficiente de energía en la red de hospitales públicos de San Salvador" resulta económicamente rentable. A continuación se muestra el ahorro económico mensual que cada institución tendría por concepto de iluminación:

Hospital Nacional San Bartolo: \$596.5 mes (\$7158 año)
Hospital Nacional Zacamil: \$2828.85 mes (\$33,946.2 año)
Hospital Nacional de Neumología \$880.84 mes (\$10,570.08 año)
Hospital Nacional de Niños Benjamin Bloom \$1749.19 mes (\$20,990.28 año)
Hospital Nacional San Rafael \$753.95 mes (\$9047.4 año)

Si bien es cierto que la inversión de este proyecto parece un tanto alta en relación al ahorro mensual.

Inversión inicial Hospital San Bartolo: \$12,514
Inversión inicial Hospital Zacamil: \$54,002.13
Inversión inicial Hospital Neumologico: \$14,912.39
Inversión inicial Hospital Bloom: \$66,546.42
Inversión inicial Hospital San Rafael: \$15,649.27

Después de estudiar cuidadosamente este documento se puede aseverar lo contrario, ya que para una tasa interna de retorno promedio igual a:

- (a) 41.75% para el Hospital San Bartolo el tiempo de recuperación de la inversión se logra en tan solo 23.99 meses (1.99 años) y el tiempo venidero se traduce por tanto en beneficio económico para la institución.
- (b) 70.6% para el Hospital Zacamil el tiempo de recuperación de la inversión se logra en tan solo 22.98 meses (1.91 años) y el tiempo venidero se traduce por tanto en beneficio económico para la institución.
- (c) 102% para el Hospital Neumologico el tiempo de recuperación de la inversión se logra en tan solo 22.98 meses (1.91 años) y el tiempo venidero se traduce por tanto en beneficio económico para la institución.
- (d) 92.2% para el Hospital Benjamin Bloom el tiempo de recuperación de la inversión se logra en tan solo 14.68 meses (1.22 años) y el tiempo venidero se traduce por tanto en beneficio económico para la institución.
- (e) 126% para el Hospital San Rafael el tiempo de recuperación de la inversión se logra en tan solo 16.22 meses (1.35 años) y el tiempo venidero se traduce por tanto en beneficio económico para la institución.

En cuanto al ahorro energético que podría obtenerse en concepto de aire acondicionado los resultados son:

- (1) Hospital San Bartolo:
Ahorro mensual = \$703.55 (\$8442.6 anual)
Inversión = \$3780
TIR = 146.8 % anual
Recuperación Inv. = 13.19 meses (1.099 años)
- (2) Hospital Zacamil:
Ahorro mensual = \$2887.41 (\$34,648.92 anual)
Inversión = \$6145
TIR = 190.1% anual
Recuperación Inv. = 4.89 meses
- (3) Hospital Benjamin Bloom:
Ahorro mensual = \$1775.34 (\$21,304.08 anual)
Inversión = \$8610
TIR = 115.8 % anual
Recuperación Inv. = 7.68 meses
- (4) Hospital San Rafael:
Ahorro mensual = \$937.53 (\$11,250.23 anual)
Inversión = \$6,995
TIR = 127.2 % anual
Recuperación Inv. = 11.24 meses
- (5) Hospital Neumologico:
Ahorro mensual = \$146.75 (\$1,761 anual)
Inversión = \$1050
TIR = 164 % anual
Recuperación Inv. = 8.13 meses.

Características técnicas de estos dispositivos tales como mayor vida nominal, mayor índice de rendimiento de color y temperatura equivalente de color (en el caso del sistema de iluminación) apropiadas para un hospital, entre otras cosas, hacen que los beneficios no solo se vean reflejados en lo económico sino también en el consumo de energía, lo cual a su vez se traduce en beneficio ambiental por la reducción en el consumo de agua.

Por otra parte como ya es de nuestro conocimiento, una señal de corriente distorsionada esta formada por la suma de una onda de corriente oscilando a 60Hz y un número de componentes de menor magnitud y mayor frecuencia, conocidas como armónicas (120 Hz, 180 Hz, etc). Los balastos electrónicos disminuyen este problema ya que la distorsión armónica total que generan es tan solo del 10-15%, mientras que un electromagnético es del orden del 20%.

El sonido zumbido que se asocia a los balastos de las lamparas fluorescentes proviene de la vibración de las laminillas de acero del transformador del balastro electromagnético. El zumbido puede provocar molestias en lugares donde el ambiente tiene que ser sumamente silencioso tal es el caso de un hospital. Los Balastos electrónicos satisfacen esta necesidad ya que los componentes magnéticos del balastro convencional son sustituidos por elementos electrónicos eliminando el zumbido.

Un balastro electromagnético produce un sonido con un nivel de 31 dB mientras que un electrónico produce un sonido de tan solo 25 dB.

La disminución de la temperatura de operación de los balastos electrónicos ofrece otra ventaja: ahorro de energía en sistemas de aire acondicionado. 1Kw de calor generado por iluminación requiere para ser enfriado 3412 BTU de aire acondicionado, en otras palabras se requiere aproximadamente una tonelada de aire acondicionado para enfriar 3.5 Kw de calor.

Bibliografía:

www.luz.philips.com
www.advancetransformer.com
www.durabell.com.sv
www.carrier.com.mx/carrier/residenciales/energía.html
www.carrier.com.mx/carrier/residenciales/productos.asp
www.caveinel.org.ve/docs/ahorro/recomendaciones.pdf
www.calderasvapor.com/factores_conversion.htm
www.electra.com.pa/consumo_01.htm.com
www.acondicionamiento.com.ar
www.asrae.com

Anexo A

Evaluación Técnica y Económica Sistemas de Iluminación y Aire Acondicionado

Ver las siguientes Tablas:

Tabla A1
Tabla A2
Tabla A3
Tabla A4
Tabla A5
Tabla A6
Tabla A7
Tabla A8
Tabla A9
Tabla A10
Tabla A11
Tabla A12
Tabla A13
Tabla A14
Tabla A15
Tabla A16
Tabla A17
Tabla A18
Tabla A19
Tabla A20

Antes de iniciar la presentación de los resultados obtenidos en las diferentes instituciones aquí representadas es importante mencionar que la base que da soporte a ellos se fundamenta de la siguiente manera:

(1) En el área de iluminación. Para esta área como ya se menciono en apartados anteriores se tomo como base la norma oficial mexicana NOM-007-ENER-1995; en el desarrollo de esta norma participaron instituciones tales como:

- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS MEXICANO
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD PARA MEXICO
- PETROLEOS MEXICANOS
- LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
- FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA EN EL SECTOR ELECTRICO MEXICANO
- FACULTAD DE INGENIERIA UNAM
- SOLA BASIC
- MANUFACTURERA DE REACTORES
- OSRAM DE MEXICO
- CAREAGA Y ASOCIADOS

Aunque al final de este estudio se presenta un anexo completo el cual profundiza en el desarrollo y aplicación de dicha norma es importante en este punto mencionar que el objetivo principal de ella es establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica a fin de visualizar que tan eficientemente se esta aprovechando la energía por concepto de iluminación, para ello se calculan indicadores energéticos por ambientes (DPEA, DPEP, DEEA, DEEP) los cuales posteriormente se comparan con los valores establecidos por dicha norma, si los indicadores energéticos calculados están por sobre los valores establecidos en la norma mexicana entonces se

esta desperdiciando energía caso contrario se tiene un nivel de iluminación aceptable. Adicionalmente a ello se calculan también otros parámetros de gran importancia para el diagnóstico energético entre ellos: factor de carga, factor de disponibilidad, factor de carga instalada de los cuales también se desprende información muy valiosa (para mayor detalle acerca de estos conceptos se presenta su significado en el formato anexo de glosario de términos técnicos).

(2) En el área de aires acondicionados el método de cálculo en cuanto al redimensionamiento propuesto de la capacidad instalada en toneladas de refrigeración (o en su efecto BTU) obedece a información obtenida directamente de los manuales que despliega la empresa Carrier dentro de su página web (ver bibliografía), paralelamente a ello para se ha tomado también como base la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad Instalada BTU} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times 1000}{2}$$

Esta fórmula está bien sustentada dentro de la página descrita anteriormente.

Es importante mencionar que en esta área se busca una norma similar a la propuesta por la CONAE para el área de iluminación sin embargo, hasta esta fecha no existe una norma que especifique cuantas toneladas de refrigeración se necesitan para enfriar un área específica, las razones son muchas entre ellas no puede existir un estándar dado que la temperatura ambiente varía de país en país, la carga térmica es variable en función del uso y personal que labora en el inmueble entre otras cosas. Dada esta situación el problema de la carga térmica se trata desde el punto de vista de las recomendaciones propuestas en el formato anexo que lleva el mismo nombre (las páginas electrónicas que dan soporte a estas recomendaciones se pueden encontrar también dentro de la bibliografía). En otras palabras el redimensionamiento propuesto va acompañado de una serie de recomendaciones a fin de disminuir la carga térmica presente en cada uno de los distintos ambientes.

Finalmente la tecnología propuesta en el caso MAE es un tipo de tecnología diferente a la tradicional, es decir se está proponiendo sustituir los sistemas convencionales existentes por sistemas de ahorro eficiente de energía, la ventaja de ello es que haciendo uso de este nuevo tipo de equipos se puede llegar a obtener una temperatura de enfriamiento agradable pero con una menor demanda de potencia de la que necesitaría un sistema tradicional (como los instalados actualmente) para producir los mismos resultados

En el anexo F podrá ver en detalle las fórmulas de cálculo empleadas a lo largo del presente proyecto.

