

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

"DISMINUCIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MEDIANTE EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A :

ENRIQUE GONZÁLEZ CHÁVEZ

Director de Tesis:

ING. JACINTO VIQUEIRA LANDA

México D.F., Ciudad Universitaria, Marzo 2007

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias a mis padres y hermanos por el apoyo que me han dado para concluir mis estudios, por estar siempre a mi lado en todo momento.

A mis amigos porque con ellos me forme personal y profesionalmente.

A mis maestros por compartir sus conocimientos.

Al Ing.Jacinto Viqueira Landa por su apoyo para que este trabajo pudiera realizarse.

“Las pequeñas oportunidades son el comienzo de grandes empresas”.
MHC

ÍNDICE

1. IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS AL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 5

1.1 Efecto invernadero y los procesos que contribuyen a su cambio. 5
1.2 Protocolo de Kioto. 10
1.2.1 Resumen de las disposiciones del Protocolo de Kioto 11
1.2.2 Bonos de Carbono 14

2. TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN 16

2.1 Lámparas Incandescentes. 16
2.1.1 Historia de las lámparas Incandescentes 16
2.1.2 Funcionamiento de la lámpara Incandescente 18
2.1.3 El filamento de Tungsteno 19

2.2 La lámpara Halógena 22
2.2.1 Estructura de la lámpara Halógena 23
2.2.2 Funcionamiento de la lámpara Halógena 25

2.3 Lámparas Fluorescentes 26
2.3.1 Historia de las lámparas Fluorescentes 26
2.3.2 Tenologías de las lámparas Fluorescentes 27
2.3.3 Emisión de luz Fluorescentes 30
2.3.4 Funcionamiento de las lámparas Fluorescentes 31
2.3.5 Lámparas CFL Ahorradoras de Energía 33
2.3.6 Lámparas Fluorescentes Compactas (CFL's) 38

2.4 Lámparas de Alta Intensidad de descarga 44
2.4.1 Lámparas de Aditivos Metálicos 44
2.4.2 Lámparas de Vapor de sodio en alta presión 45
2.4.3 Lámparas de Vapor de sodio en baja presión 47

2.5 Balastros 47
2.5.1 Balastros para lámparas fluorescentes 48
2.5.2 Balastros híbridos para lámparas fluorescentes 49
2.5.3 Balastros electromagnéticos ahorradores de energía 57
2.5.4 Balastros electrónicos para lámparas fluorescentes 50
2.5.5 Balastros para lámparas de HID 50
2.5.6 Balastros de bajas perdidas para lámparas de HID 50

3 TEORÍA DE LA ILUMINACIÓN 51

3.1 El espectro electromagnético 52
3.2 El espectro visible 53
3.3 Método de Cálculo 56
3.4 Nivel de iluminación 61

4. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL INAH 62

4.1 Antecedentes 62
4.2 Datos básicos del inmueble 64
4.3 Datos históricos de facturación eléctrica 66
4.4 Zonificación del inmueble 68
4.5 Censo de Alumbrado 70
4.6 Análisis de la información 72
4.7 Análisis de la facturación eléctrica 79
4.8 Análisis del censo del equipo de alumbrado 80
4.9 Norma oficial mexicana de eficiencia energética en sistemas de alumbrado 81
4.10 Anexos al estudio de la iluminación del edifico del INAH 86
4.10.1 Consideraciones del estudio 86
4.10.2 Análisis de la facturación eléctrica 88
4.10.3 Análisis del censo de alumbrado 90
4.10.4 Tabla resumen de medidas rentables 92

5. EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA 93

5.1 Justificación de las medidas de ahorro de energía 93
5.2 Evaluación de las medidas de ahorro de energía 95
5.2.1 Evaluación económica 95
5.3 Resultados de la evaluación técnica y económica 96
5.4 Diagnóstico energético 97

6. ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 103

7. CONCLUSIONES 106

8. ANEXOS 109

A Lista de paises por emisiones de dióxido de carbono I
B Planos arquitectónicos del INAH II
C Formato F1. Datos Básicos del Inmueble III
D Formato F2. Para Inmuebles en tarifas 2, 3 y OM IV
E Formato F3. Zonificación de áreas V
F Formato F4. Para Inmuebles en tarifas 2, 3 y OM VI
G Claves de zonificación de inmuebles de oficinas VII

9. BIBLIOGRAFÍA 133

INTRODUCCIÓN

La importancia de la energía eléctrica como insumo estratégico en el desarrollo económico, así como, la demanda de energía implica un cuidadoso diagnóstico a efecto de optimizar el uso de una instalación y poder ofrecer una oferta adecuada a mediano y largo plazo, así mismo esto evita problemas innecesarios que puedan frenar el desarrollo de la misma.