Anexo B

Claves y códigos de equipo para el Levantamiento de Datos

A.- Claves de equipo

Iluminación

- I Incandescente
 - IC Incandescente convencional
 - IG Incandescente convencional tipo globo
 - IR Reflector incandescente convencional
 - IY Lámpara de tungsteno halógeno (Yodo cuarzo)
 - IH Reflector halógeno
 - IA Reflector halógeno con recubrimiento de aluminio
 - ID Lámpara halógena de bajo voltaje (dicróica)

- F Fluorescentes
 - FC Compacta fluorescente
 - FO Lámpara fluorescente circular
 - FL Lámpara fluorescente tubular
 - FH Lámpara fluorescente de alta emisión
 - FV Lámpara fluorescente de muy alta emisión
 - FU Lámpara fluorescente tipo "U"

- H Alta intensidad de descarga
 - HA Vapor de sodio alta presión
 - HB Vapor de sodio baja presión
 - HD Aditivos metálicos
 - HL Luz mixta

Anexo C

Interpretación de los recibos de la facturación eléctrica

Generalmente los datos especificados en un recibo de energía eléctrica son los siguientes:

1. Nombre o razón social
2. Número de cuenta
3. Período de consumo
4. Lugar de expedición
5. Tipo de medidor
6. Número de medidor
7. Lectura anterior y lectura actual
8. Diferencia entre lectura anterior y lectura actual
9. Factor Multiplicador: Cte. que resulta de los transformadores de potencial y corriente
10. Fecha de expedición
11. Tarifa: Indica la tarifa que se aplica por el suministro de energía eléctrica
12. Demanda máxima: Es la demanda medida en KW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica fue mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en período de consumo. Se obtiene de multiplicar la diferencias de lecturas por el factor multiplicador.
13. Consumo en Kwh: Es la energía activa utilizada durante un período de consumo. Se obtiene de multiplicar la diferencia de lecturas por el factor multiplicador.
14. Kvarh: Es la energía reactiva utilizada durante un período de consumo. Se obtiene de multiplicar la diferencia de lecturas por el factor multiplicador.
15. %Fp: Es el coseno del arco cuya tangente es la relación de los Kvarh a los Kwh multiplicado por 100 para expresarlo en por ciento (%).
16. %Fc: Es la resultante de dividir el consumo (Kwh) entre la demanda máxima medida por el número de horas del período multiplicados por 100 para expresarlo en por ciento (%).
17. Cargos: Aquí se detallan los diferentes conceptos que integran el importe total de las facturas pudiendo ser los siguientes (dependiendo de las condiciones del servicio):
 - Energía: Es el resultado de aplicar la tarifa correspondiente al total de kwh consumidos
 - Demanda: Es el resultado de aplicar la tarifa correspondiente a cada Kw de demanda máxima
 - Factor de potencia: Cargo por FP menor a 90%.
18. Total a pagar: Importe total a pagar
19. Fecha límite de pago: Ultimo día para liquidar el importe total de la factura
20. Datos Históricos: Aquí se indican los Kwh, Kw de demanda máxima, información que obviamente sirve para conocer y controlar el consumo de energía eléctrica
21. Código que identifica la factura.

Anexo D

Recomendaciones (Acciones de nula o mínima inversión)

Formato Comentarios y Sugerencias...

Medidas Operativas del Módulo Tecnológico de Ahorro de Energía en Sistemas de Iluminación

Aunado a las alternativas de cambio o sustitución de equipos, las cuales generalmente tienen un alto costo inicial para el usuario, existen otras medidas cuyo costo es nulo o de baja inversión, pero que resultan también, en excelentes oportunidades para ahorrar energía.

A estas medidas se les conoce como operativas, y usualmente el propio personal de mantenimiento del inmueble las puede identificar y llevar a cabo; por lo que a continuación se enlistan las principales áreas de oportunidad clasificadas en tres categorías:

- ° Acciones de nula o mínima inversión
- ° Acciones de baja inversión

Acciones de nula o mínima inversión

Retirar lámparas: Para las instituciones aquí representadas se pudo detectar que frecuentemente sus áreas comunes (pasillos, salas de espera, estacionamientos, etc.) son diseñadas con niveles de iluminación similares a las áreas de tarea específica (oficinas, centro de cómputo, etc) lo cual representa un exceso de iluminación; por lo que en los casos donde las áreas comunes tengan luminarias con 3 ó 4 lámparas, se recomienda desconectar 1 ó 2 lámparas con su respectivo balastro.

Desconexión de balastros ociosos: Es común encontrar lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, pero con el balastro conectado a la red esto debe evitarse pues el balastro sigue consumiendo energía eléctrica en el orden del 20% de la potencia total de la lámpara, además si un balastro está conectado a 2 lámparas y una de ellas se desconectó ocasionará que la lámpara en funcionamiento reduzca su vida útil.

Limpiar luminarias; Si los componentes de la luminaria (lámpara, balastro, reflector y difusor) se encuentran sucios por el polvo acumulado, se recomienda realizar una buena limpieza a fin de mejorar el nivel de iluminación.

Desconectar equipos ociosos: En los inmuebles existen equipos de uso general como fotocopiadoras, enfriadores y calentadores de agua, que pueden desconectarse durante el horario nocturno, evitando así desperdicios de energía.

Activar el administrador de energía en computadoras: Las computadoras operan en forma real aproximadamente un 30% del tiempo que permanecen encendidas, por lo que operarlas en modo bajo consumo de energía (lo cual viene integrado en los sistemas operativos de dichas máquinas), permitirá ahorrar hasta un 40% del consumo del equipo.

Aprovechar el aire exterior: se recomienda para aquellas oficinas en las que sea posible, abrir ventanas a fin de reducir la carga del equipo de aire acondicionado.

Apagar la luz artificial cuando no se requiera: En las áreas donde existan apagadores y se tenga suficiente aportación de luz natural, así como en las áreas de trabajo donde no haya personal laborando, se recomienda hacer uso de los apagadores.

Dar continuidad al ahorro de energía: Se recomienda nombrar un responsable del ahorro de energía (que puede ser un individuo o un comité) con el fin de dar continuidad y asegurar la aplicación de las medidas recomendadas.

Acciones de Baja Inversión

Separar circuitos e instalar apagadores: El problema más generalizado consiste en la imposibilidad de apagar cierto número de lámparas las cuales no son necesarias en un momento determinado, se ha detectado por ejemplo que en la mayoría de instituciones aquí representadas existen interruptores los cuales individualmente operan un gran número de lámparas. En estos casos se recomienda separar el número de lámparas en varios circuitos, con igual número de interruptores que no enciendan más de seis luminarias.

Redistribuir luminarias: En caso de que las luminarias se encuentren en las áreas donde no se requiera iluminación directa se recomienda reubicarlas y, en su caso, reducir al menor número de lámparas por luminaria.

Reducir la altura de montaje excesiva de luminarias: Se han observado casos en que las lámparas se encuentran tan elevadas que si se apagan no se afectaría el nivel de iluminación, lo que significa que dichas luminarias se constituyen nada más en elementos decorativos; en estos casos se puede reducir la altura de montaje y rediseñar para colocar menor número de luminarias.

Instalar sensores de presencia: En áreas de poca actividad como bodegas, estacionamientos, subestaciones, etc, es recomendable el uso de equipos que enciendan la luz al detectar la presencia de personal.

Promover el ahorro de energía con carteles alusivos: Los carteles permiten concientizar al personal sobre la importancia de las medidas de ahorro de energía.

Pintar los espacios interiores con colores claros: Se recomienda usar siempre colores claros en techos, paredes y pisos y esto pues con el objetivo de alcanzar superficies reflejantes que permitan incrementar el nivel de iluminación.

Comprar equipo eficiente: En caso de requerir equipos ya sea de alumbrado o aire acondicionado, que sean necesarios por causas de reposición o de remodelación de espacios, es recomendable consultar los catálogos proporcionados por los diversos fabricantes, esto permite obtener toda la información así como también la asistencia técnica necesaria relacionada a este nuevo tipo de sistemas de ahorro eficiente de energía.

Aislar la superficie exterior de techos: Se ha podido comprobar que una capa de 25 mm de poliuretano aplicada en el techo reduce el consumo de energía eléctrica en aire acondicionado hasta en 29% , aunque es posible obtener resultados similares cubriendo el techo con pinturas especiales.

Aislar tuberías y ductos de aire acondicionado; Se recomienda asegurarse que los aislamientos en tuberías y ductos para aire acondicionado estén en buen estado, esto permite eliminar fugas de aire o pérdidas de calor.

Cubrir las ventanas con películas reflejantes: Una de las principales formas de ganancia de calor hacia el interior de un inmueble ocurre con la entrada de radiación solar a través de las ventanas; por ejemplo, un vidrio sencillo común transmite el 95% del total de energía solar que sobre el incide, es recomendable por lo tanto cubrir los cristales con películas de materiales reflejantes que limiten tal fenómeno, obteniendo reducciones que en el mejor de los casos la transmisión llegue a ser de tan solo un 30%.

Medidas Operativas del Módulo Tecnológico de Ahorro de Energía en Sistemas de Aire Acondicionado

Generalidades

Un sistema de aire acondicionado proyectado y ejecutado, orientado hacia el ahorro de energía, debe contar con equipos eficientes, uso de combustibles económicos, o fuentes de energía alternativas y a esto debe agregarse una correcta operación, mediante temperaturas, velocidad de distribución de fluidos, tiempos de utilización y sistemas de control óptimos. Por otra parte, la aplicación de un adecuado aislamiento térmico y la mejora en la hermeticidad de los edificios es fundamental, dado que ello implica equipos más pequeños con menor consumo energético durante la vida útil.

Existen numerosas tecnologías y medios de aplicación para disminuir el consumo energético, por lo que se deben analizar las características particularidades de cada caso, de modo de aplicar conceptos de diseño en la selección de los sistemas, que permitan obtener menores gastos en la fase de explotación y mantenimiento, pudiéndose considerar para su estudios los siguientes parámetros básicos:

- Disminución de las necesidades de energía
- Utilización de energías gratuitas
- Incremento de la eficiencia energética
- Correcta regulación del sistema.

DISMINUCION DE LAS NECESIDADES DE ENERGIA

La forma más clara de ahorrar energía es la de buscar todas aquellas soluciones que limiten en forma temporal o cualitativamente los consumos energéticos del sistema. En este sentido es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Funcionamiento del termostato: El termostato es un dispositivo que permite regular la temperatura del ambiente y cumple un papel muy importante en el control del consumo de energía, pues le proporciona una señal al equipo para que se apague el compresor cuando llegue a la temperatura deseada. La eliminación o falta de graduación del termostato puede representar un desperdicio equivalente al 30% de la energía consumida. Para tener un mayor provecho de la electricidad se recomienda regular el termostato de manera tal que pueda lograrse una temperatura de 24°C aproximadamente.

Instalación y mantenimiento del equipo: La limpieza de los filtros y el lavado del equipo son importantes para reducir los consumos de energía. Un aire acondicionado sucio o sin filtro demandará hasta 10% más de energía para funcionar que el mismo artefacto limpio, con su filtro en buenas condiciones.

Es indispensable como primer medida en la fase inicial del proyecto la adopción de soluciones arquitectónicas que tiendan a la reducción del consumo energético mediante un correcto uso del aislamiento térmico, teniendo en cuenta la radiación solar y una adecuada especificación de aventanamientos para reducir ganancias de calor e infiltraciones, ya que ello implica equipos de aire acondicionado y calefacción más pequeños, con un consumo menor.

A través de las ventanas, el techo y las paredes, penetra a las instalaciones el 79% del calor, siendo el sol la principal fuente que da origen a las altas temperaturas. Los vidrios de las ventanas por ejemplo actúan como una trampa de calor dado que dejan pasar la luz solar y calientan los elementos del ambiente, pero la radiación calórica invisible que estos emiten a su vez no pasa a través del vidrio, por lo cual el calor almacenado no puede escapar denominándose efecto invernadero, de modo que las reflexiones sucesivas de la radiación calórica en las paredes, pisos y mobiliario de un recinto hacen que este actúe prácticamente como una caja negra que absorbe la radiación incidente.

Si bien en invierno este efecto invernadero es sumamente beneficioso, no lo es en verano, debiéndose dotar de una buena protección solar a las ventanas.

Proteger los techos de las instalaciones: En la mayoría de instalaciones aquí representadas, el techo es la parte más expuesta a los rayos del sol, por ello la temperatura interna depende en gran medida del techo. Como alternativa para reducir

la entrada de calor por esta vía pueden ponerse en práctica las siguientes recomendaciones básicas:

- Pintar la superficie del techo de color blanco. Con esta medida se puede reducir hasta un 55% la cantidad de calor que penetra a la edificación en cuestión.

- Incorporar material aislante (5cm) como: Poliestireno (anime), Poliuretano o fibra de vidrio, en la parte exterior del techo, para evitar que éste se caliente y que el calor sea transmitido al interior.

Proteger las Paredes: Es importante también proteger las paredes de la radiación solar, para ello se recomienda:

- (1) Pintar de colores claros las superficies externas. El color blanco refleja de un 70 a un 80% la radiación solar, con esta medida se puede reducir hasta un 40% el calor que penetra a través de las paredes.
- (2) Colocar material aislante en la superficie exterior de las paredes, esto puede reducir hasta un 75% la entrada del calor a la habitación. El material aislante debe estar de los agentes climáticos externos y el acabado final debe ser de color claro para aumentar la eficiencia.
- (3) Aprovechar la vegetación para reducir el consumo de energía, esta comprobado que la ubicación adecuada de vegetación alrededor de las edificaciones reduce el consumo de energía hasta en un 25%; en este sentido es importante por ejemplo sombrear los techos con árboles grandes de copa horizontal, con esta medida se puede reducir la temperatura interior de 4.5 a 5.5°.

Entre las muchas formas de lograr ahorro energético en instalaciones de aire acondicionado se puede mencionar como las más simple su propio aislamiento térmico y la disminución o aumento de la temperatura de diseño o set-point de los locales según sea invierno o verano respectivamente, que puede suponer un ahorro anual, siempre que ello no implique una reducción substancial de las condiciones de confort.

UTILIZACION DE ENERGIAS GRATUITAS

El uso de energías gratuitas constituye un elemento importante para el ahorro energético. Se pueden mencionar como las más interesantes las siguientes:

- ° Aprovechamiento del aire exterior (free -cooling)
- ° Enfriamiento evaporativo

Free-cooling

Una de las formas de reducir el consumo energético es el empleo del sistema economizador denominado free-cooling de aire exterior para aprovechar su baja entalpía cuando las condiciones exteriores son favorables como en verano, para disminuir el uso de los equipos de aire acondicionado.

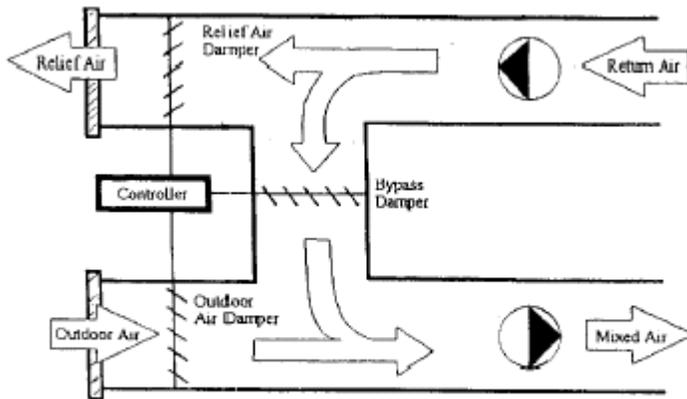


Fig 1. Esquema de funcionamiento de free-cooling

En el esquema de la figura 1 se detalla el procedimiento más usual para llevar a cabo el free-cooling, contando el sistema con un ventilador en la línea de retorno, que puede canalizar dicho aire eliminándolo hacia el exterior, o recirculándolo hacia la unidad de tratamiento de aire. La regulación de la proporción de aire eliminado o recirculado se realiza mediante un juego de persianas en función del grado de apertura o cierre y una tercera persiana en la toma de aire exterior opera sincronizadamente con el aire eliminado al exterior y de esa manera, al aumentar el caudal de aire exterior a media que la persiana se abre, se va cerrando la del aire recirculado y se abre la del aire expulsado.

Alternativas de instalación

Es posible establecer muchas variantes de instalación, en la figura 2 se muestran los esquemas de algunas alternativas posibles. En el primer detalle se utiliza un ventilador de impulsión de aire exterior con persiana de descarga al pleno del equipo, descargándose el aire del local por sobrepresión e mediante persianas ubicadas en el mismo.

En el detalle siguiente se muestra un sistema más sencillo, que consiste en la utilización de solo el ventilador del mismo equipo de aire acondicionado, absorbiendo el aire del pleno de retorno y descargándolo por sobrepresión en el local. Por último se detalla el caso en que el equipo de aire acondicionado está colocado en el mismo ambiente donde se instala un ventilador de impulsión de aire nuevo directamente a local acondicionado.

Los sistemas deben ser automáticos de modo de poder regular la apertura del paso del aire en forma proporcional a las necesidades mediante persianas motorizadas modulantes, comandadas por un controlador con un sensor exterior e inferior. Se destaca que en los ejemplos detallados, podría haberse instalado un ventilador de extracción en reemplazo de la persiana modulante para salidas del aire exterior, con una mejor regulación.

El mantenimiento de la limpieza de los filtros es muy importante en los sistemas con free-cooling debido a que el caudal circulante de aire exterior es mucho mayor que en los sistemas convencionales. Se debe utilizar un sensor de filtro sucio para la entrada de aire exterior, que en virtud de la diferencia de presión antes y después del mismo, accione una alarma mediante un dispositivo de control y deshabilite el sistema hasta que se limpie o cambie el filtro y se resetee la alarma.

La aplicación de free-cooling mediante el enfriamiento de agua por medio del aire exterior, constituye una variante a considerar en los proyectos de aire acondicionado.

Enfriamiento evaporativo

Enfriamiento evaporativo es un proceso de transferencia de masa de agua en una corriente de aire por contacto directo, en la que se obtiene el enfriamiento sensible del aire por evaporación del agua.

El contacto entre los dos fluidos aire y agua puede tener lugar sobre superficie de gran extensión con el propósito de aumentar el contacto íntimo entre ellas. El proceso de transferencia de calor es adiabática, de modo que se mantiene prácticamente constante la entalpía del aire o lo que es casi lo mismo, su temperatura de bulbo húmedo.

Como se observa en la figura 3, el agua se evapora en contacto directo con el aire de suministro, produciendo su enfriamiento y aumentando su contenido de humedad en un proceso de cambio adiabático de calor. El aire suministra el calor al agua produciendo su evaporación, de modo que su temperatura de bulbo seco baja y se incrementa la humedad.

De esa manera, el calor intercambiado desde el aire iguala a la cantidad de calor absorbida por la evaporación del agua y el agua se recircula por el aparato, su temperatura se aproxima a la de bulbo húmedo del aire del proceso, tal como se indica en la figura 4.

Básicamente están compuestos por un elemento de humectación, un ventilador centrífugo y en los sistemas de atomización es necesario disponer de una bomba de circulación con sus correspondientes tuberías y toberas y la característica del medio de humectación de los enfriadores evaporativos fibras de madera aglomerada con el necesario tratamiento químico para incrementar la humectación y prevenir el crecimiento de los microorganismos, los que son montados en marcos de metal o plásticos removibles o de medio rígido conformado por un enjambre de placas corrugadas hechas normalmente de plástico.

Para realizar el enfriamiento evaporativo de una instalación de aire acondicionado es necesario que se den en el clima exterior dos requisitos:

- ° Elevadas temperatura exteriores de bulbo seco
- ° Temperatura de bulbo húmedo relativamente baja.

En general para temperaturas exteriores mayores de 35° C y temperaturas de bulbo húmedo menores de 24°C. de modo que son de aplicación en climas exteriores cálidos y secos.

Como se había mencionado, los sistemas evaporativos directos aunque pueden relativamente disminuir la temperatura del ambiente algunos grados y ventilar, agregan vapor de agua a los ambientes. Su aplicación entonces puede ser para locales industriales, criaderos, grandes espacios de circulación, etc. donde el efecto de humedad no constituye un inconveniente.

También existen enfriadores evaporativos indirectos que enfrían por evaporación una superficie de intercambio enfriando el aire en forma sensible manteniendo constante la humedad específica pero con menos eficiencia.

Actualmente se fabrican equipos compactos autocontenidos de enfriamiento directo que van desde las prestaciones individuales para los mismos locales a equipos de mayor tamaño para montarse sobre techo o paredes con conductos similares a los equipos roof-top de aire acondicionado, cuyo montaje es sumamente sencillo.

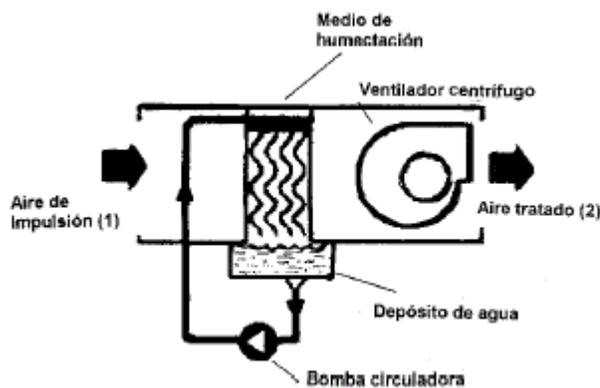


Fig. 3 Detalle esquemático de un sistema evaporativo.

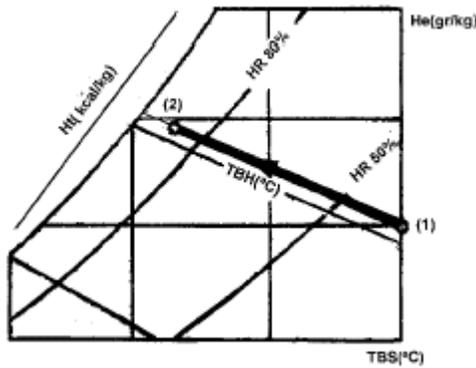


Fig 4. Detalle de proceso en el ábaco psicrométrico

INCREMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGETICA.