En los últimos años varias instituciones han hecho estudios encaminados a políticas energéticas, sin embargo, no se ha logrado un plan de ahorro de energía completo y bien definido, en consecuencia, para elaborar un plan de características es necesario abrirlo a través de un diagnóstico energético.

El diagnóstico energético son estudios que permiten determinar donde y como se utilizará la energía, estos no son una solución directa al control de costos en el uso de la energía pero si la herramienta más útil para lograr esa función.

Durante el diagnóstico energético se identificarán puntos donde la energía se este desperdiciando y aquellos donde es posible generar un ahorro, además, de brindar el apoyo necesario para futuros procesos y que estos sean conducidos en condiciones óptimas.

El contenido de este trabajo se dividió en seis capítulos, definidos de la siguiente manera.

- CAPÍTULO 1. En que se describe cuáles son los factores que intervienen en el calentamiento global de la tierra, sabremos cuál es el papel que juega México para lograr una reducción de las actividades que producen el aumento del efecto invernadero, así como las medidas que actualmente se están tomando en todo el mundo, para contrarrestar esos efectos.

- CAPÍTULO 2. Contiene información sobre los distintos tipos de tecnologías aplicadas a la iluminación, se describe teóricamente el funcionamiento de cada tipo de lámpara, y se mencionan los componentes que las conforman. También existe información necesaria para la identificación de equipo de iluminación y sabremos cuáles son los diferentes tipos de tecnologías que actualmente existe en el mercado.

- CAPÍTULO 3. Comprende la teoría básica de iluminación necesaria para comprender como la iluminación depende de una buena calidad de luz, así como los distintos dispositivos emisores de luz. Sabremos cuales son los niveles de iluminación adecuados en los diferentes lugares donde es necesario realizar actividades.

- CAPÍTULO 4. Se describe la metodología empleada en el desarrollo del diagnóstico energético, aplicado al INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORÍA. Donde se conceptualizan los datos necesarios para la elaboración del proyecto, la forma de realizar el diagnóstico y como se puede evaluar los datos obtenidos.

- CAPÍTULO 5. En este capítulo se establecen las medidas de ahorro de energía para el sistema de iluminación, se presentará cuáles son los resultados técnicos y económicos del diagnóstico energético, así como de la evaluación de las alternativas de ahorro de energía que existen en el sistema de iluminación.

- CAPÍTULO 6. Se presenta una estimación en la reducción de las emisiones contaminantes, principalmente cuáles son los impactos ambientales que se pueden evitar aplicando las medidas de ahorro de este proyecto.

Los objetivos principales del diagnóstico energético para el inmueble del INAH son establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para dicho ahorro de energía, evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía, y disminuir el consumo de energía sin afectar las labores de trabajo en el inmueble y contribuyendo a disminuir los impactos ambientales.


Efecto
invernadero



Crónica de una catástrofe anunciada

Emisiones de CO_2
(gramo equivalente carbono/kWh)

Nuclear	de 2,5 a 5,7
Eólico	de 8 a 13
Biomasa	de 6 a 17
Hidráulico	de 6 a 65
Solar PhV	de 27 a 76
Gas natural	de 120 a 188
Fuel	de 209 a 246
Carbón	de 264 a 355

Fuente: AREVA; Perspectivas No. 05
us.areva.com

1. IMPACTOS AMBIENTALES DEBIDOS AL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉTRICA.

1.1 EFECTO INVERNADERO Y LOS PROCESOS QUE CONTRIBUYEN A SU CAMBIO

Como se sabe el planeta en que vivimos, la Tierra, es un conjunto formado por la atmósfera, la litosfera, la hidrosfera y la biosfera. Cada uno de estos componentes interactúan entre sí de manera conjunta con la energía que el sistema recibe del Sol. Éstas múltiples interacciones se convierten a su vez en un factor primordial para controlar el clima del planeta. Es evidente que para que nuestro planeta pueda funcionar necesita de una fuente de energía, y esa energía nos la proporciona el Sol. La energía emitida por el Sol llamada radiación solar es la fuente energética primordial del sistema climático, y a su vez la componente fundamental del sistema climático es la atmósfera.

La atmósfera es una masa formada principalmente por gases de Nitrógeno N_2 y Oxígeno O_2 constituyendo el 78.08% y 20.95% respectivamente, además de los gases de efecto invernadero entre los cuales podemos encontrar; el Dióxido de Carbono CO_2, Vapor de agua H_2O, Metano CH_4, Óxido Nitroso N_2O, etc.; también los llamados gases inertes; Argón Ar, Neón Ne, y Helio He.