Se pueden mencionar las siguientes acciones para lograr ese objetivo:

- Zonificación de los equipamientos para satisfacer sus necesidades particulares.
- Adecuada selección de las temperaturas de evaporación y condensación.
- Empleo de sistemas de distribución de fluidos con motores de velocidad variable
- Aplicación de equipos de bomba de calor
- Sistemas de cogeneración
- Aprovechamiento del calor de condensación de los equipos de refrigeración o el calor latente de los humos en calderas.
- Recuperación del calor del aire de descarga de ventilación
- Métodos de acumulación térmica

Es necesario en el diseño efectuar la zonificación y la parcialización adecuada de la capacidad de los equipamientos a fin de adaptar la generación de aire acondicionado a la demanda del calor del sistema en la magnitud y momento que se produce. Debe recordarse que la eficiencia de las máquinas se reducen a cargas parciales.

Las temperaturas de diseño en la evaporación o la condensación son factores muy importantes en la determinación del proyecto desde el punto de vista energético por lo que debe analizarse con detenimiento la temperatura enfriamiento en la distribución de los fluidos y el uso de los sistemas de condensación por agua contraponiendo los menores consumos de operación con los mayores costos de mantenimiento que los de aire, teniendo en cuenta que el agua potable comienza a ser un recurso cada vez menos económico.

El uso de métodos de regulación mediante equipos de distribución de fluidos a velocidad variable representa un ahorro importante en el consumo energético con respecto a los de velocidad constante . Tal es el caso de los sistemas de volumen variable en las instalaciones todo aire, la regulación mediante bombas de velocidad variable en los sistemas todo agua o los sistemas VRV en los todo refrigerante.

Por otra parte son recomendables por su mayor eficiencia los sistemas de calefacción por bomba de calor teniendo en cuenta las características de las zonas de emplazamiento y utilización de los equipamientos complementados con la refrigeración, en reemplazo de las resistencias eléctricas. La bomba de calor permite además transferir el calor de una zona a otra del edificio reduciendo el consumo energético.

Estos temas son muy importantes y puede llegar a ser determinantes para definir el partido de un proyecto global de aire acondicionado y requieren un análisis muy particularizado.

Cogeneración

En los casos comunes, la energía térmica, se genera utilizando los combustibles tradicionales en los diversos tipos de equipos y la energía eléctrica normalmente es distribuida por medio de la red pública. Sin embargo, existen alternativas para generar energía térmica y eléctrica en forma conjunta con una mayor eficiencia que la obtenida por los sistemas convencionales.

Se puede observar en el esquema comparativo que se muestra en la figura 5 la diferencia de un sistema convencional y cogeneración para satisfacer las necesidades de energía eléctrica y calor, por lo que puede definirse la cogeneración como la técnica empleada para la producción simultánea de energía por lo general eléctrica y térmica a partir de una sola fuente de combustible. La idea básica es recuperar la energía calórica disipada como residuo no útil, para su aplicación en diversos usos, como por ejemplo en actividades industriales que requieren electricidad y calor.

Si bien las aplicaciones de la cogeneración destinada a calefacción o agua caliente sanitaria se encuentran muy extendidas, debido a que la demanda es estacional no se puede obtener plenamente la potencialidad de cogeneración, puesto que en verano lo que se necesita es agua fría para la climatización. Para ello se emplean máquinas enfriadoras de absorción que pueden ser alimentadas con agua caliente, vapor o directamente por los gases de la combustión en el caso de las turbinas de gas o motores alternativos y que proporcionan refrigeración con un consumo mínimo de energía eléctrica.

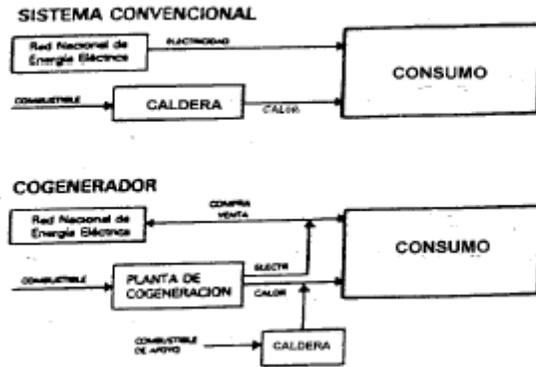


Fig. 5. Suministro de energía eléctrica y térmica en un sistema convencional y de cogeneración.

El ahorro de energía anual que se consigue instalando un equipo de cogeneración depende de la característica de cada caso, pero en general puede estimarse en alrededor del 20%, lo que permite la amortización del mayor costo de inversión que representa, en pocos años.

Unas Recomendaciones Finales...

- (1) **Incrementar la eficiencia del fp.** Para aquellas instituciones cuyo fp. sea menor a 0.9 se recomienda instalar bancos de capacitores que corrijan este valor a un valor tan cercano a uno como sea posible, esto permitirá aprovechar de manera eficiente la energía servida por las distribuidoras así como también evitará cancelar los costos en que se incurre por penalización de bajo fp.
- (2) **Alquiler de Transformadores.** La mayoría de las instituciones aquí representadas dentro de su facturación mensual pagan cierta cantidad de dinero en concepto de alquiler de transformadores, teniendo en cuenta que la vida útil de estos equipos puede llegar a alcanzar hasta un máximo de 50 años, se recomienda adquirir su propio banco de transformadores de manera tal que la recuperación de la inversión se logre con el ahorro mensual que se tendría al evitar de cancelar el costo por alquiler de transformadores.
- (3) **Solicitar una revisión del contrato.** Se ha detectado que la mayoría de las instituciones aquí representadas poseen un factor de carga por debajo del 70%, lo cual significa que de la potencia en kw contratada a las distribuidoras ellos están utilizando de un 60 a 70%, en este sentido se recomienda transcurridos 6 meses solicitar una revisión de su contrato de manera tal que permita recontractar una potencia menor a la poseída actualmente.
- (4) **Disminuir los puntos de medición.** Para aquellas instituciones que poseen mas de un punto de medición se les recomienda hacer una nueva redistribución de carga a fin de calcular una sola subestación que este medida desde un punto de medición primario único, el no hacerlo ocasiona que en cada punto de medición separado se este pagando una demanda de arrastre (capacidad de suministro contratada por cada punto individual) la cual en el mejor de los casos solo se esta utilizando en el orden del 60% (factor de carga).

Anexo E

Glosario de términos técnicos aplicados a iluminación

Índice de Rendimiento de Color (CRI)

El índice de rendimiento de color (CRI) es la capacidad que tiene una lámpara de reproducir fielmente los colores de los objetos, es en este sentido es un factor muy importante a considerar en cualquier aplicación de iluminación. El CRI se mide en una escala de 0 a 100. La luz del sol, y la luz de una lámpara incandescente tienen un CRI de 100.

Lámparas fluorescentes compactas ahorradoras de energía.

Como su nombre lo indica, son lámparas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente y que requieren de equipo adicional como un arrancador, un balastro o un adaptador para poder ser instruidos y funcionar adecuadamente.

La familia de lámparas fluorescentes compactas se constituyen en si misma la opción más eficiente para la sustitución de un foco incandescente y esto debido a que este tipo de lámpara pueden ahorrar hasta un 75% de energía eléctrica en comparación con la energía consumida por un foco incandescente, otro factor que también es importante mencionar es que este tipo de lámparas tienen una vida útil que en la mayoría de los casos es 10 veces mayor a la que posee un foco incandescente normal.

Este tipo de lámparas tiene la ventaja que combinan un alto índice de rendimiento de color (CRI de 82) con una excelente apariencia y temperatura de color. En cuanto a la temperatura de color este tipo de lámpara es muy similar a la luz incandescente, situación que permite eliminar el ambiente frío que presentan las lámparas fluorescentes comunes. Además debido a su tamaño compacto este tipo de lámpara se puede utilizar en una gran variedad de aplicaciones.

Aplicaciones: Las lámparas fluorescentes compactas de la series PL-S y PL-C, son ideales para pasillos, corredores, salas de emergencia, luces exteriores, entre otras. Están disponibles en una gran variedad de longitudes, potencias y temperaturas de color (CRI de 82) y una vida útil de 10,000 hrs.

Las lámparas compactas de la serie TL 80 son lámparas fluorescentes de menor diámetro (25mm), con un CRI de 85, un flujo luminoso arriba de los 104 lúmenes por watt (operando con balastro electrónico); este tipo de lámpara se considera que es la mejor opción para diseños de iluminación de oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde se es importante ahorrar energía y tener una luz de alta calidad.

Este tipo de lámparas las hay en diferentes longitudes: 61, 91, 122, 152 y 244 cm., además incorporan un polvo fluorescente a base de fósforos, lo que permite que tengan un mayor flujo luminoso, de excelente rendimiento de color; es importante también agregar que este tipo de lámpara se pueden elegir de entre cuatro diferentes temperaturas de color: 3000K, 3500K, 4100K y 5000K.

Sistema de encendido instantáneo.

Este término se aplica a aquellos sistemas en los que se enciende una lámpara de descarga eléctrica, mediante la aplicación de una tensión a la lámpara, lo suficientemente alta para provocar la emisión de electrones de los cátodos por emisión de campo iniciándose, por tanto, el flujo de electrones de la lámpara, lo que ioniza los gases o inicia una descarga a través de la lámpara sin que previamente se hayan calentado los electrodos.

Sistema de encendido rápido.

Se designan con este nombre a aquellos sistemas en los que la lámpara de cátodo caliente se operan bajo las siguientes condiciones: (1) las lámparas se encienden previo calentamiento de los cátodos hasta una temperatura suficiente y adecuada para la emisión de electrones y sin que se establezca la ionización en la región entre los cátodos, (2) El calentamiento se efectúa, ya sea mediante devanados calentadores de baja tensión del balastro o bien mediante transformadores de baja tensión que se instalan por separado, (3) La tensión de calentamiento de los cátodos se mantiene durante todo el ciclo de operación de la lámpara. Hay dos tipos de lámparas para sistemas de encendido rápido: lámparas con cátodos de baja resistencia y lámparas con cátodo de alta resistencia.

El Balastro

El balastro es un dispositivo electromagnético, electrónico o híbrido que, por medio de inductancias, capacitancias, resistencias y/o elementos electrónicos (transistores, tiristores, etc.), solas o en combinación limitan las lámparas y, cuando es necesario, la tensión y la corriente de encendido. La frecuencia de salida en balastros electromagnéticos es de 60Hz y en los electrónicos es del orden de 20 a 60 Hz. En el caso de que el balastro sea para lámparas de encendido rápido, suministra, además la tensión para el calentamiento de cátodos.

Entre las funciones de este tipo de dispositivos tenemos también que:

- Proporcionan la tensión de encendido y operación de las lámparas
- Limitan la corriente de operación de las lámparas
- Corrigen el factor de potencia
- Amortigua las variaciones de la tensión de la línea

Clasificación de los Balastros por tipo de operación

Los balastros se clasifican por su tipo de operación en:

- Electromagnéticos
 - Convencionales
 - Baja energía
 - Ahorradores

- Híbridos
- Electrónicos
 - Discretos
 - Integrados

Balastros Electrónicos.

Por casi medio siglo los balastros electromagnéticos han sido la única forma de operar lámparas fluorescentes. Sin embargo, la era electrónica ha dado grandes avances a la tecnología de los balastros.

La introducción de los nuevos balastros electrónicos se ha convertido en una excelente alternativa a los balastros convencionales, estos dispositivos están cambiando todos los diseños y especificaciones de los sistemas de iluminación fluorescentes.

Tanto el balastro electromagnético como el electrónico están diseñados para operar lámparas fluorescentes. Sin embargo es importante hacer notar que existen ciertas diferencias en la forma en que operan a las lámparas, el grado de eficiencia, la capacidad de producir la luz especificada de las lámparas y la flexibilidad para adoptar lámparas de varios tipos y potencia a un mismo balastro.

Existen seis factores muy importantes en la especificación de los balastros para lámparas fluorescentes, estos son:

- 1) Factor de balastro**
- 2) Factor de eficiencia del balastro**
- 3) Factor de potencia**
- 4) Factor de cresta**
- 5) Distorsión armónica**
- 6) Sonido (db)**

1) factor de balastro

El factor de balastro describe la capacidad del balastro para producir el flujo luminoso especificado de una lámpara fluorescente.

Un balastro puede tener diferentes factores de balastro para diferentes lámparas. Por ejemplo, un balastro que esté diseñado para operar lámparas estándar de arranque rápido de 40W debe mantener un factor de balastro mínimo de 0.925. Sin embargo, cuando este balastro opera lámparas de 34W su factor de balastro cambia a 0.88 (en promedio).

$\text{Factor de balastro} = \frac{\text{Salida de luz Balastro comercial}}{\text{Salida de luz de Balastro de Laboratorio}}$

2) Factor de eficiencia del balastro (BEF)

Este factor se utiliza para comparar la eficiencia de los balastro operando lámparas fluorescentes. El BEF es únicamente válido cuando se comparan balastros operando a la misma lámpara. Por ejemplo, un balastro con un factor de balastro (BF) de 0.88 operando 2 lámparas de 32W tiene un BEF de 1.466($0.88 \times 100 / 60 = 1.466$). Otro balastro que utilice la misma potencia con un BF de 0.82 tendrá un BEF de 1.366. En este caso se concluye que el primer balastro es mucho más eficiente y esto pues debido a que su BEF es mayor.

$$\text{BEF} = \frac{\text{BF} \times 100}{\text{Potencia de Entrada}}$$

3) Factor de potencia

El factor de potencia de un balastro describe que tan eficazmente la potencia suministrada al balastro es convertida en watts aprovechables por la lámpara.

El factor de potencia es una medida relativa de la diferencia de fase entre la corriente y el voltaje. Cuando la señal del voltaje y la corriente es un sistema eléctrico no tienen la misma posición en el tiempo, se dice que estos se encuentran fuera de fase, esto es provocado por los componentes magnéticos de los balastros electromagnéticos ocasionando pérdidas de energía.

Es importante hacer notar que aquellos balastros que tienen un alto factor de potencia son de hecho mucho más eficientes que aquellos balastros que tienen un bajo factor de potencia. Una de las tantas ventajas que ofrecen los balastros con alto fp. es que estos

perfectamente pueden ser alimentados de circuitos con baja capacidad de corriente en tanto que aquellos que tienen bajo fp. requerirán aproximadamente el doble de la corriente que necesitan los balastros con un alto fp. , en este sentido se puede concluir que los balastros con bajo fp. requieren alimentación con cables de mayor calibre y esto pues dado que representan una mayor carga en el circuito.

$$\text{Factor de Potencia} = \frac{\text{Potencia de entrada}}{\text{Voltaje de línea} \times \text{Corriente de línea}}$$

4) Factor de cresta

El valor pico de una onda senoidal dividido entre su valor rms es llamado factor de cresta. El factor de cresta es uno de los criterios que se utilizan para estimar la vida de las lamparas fluorescentes.

Corrientes con factores de cresta muy grandes pueden acortar la vida de las lámparas.

5) Distorsión armónica (thd)

Las corrientes con forma de onda no senoidal que resultan de la saturación de elementos magnéticos producen lo que conocemos como distorsión armónica; la distorsión armónica puede tener efectos muy dañinos para cualquier sistema eléctrico, entre estos efectos podemos mencionar: sobrecarga y calentamiento de conductores, pobre regulación, cortocircuitos, etc.

Una señal de corriente distorsionada está formada por la suma de una onda de corriente oscilando a 60 Hz y por un número de componentes, de menor magnitud y mayor frecuencia, conocidos como armónicos (120 Hz, 180 Hz, etc.).

La importancia de los balastos electrónicos también se hace notar en este punto, y es que los balastos electrónicos disminuyen los problemas ocasionados por la distorsión armónica, específicamente ellos generan una distorsión armónica total la cual oscila entre el 10% y 15%. Mientras que los balastos electromagnéticos generan una "thd" del orden del 20%.

6) Sonido (dB)

El sonido o "zumbido" que se asocia a los balastos de las lámparas fluorescentes proviene de la vibración de las laminillas de acero del transformador del balastro electromagnético. El zumbido puede provocar molestias en lugares donde el ambiente tiene que ser sumamente silencioso (tal cual es el caso de los hospitales). Los balastos electrónicos satisfacen esta necesidad y esto dado que los componentes magnéticos del balastro convencional son sustituidos por elementos electrónicos, eliminando de esta forma la que conocemos como "zumbido". Por ejemplo, en balastos electrónicos Philips-ADVANCE el sonido emitido es 6 dB menor que el producido por los balastos electromagnéticos convencionales.

Comparación:

Balastro Electromagnético	31dB
Electrónico ahorrador de Energía	32dB
Balastro Electrónico (Philips)	25dB

Adicionalmente a los factores mencionados anteriormente existen otras ventajas que también ofrecen los balastros electrónicos en relación a los balastros convencionales. Estas son:

Peso. El peso de los balastros electrónicos representa una gran ventaja sobre los balastros convencionales. Esto se debe principalmente a que:

- Los componentes electrónicos son más ligeros que los componentes electromagnéticos.
- Los componentes del balastro electrónico están cubiertos con una resina protectora a la humedad que además provee reducción de sonido; mientras que un balastro electromagnético está completamente encapsulado por un compuesto asfáltico denso.

Balastro electromagnético: 1.68 kg
Balastro electrónico: 0.68 kg
Diferencia en peso: 1 kg.

Temperatura de operación. Por cada 10°C menos de operación, se duplica la vida de un balastro electromagnético. Los balastros Philip-ADVANCE , por ejemplo operan 30°C por debajo de los balastros convencionales y 12°C mas frío que los ahorradores de energía.

Es importante también agregar que la disminución de la temperatura de operación de los balastros electrónicos ofrece una ventaja adicional y es que con este tipo de dispositivos podemos obtener un ahorro de energía en los sistemas de aire acondicionado.

"Un kW de calor generado por su iluminación requiere para ser enfriado 3,412 BTU de aire acondicionado". Recoremos que:

Una tonelada de aire acondicionado = 12,000 BTU

Osea que se requieren 12,000 BTU de aire acondicionado para enfriar 3.5 KW de calor.

Balastro electromagnético Standard:	80°C
Balastro electromagnético MARK III:	62°C
Balastro electrónico ADVANCE:	50°C
Temperatura ambiente:	25°C

Especificaciones para balastros electrónicos.

El balastro electrónico usa componentes basado en semiconductores para aumentar la frecuencia de operación de una lámpara fluorescente (típicamente entre 20 y 80 KHz).

La eficiencia del sistema fluorescente aumenta debido a la operación de la lámpara en alta frecuencia y a la reducción de pérdidas en el balastro. Los dos tipos de balastros electrónicos más comunes son:

- 1) Electrónico con circuito discreto**
- 2) Electrónico con circuito integrado**

1) Electrónico con circuito discreto

Este es un dispositivo que sólo admite una tensión de alimentación, con un respectivo rango de aceptación, para entregarle a la lámpara la tensión necesaria para su correcta operación.

- 1.1 Tipo de arranque: rápido o instantáneo para 17, 25, 31 y 32W, instantáneo para 59W.
- 1.2 Número de lámparas por balastro: 1, 2, 3, y 4.
- 1.3 Tensión nominal: 120-127-220-240-254-277V a 60 Hz.
- 1.4 Variación de la tensión nominal permisible $\pm 10\%$ (esta se especifica de acuerdo a la tensión suministrada en el lugar)
- 1.5 Frecuencia de operación en lámparas: superior a 20KHz y menor de 100KHz
- 1.6 Factor de eficacia de balastro mínimo para 1, 2, 3 y 4 lámparas a tensión y frecuencia nominales

Tipo de lámpara	1 lámpara	2 lámparas	3 lámparas	4 lámparas
17 W	4.27	2.4	1.66	1.25
25 W	3.06	1.7	1.13	0.85
32 W	2.59	1.41	0.88	0.66
59 W		0.77		

- 1.7 Factor de balastro: mínimo 0.85, máximo 0.90
- 1.8 Factor de cresta de corriente de lámpara máximo: 1.7 para 17, 25, 32 y 59W
- 1.9 Factor de potencia superior a 95%.
- 1.10 Porcentaje de distorsión armónica total en corriente

Tipo de lámpara	1 lámpara (%)	2 lámparas (%)	3 lámparas (%)	4 lámparas (%)
17 W	32	31	31	30
25 W	28	27	26	25
32 W	20	20	20	20
59 W	32	32	32	32

- 1.11 Nivel de ruido: máximo 24 decibeles (Clase A)

2) Electrónico con circuito integrado

Es un dispositivo que por medio de circuitos integrados tiene la capacidad de admitir diferentes variaciones de tensión a la entrada del mismo, dando siempre como alimentación a la lámpara una potencia constante. Tiene la capacidad de no variar su demanda de energía con respecto a las posibles variaciones de tensión de alimentación, así como su factor de eficacia de balastro y factor de balastro se mantienen constantes.