La siguiente tabla muestra la composición de la atmósfera:

Gases	%	Observaciones
Nitrógeno N_2	78.08	Principales gases de la atmósfera
Oxígeno O_2	20.95	
Dióxido de Carbono CO_2	0.0356	Gases Invernadero
Vapor de agua H_2O	0-2	
Metano CH_4	0.00018	
Óxido Nitroso N_2O	0.00003	
Clorofluorocarbonos CFCs	0.0000001	
Ozono O_3	0-0.1	
Argón Ar	0.93	Gases Inertes
Neón Ne	0.0018	
Helio He	0.0005	
Kriptón Kr	trazas	
Xenón Xe	trazas	
Hidrógeno H_2	0.00005	Poca Importancia

La principal función de la atmósfera es limitar la radiación luminosa del sol, de longitud de onda corta y emitir al espacio la radiación térmica de mayor longitud de onda que suministra la Tierra al calentarse. Es de gran importancia mencionar que la adición por causas externas a las naturales de otro tipo de gases o partículas puede contribuir al mal funcionamiento de la atmósfera.

Existe una parte de la radiación solar que no llega a la superficie de la Tierra, ya que puede ser absorbida por ciertos gases, o bien reflejada y dispersada por sus moléculas o por pequeñas partículas en estado sólido o líquido que están suspendidas en el aire. En consecuencia existe una parte de la radiación solar que no es absorbida ni dispersada por la capa de la atmósfera ni reflejada por la superficie terrestre: Es una energía que llega a la atmósfera y es atrapada por ella, aumentando así la temperatura en la atmósfera.

Al mismo tiempo la radiación que emite la superficie terrestre (Radiación infrarroja) hacia el espacio se ve nuevamente interrumpida por la atmósfera, la cual está formada por compuestos cuya forma molecular presenta un momento dipolar, es decir; presenta una separación de sus cargas eléctricas, esos compuestos como, el dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) por mencionar algunos, son los llamados ***gases de efecto invernadero,*** los cuales tienen la propiedad de absorber parte de esa radiación, impidiendo que se escape.

Es así como estos gases de efecto invernadero hacen que se caliente la superficie de la tierra, debido a que absorben esa energía térmica y expulsan parte de esa energía al espacio en una menor proporción, y también a la superficie terrestre, asimismo se entra en un ciclo donde la energía es absorbida y nuevamente emitida hasta que se alcanza el equilibrio térmico; es importante mencionar que la energía que se va al espacio se pierde.

Todo este complicado proceso ha permitido a lo largo de los años que la temperatura en la superficie terrestre sea de unos 33°C; de no existir estos gases en la atmósfera afectarían en gran medida al ambiente de nuestro planeta, porque sin ellos se habría una disminución considerable en la temperatura.

La palabra ***efecto invernadero*** se ha tomado con relación al funcionamiento de un invernadero agrícola, donde por analogía, el techo y las paredes cristalinas de un invernadero simulan a la atmósfera; asimismo dejan pasar la radiación solar, pero no deja salir la radiación de onda más larga de la tierra. El calor que es absorbido por los gases de efecto invernadero se lleva acabo de la siguiente manera: los gases el entrar en contacto con la radiación térmica de unas frecuencias determinadas, provocan una alteración en la velocidad de rotación y en la amplitud de vibración en las moléculas formadas por estos gases. Así cada tipo de gas absorbe cierta cantidad de energía en unos intervalos denominados líneas de absorción espectral que a su vez se agrupan para formar las bandas de absorción espectral. La localización de éstas bandas dependerán de la estructura molecular de cada gas y la capacidad de absorción estará dada en función de la temperatura, de la presión a la que se someten los gases y a la concentración de los mismos.

En conclusión a esto podemos decir que el efecto invernadero es un fenómeno natural bajo la influencia de la radiación solar que se ha desarrollado en nuestro planeta durante miles de años para permitir la existencia de la vida.

En la actualidad el principal gas invernadero localizado en la Tierra es el vapor de agua (H_2O), capaz de absorber prácticamente la totalidad de la radiación térmica emitida dentro de sus bandas de absorción, afortunadamente la actividad humana no influye de forma directa en su concentración en la atmósfera.

Al dióxido de carbono (CO_2) se le considera el segundo en importancia como gas de efecto invernadero, debido a la influencia que tiene sobre el calentamiento global en la atmósfera la cual es de un 26%; la causa principal de su presencia es; la actividad humana en procesos industriales cuya acción está interviniendo en forma decisiva al modificar con las emisiones de dióxido de carbono y otro tipo de gases el efecto invernadero natural; hoy por hoy la concentración de este gas aumenta aproximadamente un 5% anual, provocando así un aumento de la temperatura global de la tierra.