2.1 Tipo de arranque: rápido o instantáneo para 17, 25, 31 y 32W, instantáneo para 59W.

2.2 Número de lámparas por balastro: 1, 2, 3 ó 4

2.3 Tensión nominal: 120-127-220-240-254-277V a 60Hz.

2.4 Variación de la tensión nominal permisible $\pm 10\%$ (esta se especifica de acuerdo a la tensión suministrada en el lugar)

2.5 Frecuencia de operación en lámparas: superior a 20KHz y menor de 100KHz

2.6 Potencia de línea máxima entre 90% y el 110% de la tensión nominal de línea, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tipo de lámpara	1 lámpara W	2 lámparas W	3 lámparas W	4 lámparas W
17W	20	39	56	66
25W	27	52	77	96
32W	33	65	97	124
59W	69	110		

2.7 Factor de balastro mínimo 0.85 en el rango de 90 a 110% de la tensión nominal de línea

2.8 Factor de cresta: máximo 1.7 para 17, 25, 32 y 59W

2.9 Factor de potencia superior a 95%

2.10 Porcentaje de distorsión armónica total en corriente:

Tipo de lámpara	1 lámpara W	2 lámparas W	3 lámparas W	4 lámparas W
17W	20	18	16	15
25W	15	12	11	10
32W	10	10	10	9
59W	15	10		

2.11 Nivel de ruido: máximo 24 decibeles.

Factor de disponibilidad: Es un parámetro que sirve para determinar que tanto del sistema eléctrico de un inmueble podría ser cubierto por las plantas de emergencia en el caso que falte el suministro eléctrico de la red. Entre mas alto sea este factor resulta mas favorable, ya que indica que se esta cubriendo una mayor cantidad de equipos.

Factor de Carga instalada: Este parámetro indica que tan bien dimensionados están los transformadores con relación a la demanda máxima de un inmueble. El caso ideal seria tener un factor igual a uno, lo cual significaría que en cualquier instante que ocurra la demanda máxima, los transformadores estarían en condiciones de suplir dicha demanda sin ningún problema.

Formulas Empleadas

Análisis de la Facturación eléctrica:

$$\text{Demanda Media} = \frac{\text{Consumo Mensual (kwh/mes)}}{730 \text{ h/mes}}$$

$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Demanda Media}}{\text{Demanda Máxima}} \times 100\%$$

$$\text{Factor de carga instalada} = \frac{\text{Demanda Máxima (Kw)}}{\text{Capacidad de la Subestación (Kva)}}$$

$$\text{Factor de Disponibilidad} = \frac{\text{Capacidad de Planta de Emergencia}}{\text{Demanda Máxima}} \times 100\%$$

$$\text{DPEA} = \frac{\text{Demanda Máxima (W)}}{\text{Area total del inmueble (m2)}}$$

$$\text{DPEP} = \frac{\text{Demanda Máxima (W)}}{\text{No de Personas Promedio del Edificio}}$$

$$\text{DEEA} = \frac{\text{Consumo Anual Facturado (Kwh/año)}}{\text{Area total del inmueble (m2)}}$$

$$\text{DEEP} = \frac{\text{Consumo Anual Facturado (kwh/año)}}{\text{No. de Personas Promedio del Edificio}}$$

Análisis del Censo del Equipo de Alumbrado:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Potencia Demandada}}{\text{Capacidad Instalada}} \times 100\%$$

$$\text{DPEA} = \frac{\text{Potencia Demandada (W)}}{\text{Area del inmueble (m2)}}$$

$$\text{DPEP} = \frac{\text{Potencia Demandada (W)}}{\text{No de Personas Promedio del Edificio}}$$

$$\text{DEEA} = \frac{\text{Consumo Anual (Kwh/año)}}{\text{Area total del inmueble (m2)}}$$

$$\text{DEEP} = \frac{\text{Consumo Anual (kwh/año)}}{\text{No. de Personas Promedio del Edificio}}$$

$$\text{DCIA} = \frac{\text{Capacidad Instalada (W)}}{\text{Area total del inmueble (m2)}}$$

Evaluación Técnica Sistema de Iluminación.

Sistema Eléctrico:

$$\text{Potencia Total} = \frac{(\text{Pot. del Sistema} \times \text{Cantidad de Sistemas})}{1000}$$

$$\text{Consumo Mensual} = \text{Pot. Total} \times \text{No. de Horas de uso Mensual}$$

Inversión Inicial:

$$\text{Costo por Lámparas} = \text{Costo unitario lámparas (\$)} \times \text{Cantidad de Sistemas}$$

$$\text{Costo por Balastro} = \text{Costo Unitario Balastro} \times \text{Cantidad de Sistemas}$$

$$\text{Costo total Inversión} = \text{Costo total lámparas} + \text{Costo total Balastro}$$

Costo Oper. Mensual:

$$\text{Costo por Energía} = \text{Consumo Mensual} \times \text{Precio de la Energía}$$

$$\text{Costo por uso de Red} = \text{Potencia Total (Kw)} \times \text{Precio del Kw}$$

$$\text{Costo Total Eléctrico} = \text{Costo por Energía} + \text{Costo por uso de Red}$$

Análisis Técnico:

$$\text{Ahorro Energía} = \text{Consumo mensual(caso base)} - \text{Consumo mensual(c. MAE)}$$

$$\text{Ahorro de Energía mensual} = \frac{\text{Ahorro de Energía} \times 100\%}{\text{Consumo Mensual}}$$

Análisis Económico:

$$\text{Ahorro por Operación} = \text{C. total eléctrico (c. Base)} - \text{C. total eléctrico (c. MAE)}$$

$$\text{Ahorro Total} = \text{Ahorro por Operación} - \text{Ahorro por reemplazo}$$

$$\text{Tiempo Simple de Recuperación} = \frac{\text{Costo total de la Inversión} \times 100\%}{\text{Ahorro total}}$$

Evaluación Económica Sistema de Iluminación.

Ahorro Eléctrico:

En carga instalada = Es la resta de las potencias individuales de los dos sistemas (base- mae)

En consumo = Resta de los consumos mensuales de los dos sistemas

Ahorro Económico:

Monto = Ahorro total mensual (operación - reemplazo)

Inversión:

Monto = Costo total de la inversión

Evaluación económica:

Valor Presente = Saldo a favor al final de la vida del proyecto

$$B/C = \frac{(\text{Costo Inversión} + \text{Valor Presente})}{\text{Monto Inversión}}$$

Resultados:

Ahorro valor presente = Ahorro que se tiene en un año considerando la tasa de interés

Tiempo de recuperación = Es el tiempo de recuperación de la inversión, en este tiempo la deuda se hace cero y a partir de aquí se comienzan a ver las ganancias.

Sistema de Aire Acondicionado.

1 Ton de Refrigeración = 12000 BTU

BTU = 29.31×10^{-5} (ver www.calderasvapor.com/factores_conversion.htm
www.carrier.com.mx/carrier/residenciales/productos.asp)

Costo Operación Mensual, Análisis Técnico, Análisis Económico: Se calculan de la misma forma que para el caso de iluminación.

La forma de cálculo en cuanto al correcto dimensionamiento de estos equipos viene detallado en función de:

(1) $BTU = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times 1000}{2}$

(2) Se necesita 1 Tonelada de Refrigeración para enfriar un área de 20m²

(3) Dimensionamiento de aires acondicionados en función del área total a enfriar recomendada por la empresa carrier (en la bibliografía se presenta las paginas a visitar)

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.- Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-ENER-1995, " EFICIENCIA ENERGETICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

FERNANDO BUENO MONTALVO, Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía de la Secretaría de Energía, con fundamento en los artículos 33 fracción IX de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 38 fracciones II y III, 40 fracciones X y 47 fracción IV de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 29 fracción III del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, y

CONSIDERANDO

Que el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000 ha propuesto, entre sus objetivos fundamentales, la promoción de un crecimiento económico vigoroso, sostenido y sustentable en beneficio de los mexicanos.

Que para impulsar y alcanzar este objetivo fundamental, el Plan Nacional de Desarrollo identificó diversas estrategias prioritarias entre las cuales destacan el uso eficiente de los recursos, la aplicación de políticas sectoriales pertinentes y el despliegue de una política ambiental que haga sustentable el crecimiento económico.

Que para lograr las metas establecidas por estas estrategias será necesario propiciar un aumento sistemático de la eficiencia general de la economía, así como impulsar la actualización tecnológica.

Que como antecedente de la presente Norma se encuentra el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-082-SCFI-1994, "Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales" publicado para comentarios en el Diario Oficial de la Federación el 23 de septiembre de 1994.

Que las reformas a la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 1994 delimitaron las facultades de la nueva Secretaría de Energía, a cuyo cargo corre la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas que promuevan la eficiencia del sector energético.

Que la Ley Federal sobre Metrología y Normalización señala como una de las finalidades de las normas oficiales mexicanas el establecimiento de criterios y/o especificaciones que promuevan el mejoramiento del medio ambiente y la preservación de los recursos naturales.

Que el Programa Nacional de Normalización 1995 publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de abril de este mismo año contempla como tema reprogramado de 1994 la expedición de la presente Norma.

Que el programa de la Secretaría de Energía para 1995 considera el ahorro y uso eficiente de la energía como una de las prioridades de la política sectorial.

Que el Reglamento Interior de la Secretaría de Energía publicado en el Diario Oficial de la Federación el 1o. de junio de 1995 adscribió el ejercicio de la facultad de aprobar y emitir las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, por sí o en conjunto con otras dependencias, por lo tanto, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-007-ENER-1995 "EFICIENCIA ENERGETICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES"

Para estos efectos, esta Norma Oficial Mexicana entrará en vigor un año después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 14 de agosto de 1995.- El Secretario Técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Fernando Bueno Montalvo.- Rúbrica.

PREFACIO

En la elaboración de esta Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
- PETROLEOS MEXICANOS
- LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
- FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA EN EL SECTOR ELECTRICO
- FACULTAD DE INGENIERIA UNAM
- SOLA BASIC
- MANUFACTURERA DE REACTORES
- OSRAM DE MEXICO
- CAREAGA Y ASOCIADOS

Esta Norma tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes; con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la Nación.

NOM-007-ENER-1995
EFICIENCIA ENERGETICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

CONTENIDO

- 1.** OBJETIVO
- 2.** CAMPO DE APLICACION
- 3.** REFERENCIAS
- 4.** DEFINICIONES
- 5.** CLASIFICACION
- 6.** ESPECIFICACION
- 7.** METODO DE CALCULO
 - 7.1** Consideraciones generales.
 - 7.2** Metodología.
 - 7.3** Determinación de la DPEA del sistema de alumbrado.
 - 7.3.1** Alumbrado Interior.
 - 7.3.2** Alumbrado Exterior.
 - 7.3.3** Estacionamientos interiores.
 - 7.3.4** Bodegas o áreas de almacenamiento.
 - 7.3.5** Bonificaciones por el uso de controles.
- 8.** VIGILANCIA
- 9.** SANCIONES
- 10.** BIBLIOGRAFIA

1. Objetivo

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales nuevos y ampliaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica en estas instalaciones, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) de los sistemas de alumbrado para uso general de edificios no residenciales con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

2. Campo de aplicación

El campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana comprenderá los sistemas de alumbrado interior y exterior para uso general de los edificios nuevos no residenciales, con carga conectada mayor de 20 kW y los sistemas de alumbrado interior y exterior, para uso general de ampliaciones mayores de 20 kW en edificios no residenciales ya existentes.

En particular, los edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana son aquellos cuyos usos autorizados en función de las principales actividades y tareas específicas que en ellos se desarrollen, queden comprendidos dentro de los siguientes tipos:

- a) Edificios para oficinas.
- b) Escuelas y demás centros docentes.
- c) Hospitales y clínicas.
- d) Hoteles y moteles.
- e) Restaurantes y cafeterías.
- f) Establecimientos comerciales.

Para ampliaciones de edificios no residenciales ya existentes, la aplicabilidad de esta Norma Oficial Mexicana queda restringida exclusivamente a los sistemas de alumbrado para uso general de dicha ampliación y no a las áreas construidas con anterioridad.

No se consideran dentro del alcance de esta Norma Oficial Mexicana:

- ♦ Centros de baile, discotecas y centros de recreación con efectos especiales de alumbrado.
- ♦ Interiores de cámaras frigoríficas.
- ♦ Estudios de grabación cinematográficos y similares.

- ♦ Areas que se acondicionan temporalmente donde se adicionan equipos de alumbrado para exhibiciones, exposiciones, convenciones o se montan espectáculos.
- ♦ Tiendas y áreas de tiendas destinadas a la venta de equipos de alumbrado.
- ♦ Instalaciones de centros educativos destinadas a la demostración de principios luminotécnicos.

Areas de atención especializada en hospitales y clínicas, como son:

- ♦ Salas de autopsia, salas de operación (quirófanos), salas de expulsión, salas de recuperación postanestésica (terapia intensiva), salas de resucitación y servicios de emergencia.
- ♦ Edificaciones nuevas que se localicen en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas o aquellas catalogadas y clasificadas como patrimonio histórico según el INAH y el INBA.
- ♦ Sistemas de alumbrado de emergencia independientes.
- ♦ Equipos de alumbrado para señales de emergencia y evacuación.
- ♦ Equipos de alumbrado que formen parte integral de otros equipos, los cuales estén conectados a circuitos de fuerza o contactos.
- ♦ Equipos de alumbrado empleados para el calentamiento o preparación de alimentos.
- ♦ Anuncios luminosos.
- ♦ Alumbrado de obstrucción para fines de navegación aérea.
- ♦ No se consideran en el alcance de esta Norma otros tipos de edificios de uso diferente a los mencionados en el campo de aplicación de esta Norma, tales como: salas de aeropuertos, edificios destinados a seguridad pública y nacional, terminales de autobuses, iglesias, naves industriales, etc.

3. Referencias

NOM-001-SEMP-1994, Que regula las instalaciones destinadas al uso y suministro de la energía eléctrica.

NOM-008-1993, Sistema General de Unidades de Medida.

NMX-Z-20-1981, Procesamiento de Información, Representación del Sistema Internacional de Unidades y Unidades utilizadas con el "SI".

4. Definiciones

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana los siguientes términos se definirán como se establece en este capítulo. Los términos no definidos tendrán su acepción ordinariamente aceptada dentro del contexto en el que son usados, o bien, definidos en otras normas y publicaciones de carácter oficial.

Alumbrado interior para uso general. El alumbrado que se destina a áreas cubiertas.

Alumbrado exterior para uso general. El alumbrado que se destina a áreas abiertas.

Ampliación. Cualquier cambio en el edificio que incrementa la superficie construida y el área alumbrada.

Apagador. Interruptor de acción rápida, operación manual y baja capacidad, que generalmente se usa para el control de aparatos domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado cuya corriente nominal no excede de 15 A.

Area cubierta. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que tiene envolvente estructural al menos en su cara superior (techo) y no forzosamente deberá tener envolvente estructural en las caras laterales (paredes).

Area abierta. Superficie o espacio construido delimitado por un perímetro que carece de envolvente estructural alguna.

Atenuador (Dimmer). Dispositivo usado para regular el flujo luminoso de las lámparas que puede reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica al limitar la potencia de entrada.

Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica conectados a un circuito o sistema.

Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. La carga eléctrica puede variar en el tiempo dependiendo del tipo de servicio.

Control. Dispositivo que regula, de manera manual o automática, el funcionamiento de un aparato, equipo, mecanismo o sistema.

Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m^2 .

Edificio. Cualquier estructura o espacio para cuya construcción se requiere un permiso (licencia de construcción).

Edificios no residenciales. Aquel edificio destinado para uso no habitacional ni vivienda.

Edificios residenciales. Son los inmuebles destinados a viviendas. Aquel edificio destinado para uso habitacional o vivienda.

Eficiencia Energética. (para fines de esta Norma). Es la que persigue obtener el máximo rendimiento de la energía consumida, a través del establecimiento de valores límite de la DPEA sin menoscabo del confort psicofisiológico de sus ocupantes.

Iluminancia. El cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento infinitesimal de la superficie que contiene al punto considerado entre el área de ese elemento. La iluminancia está expresada en Lux (lx).

Partición. Todo aquel espacio delimitado por muros o separaciones similares de techo a piso que lo constituyan como un espacio cerrado independiente de otros.

Sensor de Luz. También llamado fotosensor o fotocelda, es un dispositivo que con base en el efecto fotoeléctrico permite controlar o regular la operación de los equipos de alumbrado respondiendo a cambios de iluminancia en su entorno.

Sensor de ocupación. También llamado sensor de presencia, es un dispositivo que proporciona un control local de los ciclos de encendido-apagado de los equipos de alumbrado en respuesta a la presencia o ausencia de ocupantes en un espacio particular.

Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a suministrar luz a una superficie o un espacio.

Sistema de alumbrado exterior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas abiertas.

Sistema de alumbrado interior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas cubiertas.

Sistema de alumbrado de emergencia independiente. Es aquel conjunto de equipos y aparatos para alumbrado diseñado para entrar en funcionamiento si falla el sistema de suministro de energía eléctrica. El término independiente se refiere a la autonomía de este sistema de alumbrado con respecto al sistema de alumbrado de operación normal y continua.

Temporizador (Timer). También llamado interruptor de tiempo, es un dispositivo que controla los ciclos de encendido-apagado de equipos de alumbrado con respecto a una base de tiempo preestablecido y ajustable; o capaces de operar un conjunto lámpara balastro a dos niveles de salida de potencia.

5. Clasificación

Para fines de esta Norma Oficial Mexicana los edificios no residenciales se clasificarán por su tipo de ocupación, de conformidad con el Acuerdo que establece los requisitos que deben contener los proyectos y los trámites simplificados para obtener la aprobación de las instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica.

Tomando en cuenta la clasificación anterior, los edificios cubiertos por la presente Norma son:

- 5.1** Edificios para oficinas (Oficinas).
 - 5.1.1** Oficinas públicas.
 - 5.1.2** Oficinas privadas.
- 5.2** Edificios para escuelas y demás centros docentes (Escuelas).
- 5.3** Edificios para establecimientos comerciales (Comercios).
 - 5.3.1** Tiendas departamentales.
 - 5.3.2** Tiendas de autoservicio.
 - 5.3.3** Tiendas de especialidades.
- 5.4** Edificios para hospitales y clínicas (Hospitales).
- 5.5** Edificios para hoteles y moteles (Hoteles).
- 5.6** Edificios para restaurantes y cafeterías (Restaurantes).

6. Especificación

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica con que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 1.

TABLA 1. Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA (W/m ²)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16,0	1,8
Escuelas	16,0	1,8
Hospitales	14,5	1,8
Hoteles	18,0	1,8
Restaurantes	15,0	1,8
Comercios	19,0	1,8
Bodegas o áreas de almacenamiento.*	8,0	
Estacionamientos interiores.*	2,0	

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

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de alumbrado como una alternativa que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de alumbrado, se establecen las bonificaciones de potencia con base en los factores indicados en la Tabla 2 aplicables a los diferentes equipos de control más comúnmente utilizados en nuestro país. Estas bonificaciones de potencia influirán en el cálculo de la carga conectada para la determinación de la DPEA de acuerdo con el Método de cálculo indicado en el capítulo 7.

TABLA 2. Créditos bonificables de potencia eléctrica por el uso de equipos o sistemas de control para sistemas de alumbrado.

TIPO DE CONTROL	
TIPO DE ESPACIO	FACTOR
Sensores de presencia (con sensor independiente para cada espacio)	
Cualquier espacio menor de 25 m ² sin particiones de piso a techo	0,20
Bodegas o áreas de almacenamiento	0,50
Cualquier espacio mayor de 25 m ²	0,10
Atenuadores (dimmers)	
Manual para lámparas fluorescentes	0,05
Programable centralizado para lámparas fluorescentes	0,20
Sensores de luz natural (daylight)	
Zona perimetral de interiores distante de ventanas hasta 5 m	0,10
Temporizadores (timers)	
Cualquier espacio menor de 25 m ² sin particiones de piso a techo	0,40
Alumbrado exterior	0,50
Controles combinados	
Sensor de ocupación en combinación con atenuador programable centralizado	0,50

7. Método de cálculo

7.1 Consideraciones generales.

Cuando un edificio sea diseñado y construido para un uso único, se considerará para fines de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) máxima permisible correspondiente según lo establecido en la Tabla 1 del capítulo 6.

Cuando un edificio sea diseñado y construido para más de un uso (uso mixto), se determinarán por separado las DPEA correspondientes a cada uso aplicándose para cada una de ellas los valores máximos permisibles establecidos en la Tabla 1 del capítulo 6.

Cuando un edificio sea diseñado y construido para uso mixto y tenga usos no contemplados en el Campo de Aplicación, se considerará como DPEA máxima permisible de estos usos el valor de DPEA de aquel uso que predomine sobre los demás en términos de la superficie ocupada.