Otros gases de efecto invernadero que se han ido incrementando en la atmósfera son: el metano (CH_4) y el dióxido nitroso (N_2O), actualmente estos gases son motivo de preocupación por la influencia que tienen con el clima. Sin embargo también existen los clorofluorcarbonados (CFCs) y algunos otros gases producidos por los usos industriales como los **HCFCs y los HFCs**, los cuales también colaboran en la destrucción de la capa de ozono.

Según datos del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). El 55% de aumento del efecto invernadero en los años 80's se debió exclusivamente al dióxido de carbono localizado en la atmósfera. El 45% restante correspondió a un incremento en la atmósfera de gases de efecto invernadero como el metano aportando un 15%, el dióxido de carbono con 6% y los gases CFCs, que aportan un 24%.

La tabla siguiente muestra los sectores provenientes de la actividad humana que provocan los gases de efecto invernadero:

Sector	Gases	Actividades	%
Industrial	CO_2, CH_4, N_2O	Combustibles fósiles	54
		Escapes de gas natural	-
		Actividades industriales	-
		Combustión de biomasa	3
Forestal	CO_2, CH_4, N_2O	Talas masivas	-
		Quemas	8
		Colonización agrícola	-
Agrícola y Ganadero	CO_2, CH_4, N_2O	Arrozales	4.5
		Ganadería intensiva	3
		Fertilizantes	1.5
Gestión de Residuos	CO_2,CH_4,N_2O,CFCs	Residuos sanitarios	5
		Incineración	-
		Residuos industriales	-
Otros	CO_2,CH_4,N_2O,CFCs	Producción de cemento	1
		Producción y uso de CFCs	11.5
		Otros	8.5

Fuentes antrópicas de gases de efecto invernadero. Basado en Kemp (1994).

Al observar estos datos se debe hacer una reflexión sobre la alteración química de la atmósfera que se está provocando por la actividad industrial, ya que lógicamente, el efecto invernadero, incrementado por las elevadas concentraciones de estos gases origina un aumento de la temperatura de la Tierra, sin saber con certeza cómo reaccionará el sistema a ese cambio.

Desde el comienzo de La Revolución Industrial, las emisiones producidas por esta actividad se han incrementando con el paso de los años; las concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono presentan un aumento del 30%, el metano ha duplicado su concentración y el dióxido nitroso se incrementó aproximadamente un 10%. Las concentraciones de los CFCs en la atmósfera se deben a las emisiones de los últimos 50 años.
A continuación se muestra una tabla de algunas concentraciones de gases de efecto invernadero, que están cambiando como consecuencia de las actividades humanas:

	Dióxido de Carbono	Metano	Óxido Nitroso	CFC-12
Concentración atmosférica preindustrial (1750-1800)*	280 ppmv	0.8 ppmv	288 ppbv	0
Concentración atmosférica 1990*	253 ppmv	1.72 ppmv	310 ppbv	280 pptv
Tasa actual de incremento anual*	0.5%	0.9%	0.25%	4%
Tiempo de vida en la atmósfera (años)*	50-200	10	150	130
Potencia de calentamiento global (GWP)**	1	11	260	0
Contribución relativa al calentamiento global**	72%	18%	10%	0

ppmv: partes por millón de volumen
ppbv.: partes por billón de volumen
pptv: partes por trillón de volumen
Fuente de datos:*IPCC (1990), **IPCC (1992)

Como se puede observar en la tabla anterior, es importante destacar que solo bastan pequeñas emisiones de determinados compuestos como el óxido nitroso o el metano, para provocar casi el mismo calentamiento que grandes emisiones de dióxido de carbono.

Es necesario señalar que con la actividad industrial no solo se están acumulando gases en la atmósfera, sino también bastantes aerosoles; el dióxido de azufre, proveniente de la quema de combustibles fósiles, juega un papel contrario al de los gases de efecto invernadero; éste gas contribuye el enfriamiento del sistema. También los aerosoles pueden contrarrestar el calentamiento provocado por gases invernadero, pero solo de una manera local y temporalmente.

Resumiendo, la temperatura global de la superficie terrestre, se ha ido incrementando desde la era industrial, las mayores temperaturas se han registrado en los años de 1995 y 1998, los cuales han sido los años más cálidos desde que se empezaron a tomar las lecturas de la temperatura. Por otro lado si se continúa con los incrementos de las emisiones de gases de efecto invernadero, es muy probable que el clima global sufra un cambio drástico que se verá reflejado en pocos años. Se estima que para el año 2100, la temperatura aumentará entre 1°C y 4°C por encima de la temperatura actual, según estimaciones del IPCC, además se espera un cambio considerable en los esquemas de las precipitaciones, lo que provocará que algunas áreas de la tierra sean más húmedas o secas, los períodos de sequías y las inundaciones serán más intensas y largas. Se estima que parte de los bosques sufrirán cambios en su vegetación a su vez esto traerá como consecuencia que muchas especies podrían desaparecer, los desiertos se extenderán y serán más cálidos, también se espera cambios en los glaciares incitando alteraciones en los ríos y aumento en el nivel de los mares.

Con el cambio global de clima, se dará paso a que algunas enfermedades infecciosas puedan extenderse a zonas donde actualmente no existen, como la malaria, el cólera, el dengue, etc.
Por tanto estos son algunos de los cambios que se verán reflejados en las próximas décadas si se continúa con las elevadas emisiones de gases de efecto invernadero.

Es importante señalar que todas estas cuestiones han sido estudiadas por expertos en la materia, sin embargo aún se sabe muy poco a ciencia cierta de cómo responderá a éstas modificaciones nuestro planeta.

Son muchas las reuniones internacionales que se han realizado en los últimos años con el fin de unificar esfuerzos para atacar este problema; éstas reuniones han permitido la búsqueda de soluciones para frenar el deterioro y lograr fortalecer mejores condiciones para el medio ambiente.

En este momento el Protocolo de Kioto es una medida surgida en la Ciudad Japonesa de Kioto en 1997 para la reducción de actividades que producen en aumento del efecto invernadero.

1.2 PROTOCOLO DE KIOTO

El protocolo de Kioto es una inclusión dentro del Convenio Marco de la ONU sobre el calentamiento climático; es una iniciativa surgida en la Ciudad Japonesa de Kioto en 1997 para frenar el aumento del efecto invernadero. Éste acuerdo ha entrado en vigor después de varios años, por el requisito de que 55 naciones que suman el 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero lo ratificaran. Ese momento se produjo tras la ratificación por parte de Rusia en septiembre de 2004, de esta manera el Protocolo de Kioto se convierte así en una Ley Internacional.
El objetivo del protocolo de Kioto es hacer que los países industrializados consigan reducir un 5.2% las emisiones de gases de efecto invernadero global tomando como referencia los niveles de 1990 para el período comprendido del año 2008-2012. De ésta manera se cuenta con el único mecanismo internacional para combatir el cambio climático y reducir sus impactos ambientales.

Para ello este Protocolo contiene objetivos obligatorios para que los países industrializados reduzcan las emisiones de los 6 gases de efecto invernadero de origen humano: el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O), además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). El dióxido de carbono que se produce al quemar combustibles fósiles es el principal factor en al cambio climático, el metano proviene de los fertilizantes utilizados en agricultura y el óxido nitroso de los automóviles; los otros tres gases se producen en gran variedad de procesos industriales.

La fecha de entrada en vigor de este protocolo de Kioto fue el pasado 16 de febrero de 2005. Hasta la fecha el porcentaje de los gases de todo el planeta de las 141 naciones que han ratificado el protocolo de Kioto suman ya el 61.5%.

La entrada en vigor del protocolo de Kioto es un primer paso fundamental par llevar a cabo la lucha contra el cambio climático. Con este acuerdo se consigue un compromiso a nivel mundial para hacerle frente a la contaminación culpable del calentamiento de la Tierra. El protocolo es la base de todos los países inscritos en el acuerdo para llevar acabo una creciente acción global efectiva contra el cambio climático en los próximos años.

Para México la entrada en vigor de este Protocolo es la oportunidad de aprovechar el financiamiento de países desarrollados para impulsar el uso de energía alternativas como por ejemplo: la energía eólica y solar, esto al poner en marcha el llamado mecanismo de desarrollo limpio.

El mecanismo de desarrollo limpio representa una característica de implementación conjunta. Los costos de eliminar emisiones o de capturar carbono atmosférico varían entre países y regiones, por ello, hay un margen importante para que los países desarrollados cumplan con sus obligaciones financiando proyectos en países de desarrollo. Entre estas posibilidades se encuentran los casos de reforestación,

conservación de áreas naturales protegidas, iluminación eficiente, eficiencia energética en procesos industriales, cogeneración, etc.

México por su parte, junto con otras 105 naciones en vías de desarrollo están comprometidas a informar ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático, sus niveles de polución y las acciones para disminuirlos. Actualmente México ocupa el lugar 14 de países contaminantes; aporta aproximadamente entre el 1% y 2% de las emisiones contaminantes totales debido a que somos de los países quemadores de combustibles fósiles; en América Latina México ocupa el segundo lugar, seguidos de Brasil.