La determinación de las DPEA del sistema de alumbrado de un edificio no residencial nuevo o ampliación de alguno ya existente, de los tipos cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana, serán calculadas a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar de acuerdo a la metodología indicada a continuación.

La expresión genérica para el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) es:

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

donde la Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) está expresada en W/m^2 , la carga total conectada para alumbrado está expresada en Watts y el área total iluminada está expresada en m^2 .

Se considerará que la instalación cumple con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana sí y sólo sí, las DPEA calculadas son iguales o menores que los valores límites establecidos para cada uso del edificio analizado, tomando en cuenta las excepciones aplicables y los ajustes por bonificaciones de potencia permitidos.

Será obligatorio para fines de certificación y verificación del cumplimiento de la presente Norma que los proyectos incluyan un cuadro resumen del cálculo de las DPEA para el sistema de alumbrado del inmueble (Apéndice 1) y se anexe una memoria de cálculo que detalle toda la información y consideraciones efectuadas durante el cálculo. La preparación de esta información será una obligación del Responsable del Proyecto, por lo que deberá estar debidamente integrada y firmada por el mismo.

La autoridad responsable de la certificación y verificación del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, revisará y tomará en cuenta esta información para fines de aprobación del proyecto, así como para comprobar que durante la construcción del inmueble o ampliación, las instalaciones que constituirán el sistema de alumbrado se realicen con estricto apego al proyecto aprobado.

7.2 Metodología.

Las DPEA totales para los sistemas de alumbrado interior y exterior se determinarán en forma independiente una de otra. Estas densidades no podrán ser combinadas en ningún momento, por lo que se determinarán y reportarán los valores de cada una de ellas en forma separada.

En el caso de estacionamientos interiores y bodegas o áreas de almacenamiento que formen parte de alguno de los tipos de edificios cubiertos por la presente Norma Oficial Mexicana, se determinarán y reportarán también en forma separada las DPEA correspondientes a estas áreas.

En el caso de edificios de uso mixto se determinarán y reportarán en forma separada las DPEA para alumbrado interior de cada uno de los usos del inmueble.

Las DPEA a comparar contra los valores límite indicados en la Tabla 1 del capítulo 6 serán:

- Para alumbrado interior:
 - a). Las DPEA totales para cada uso.
 - b). La DPEA total para estacionamientos interiores y,
 - c). La DPEA total para bodegas o áreas de almacenamiento.

- Para alumbrado exterior:
 - a). La DPEA total de todas las áreas abiertas.

Las DPEA se obtendrán en cada caso a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total por iluminar, considerando las excepciones contenidas en el capítulo 2 y las bonificaciones de potencia establecidas en la Tabla 2 del capítulo 6 de la presente Norma Oficial Mexicana.

Lo anterior significa que para algunas áreas o espacios del edificio, en función de las actividades y tareas específicas que en su interior se desarrollen, se podrán obtener valores de DPEA mayores a los límites establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana pero que tendrán que ser compensadas por otras áreas con valores de DPEA menores y así lograr que los valores de DPEA totales del inmueble cumplan con lo establecido por esta Norma Oficial Mexicana.

7.3 Determinación de la DPEA del sistema de alumbrado.

A partir de la información contenida en los planos del proyecto de la instalación eléctrica y de los valores de potencia real nominal obtenidos de los fabricantes de los diferentes equipos de alumbrado considerados en dicha instalación, se cuantificará la carga total conectada destinada a iluminación, así como el área total iluminada a considerarse en el cálculo para la determinación de la DPEA del sistema de alumbrado, siguiendo la siguiente secuencia:

7.3.1 Alumbrado Interior

Se identificarán el número total de niveles o pisos que integran el edificio, así como los diferentes usos del inmueble. Para cada uno de éstos se identificarán los diferentes espacios o particiones; para cada una de éstas se determinará la carga total conectada para iluminación como la suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado incluidos en el proyecto.

Se excluirán aquellas áreas, sistemas y cargas específicas conceptualizadas como excepciones indicadas en el capítulo 2 de esta Norma.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastos u otros dispositivos para su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro-dispositivo; la información anterior será expresada en Watts.

Para los equipos de alumbrado que utilicen atenuadores de los tipos de resistencia en serie y autotransformador en su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada, el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-atenuador; la información anterior será expresada en Watts.

Para cada uso se determinarán las áreas interiores de los espacios o particiones a ser iluminadas; la información anterior será expresada en m². A partir de la información anterior, se integrará para cada uno de los niveles o pisos la carga total conectada para alumbrado y el área de cada nivel por uso.

La carga total conectada y el área total de cada uso se integrarán a partir de los valores parciales obtenidos para cada piso o nivel; con estos datos se determinarán las diferentes DPEA de alumbrado interior.

7.3.2 Alumbrado Exterior.

Se identificarán las áreas abiertas del edificio, como son: zonas de jardines, andadores, zonas de carga y descarga, zonas de circulación peatonal y vehicular, fachadas, estacionamientos exteriores, etc. Para cada una de estas zonas se determinará su área expresada en m² y se totalizará. Asimismo, se cuantificará la carga conectada para iluminación en ellas como la suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado considerados en el proyecto expresada en Watts.

Se excluirán aquellas áreas, sistemas y cargas específicas conceptualizadas como excepciones indicadas en el capítulo 2 de esta Norma.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastos u otro dispositivo para su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro-dispositivo; la información anterior será expresada en Watts.

Para los equipos de alumbrado que utilicen atenuadores de los tipos de resistencia en serie y autotransformador en su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada, el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-atenuador; la información anterior será expresada en Watts.

La carga total instalada en áreas abiertas y la superficie total de las mismas, serán consideradas para la determinación de la DPEA de alumbrado exterior.

7.3.3 Estacionamientos interiores.

Se identificarán los espacios, pisos o niveles interiores destinados al estacionamiento de vehículos, se determinará el área de cada uno de ellos y se integrará para obtener el área total en m². De la misma manera, se cuantificará la carga total conectada para iluminación en estos estacionamientos, calculada como la suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado considerados en el proyecto expresada en Watts.

Se excluirán aquellas áreas, sistemas y cargas específicas conceptualizadas como excepciones indicadas en el capítulo 2 de esta Norma.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastos u otro dispositivo para su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro-dispositivo; la información anterior será expresada en Watts.

Para los equipos de alumbrado que utilicen atenuadores de los tipos de resistencia en serie y autotransformador en su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada, el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-atenuador; la información anterior será expresada en Watts.

La carga total instalada para alumbrado y la superficie total obtenida serán consideradas para la determinación de la DPEA en estacionamientos interiores.

7.3.4 Bodegas o áreas de almacenamiento.

Se identificarán los espacios, pisos o niveles destinados a bodegas o áreas de almacenamiento, se determinará el área de cada uno de ellos y se integrará para obtener el área total en m². De la misma manera, se cuantificará la carga total conectada para iluminación en bodegas o áreas de almacenamiento, calculada como

suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado considerados en el proyecto expresada en Watts.

Se excluirán aquellas áreas, sistemas y cargas específicas conceptualizadas como excepciones indicadas en el capítulo 2 de esta Norma.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastos u otro dispositivo para su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga, conectada el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-balastro-dispositivo; la información anterior será expresada en Watts.

Para los equipos de alumbrado que utilicen atenuadores de los tipos de resistencia en serie y autotransformador en su operación, se considerará para fines de cuantificar la carga conectada, el valor de la potencia nominal del conjunto lámpara-atenuador; la información anterior será expresada en Watts.

La carga total instalada para alumbrado y la superficie total obtenida serán consideradas para la determinación de la DPEA en bodegas o áreas de almacenamiento.

7.3.5 Bonificaciones por el uso de controles.

Para la cuantificación de las cargas conectadas de los diferentes espacios, niveles o pisos del edificio para el cálculo de las diferentes DPEA, se deberán considerar las bonificaciones de potencia para aquellos equipos de alumbrado cuya operación esté regulada por equipos o sistemas de control de los tipos indicados en la Tabla 2 del capítulo 6 de la presente Norma, misma en la que se indican adicionalmente los factores de reducción de potencia permitidos sobre la potencia nominal de los equipos controlados.

La bonificación de potencia en Watts derivada de la aplicación de estos factores se restará para fines de cuantificación de la carga total conectada para cada espacio, nivel o piso del edificio.

En el caso de equipos de alumbrado controlados por dos o más dispositivos de control, se considerará exclusivamente la bonificación correspondiente al control que ofrezca la mayor reducción de potencia.

8. Vigilancia

La Secretaría de Energía es la autoridad competente para certificar y verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana:

- a) Durante el proceso de aprobación de proyectos de instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica; y
- b) Al término de la construcción de las mismas.

El cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana no releva ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras normas oficiales mexicanas y reglamentos existentes aplicables a instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica.

9. Sanciones

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y demás disposiciones legales aplicables.

10. Bibliografía

- ♦ Reglamento de Construcción para el Distrito Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1987.
- ♦ Acuerdo que establece los requisitos que deben contener los proyectos y los trámites simplificados para obtener la aprobación de las instalaciones destinadas al uso de la energía eléctrica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 9 de mayo de 1988.
- ♦ Norma Oficial Mexicana NOM-Z-13-1981, Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las normas oficiales mexicanas.
- ♦ Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 1 de julio de 1992.
- ♦ Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 22 de diciembre de 1975 y sus posteriores reformas.
- ♦ Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 31 de mayo de 1993.
- ♦ IES Energy Management Committee. IES Recommended Procedure for Lighting Power Limit Determination. IES LEM-1-1982.
- ♦ IES Energy Management Committee. IES Recommended Procedure for Lighting Power Limit Determination for Buildings. IES LEM-2-1984.
- ♦ IES Energy Management Committee. IES Design Considerations for Effective Building Lighting Energy Utilization. IES LEM-3-1987.
- ♦ IES Energy Management Committee. IES Recommended Procedure for Energy Analysis Lighting Designs and Installation. IES LEM-4-1984.
- ♦ IES Subcommittee on Visual Display Terminals of the IES Committee on Office Lighting. IES Recommended Practice for Lighting Offices Containing Computer Visual Display Terminals.
- ♦ Illuminating Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook Reference Volume 1984.
- ♦ Illuminating Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook Application Volume 1987.
- ♦ Atkinson, Barbara A., et. al. Analysis of Federal Policy Options for Improving US Lighting Efficiency: Commercial and Residential Buildings - 1992. Lawrence Berkeley Laboratory.
- ♦ Eley Associates. Advanced Lighting Guidelines: 1993. Electric Power Research Institute.