1.2.1 RESUMEN DE LAS DISPOSICIONES DEL PROTOCOLO DE KIOTO.

Dentro de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, en la reunión celebrada en 1997 en la ciudad japonesa de Kioto, se aprobó lo que se resume a continuación:
Con el fin de promover el desarrollo sostenible, cada una de los Países desarrollados aplicará y/o seguirá elaborando políticas y medidas de conformidad con sus circunstancias nacionales, por ejemplo fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional; protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero, promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación; promoción de modalidades agrícolas sostenibles a la luz de las consideraciones del cambio climático; investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales; Reducción progresiva o eliminación gradual, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero. Promover políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Las Países desarrollados reducirán sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero en no menos de 5% de las emisiones de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012. Las Partes deberán demostrar para el año 2005 un avance en el cumplimiento de sus compromisos contraídos, así como también deberán de informar de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros de gases de efecto invernadero que guarden relación con la actividad humana (la forestación, reforestación y deforestación)de una manera transparente y verificable.
Se considerará que los países desarrollados han dado cumplimiento a los compromisos anteriores si la suma total de sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en dióxido de carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero no excede de las cantidades atribuidas a ellas.

Cada país desarrollado establecerá, un sistema nacional que permita la estimación de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero. Las metodologías para calcular las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero serán las aceptadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Todo país desarrollado podrá transferir a cualquiera otra de esas Partes, o adquirir de ella, las unidades de reducción de emisiones resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropógenas por las fuentes o incrementar la absorción antropógena por los sumideros de los gases de efecto invernadero en cualquier sector de la economía, con sujeción a lo siguiente: Todo proyecto de ese tipo deberá ser aprobado por las Partes participantes, proyectos de ese tipo permitirá una reducción de las emisiones por las fuentes, o un incremento de la absorción por los sumideros, que sea adicional a cualquier otra reducción u otro incremento que se produciría de no realizarse el proyecto.

Cada una de los países desarrollados incorporará en un inventario anual sus emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero, para el primer año del período de compromiso después de la entrada en vigor del presente Protocolo.

La información presentada será examinada por equipos de expertos que serán coordinados por la secretaría y estarán integrados por expertos escogidos por las Partes en la Convención y, por organizaciones intergubernamentales. Este proceso permitirá una evaluación técnica exhaustiva e integral de todos los aspectos de la aplicación del presente Protocolo.
La Conferencia de las Partes examinará periódicamente el presente Protocolo a la luz de las informaciones y estudios científicos más exactos de que se disponga sobre el cambio climático y sus repercusiones y de la información técnica, social y económica pertinente.

Todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades, objetivos y circunstancias concretos de su desarrollo nacional y regional, formularán, en la medida de lo posible, programas nacionales para mejorar la calidad de los factores de emisión, datos de actividad y/o modelos locales que sean eficaces en relación con el costo y que reflejen las condiciones socioeconómicas de cada Parte para la realización y la actualización periódica de los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero. Además aplicarán, publicarán y actualizarán periódicamente programas nacionales para mitigar el cambio climático y medidas para facilitar una adaptación adecuada al cambio climático. Tales programas guardarán relación con los sectores de la energía, el transporte y la industria así como con la agricultura, la silvicultura y la gestión de los desechos. Cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático, y adoptarán todas las medidas viables para promover, facilitar y financiar, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos, en particular en beneficio de los países en desarrollo. Así mismo ayudarán en investigaciones científicas y técnicas y promoverán el mantenimiento

y el desarrollo de procedimientos de observación sistemática y la creación de archivos de datos para reducir las incertidumbres relacionadas con el sistema climático.

Las Partes que son países desarrollados proporcionarán recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos en que incurran las Partes que son países en desarrollo al llevar adelante el cumplimiento de los compromisos ya enunciados, facilitarán también los recursos financieros para la transferencia de tecnología, que necesiten las Partes que son países en desarrollo para sufragar la totalidad de los gastos adicionales convenidos. Las Partes que son países desarrollados también podrán facilitar, y las Partes que son países en desarrollo podrán obtener, recursos financieros para la aplicación del párrafo anterior, por conductos bilaterales o regionales o por otros conductos multilaterales.

El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes en vías de desarrollo a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes que son países desarrollados a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos. En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio: los países en desarrollo se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y los países desarrollados podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del párrafo II**.**

La Conferencia de las Partes, que es el órgano supremo de la Convención, actuará como reunión de las Partes en el presente Protocolo. Las Partes en la Convención que no sean Partes en el presente Protocolo podrán participar como observadoras en las deliberaciones de cualquier período de sesiones de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo. La conferencia de las partes examinará regularmente la aplicación del presente Protocolo, tomará las decisiones necesarias para promover su aplicación eficaz.

El presente Protocolo estará abierto a la firma y sujeto a la ratificación, aceptación o aprobación de los Estados y de las organizaciones regionales de integración económica que sean Partes en la Convención. Quedará abierto a la firma en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York del 16 de marzo de 1998 al 15 de marzo de 1999, y a la adhesión a partir del día siguiente a aquél en que quede cerrado a la firma.

El presente Protocolo entrará en vigor al nonagésimo día contado desde la fecha en que hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión no menos de 55 Partes en la Convención, (de países desarrollados) cuyas emisiones totales representen por lo menos el 55% del total de las emisiones de dióxido de carbono de las Partes del anexo I correspondiente a 1990.

1.2.2 BONOS DE CARBONO

Debido a la preocupación a nivel mundial sobre el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, se han creado iniciativas para reducir las emisiones de este tipo de gases, tal es el caso del Protocolo de Kioto. Dichas iniciativas contienen compromisos específicos para la reducción de los gases de efecto invernadero por parte de la mayoría de los países industrializados. Con el fin de facilitar el cumplimiento de los compromisos de reducción de los países desarrollados, se crearon tres mecanismos dentro del protocolo: un régimen de Comercio de Derechos de Emisión, un esquema de Implementación Conjunta y Un Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es el único que involucra a los países en desarrollo y tiene como objetivo dirigir la inversión del sector privado a la realización de proyectos que reduzcan emisiones y promuevan el desarrollo sustentable en estos países. Los países desarrollados que inviertan en los proyectos recibirán a cambio créditos que certifiquen las reducciones alcanzadas para cumplir con sus compromisos; es así como se está creando un mercado para dichas reducciones, los llamados bonos de carbono.

El nombre de bonos de carbono está referido a la conservación del medio ambiente y en especial para contrarrestar el aumento de la contaminación global de la tierra producido por la emisiones contaminantes que originan los países en sus procesos productivos, los cuales utilizan combustibles fósiles, como el petróleo o el carbón.

Los países industrializados están obligados a activar un financiamiento internacional, mediante los bonos de carbono; éstos bonos tiene como fin que las naciones desarrolladas reduzcan sus emisiones de gases que provocan el cambio climático.

Los bonos de carbono son un mecanismo que nació en el marco del protocolo de Kioto, el cual contiene dos importantes decisiones. Como primer punto, las emisiones de gases de efecto invernadero, fijando un plazo y una meta, y como segundo punto, señala que dichas reducciones pueden lograrse a través del llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Los países industrializados idearon este nuevo sistema destinado a aumentar la cantidad de bosques capaces de reciclar el dióxido de carbono que emiten la industrias ya que la captura de carbono en los bosques consiste en utilizar estos ecosistemas para transformar el dióxido de carbono en oxígeno.

El propósito está en que los países en vías de desarrollo recibirán dinero por plantar árboles o por conservarlos. Dependiendo del carbono que se capture los países en desarrollo podrán obtener ingresos económicos.

Las empresas deben disminuir sus agentes contaminantes y para ello compran bonos como una manera de contribuir a mejorar el medio ambiente en la misma medida que contaminan. Por decirlo así un bono

es un vale que representa el derecho a contaminar emitiendo dióxido de carbono a cambio de que se absorba mediante la plantación de árboles u otra medida equivalente.

El mercado mundial de los bonos de carbono permite que las empresas de países en desarrollo que disminuyen sus emisiones de CO_2 puedan vender esta reducción a empresas de países desarrollados que estén obligadas a emitir menos gases de efecto invernadero para cumplir con el acuerdo de Kioto, de esta manera se podrán generar beneficios tanto económicos como ambientales.

La venta de estos bonos a países industrializados, permite que países en desarrollo puedan entrar en el mercado global de la descontaminación. A su vez este mecanismo permite el desarrollo de proyectos de inversión que sin la ayuda económica no se podrían llevar a cabo, además de que se permite obtener recursos para mejorar tecnologías, crear procesos productivos más limpios o introducir otro tipo de energías alternativas.

Los bonos de carbono deberán contener la información certificada de la cantidad de emisiones de gases que se dejaron de emitir, el precio de la tonelada de dióxido de carbono evitada actualmente está entre 6 y 9 dólares. La venta de los bonos de carbono pueden generar a su vez entre un 10 y 15% del valor para un proyecto destinado al mejoramiento del medio ambiente.

En conclusión los bonos de carbono permiten a quien desarrolla un proyecto obtener un ingreso adicional por la venta en los mercados internacionales de la reducción de emisiones de carbono o gases de efecto invernadero, que el proyecto pueda reducir o evitar dichos gases.

Estos proyectos para la reducción de emisiones se prefieren llevarlos a cabo en los países en vías de desarrollo ya que los proyectos en países desarrollados son más caros, sin embargo, los países en desarrollo carecen del capital necesario para financiar dichos proyectos. De esta forma los países industrializados promueven proyectos en países en desarrollo.

Un aspecto de estos proyectos es mejorar la eficiencia energética, ya que de esta manera se emiten menos contaminantes a la atmósfera.

2. TECNOLOGÍAS DE ILUMINACIÓN

2.1 LÁMPARAS INCANDESCENTES

2.1.1 HISTORIA DE LAS LÁMPARAS INCADESCENTES

Desde el surgimiento de la humanidad, la única fuente de luz y calor que conoció el hombre fue el Sol. Cuando éste descubrió el fuego, lo utilizó durante miles de años, como fuente de luz artificial y como una forma de proporcionarse calor.

Se cree que fue en Mesopotamia, 7000 años a.C., la época en que nuestros antepasados comenzaron a utilizar lámparas de terracota con aceite como combustible para alumbrarse, en sustitución de las antorchas de leña que habían utilizado hasta entonces. Posteriormente, alrededor del año 400 d.C. los fenicios comenzaron a emplear las conocidas velas de cera, que han perdurado hasta nuestros días con la misma función de proporcionarnos luz o darle ambientar un cierto lugar. Muchos años después, alrededor de 1798 se comenzó a utilizar el gas como combustible en las lámparas para alumbrado y a partir de mediados del siglo XIX se le da el mismo uso al petróleo.

Durante el propio siglo XIX, los físicos se empeñaron en encontrarle aplicación práctica a la corriente eléctrica poniendo todo su empeño en crear un dispositivo que fuera capaz de emitir luz artificial. El primer experimento dirigido a ese objetivo se realizó en 1840 por el químico británico Sir Humpry Davy. Como resultado de sus experimentos logró obtener incandescencia en un fino hilo de platino cuando le hacía atravesar una corriente eléctrica, pero por no encontrarse protegido al vacío, el metal se fundía o volatilizaba debido al contacto directo con el aire. Diez años después, en 1850, se obtuvo iluminación artificial por arco eléctrico, técnica que aún se continúa utilizando fundamentalmente en escenarios de diferentes tipos de espectáculos artísticos.

Pero el primer dispositivo eléctrico de iluminación artificial que permitió verdaderamente su comercialización alcanzando inmediata popularidad fue la lámpara de filamento incandescente desarrollada simultáneamente por el británico Sir Joseph Swan y por el inventor norteamericano ***Thomas Alva Edison***, aunque la patente de invención se le otorgó a este último en 1878. Thomas Alva Edison decidió desarrollar las lámparas incandescentes en lugar de las de arco eléctrico, la razón para esto fue que los sistemas de iluminación con lámparas de arco usaban un voltaje relativamente alto; además las lámparas conectadas en serie producían una luz muy brillante que se prestaba para el alumbrado público, pero no podía aplicase para el alumbrado residencial. Por otra parte, para que la iluminación eléctrica tuviese éxito comercial, tenía que desplazar la iluminación con gas, que en esa época dominada esa aplicación.

En septiembre de 1878, Edison empezó a experimentar con materiales de elevado punto de fusión, en especial el carbón y el platino. Los filamentos se calentaban hasta la incandescencia por una corriente eléctrica que circulaba por ellos; inicialmente los colocaba en la atmósfera y posteriormente en un

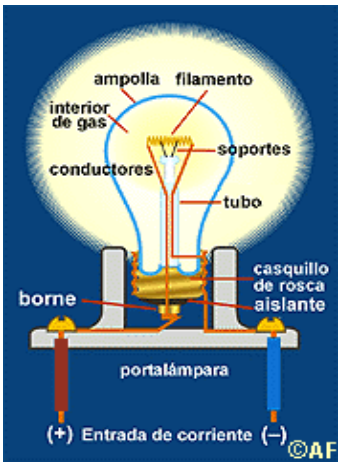
recipiente de vidrio en el que se había hecho el vacío, con el objeto de disminuir la radiación del calor y obtener así altas temperaturas con un consumo menor de energía. A pesar del elevado punto de fusión del platino (1775°C), los filamentos se fundían poco después de alcanzar la temperatura requerida. En cuanto al carbón, cuyo punto de fusión es aproximadamente el doble del correspondiente al platino, presenta una gran afinidad con los gases atmosféricos a temperaturas superiores a 1700°C. En las condiciones de bajo vacío que utilizó inicialmente Edison, los filamentos tenían una vida muy corta. También hizo experimentos con iridio y tungsteno, pero su dureza, que los hacía muy difíciles de manejar, causó que los desechara.

Fue hasta el año de 1881 cuando Thomas Alva Edison produce la primera lámpara incandescente con un filamento de algodón carbonizado. Este filamento permaneció encendido por 44 horas. En 1881 desarrolló el filamento de bambú con 1.7 lúmenes por vatios. En 1904 el filamento de tungsteno con una eficiencia de 7.9 lúmenes por vatios. En 1910 la lámpara de 100 w con rendimiento de 10 lúmenes por vatios.

Desde su creación la lámpara eléctrica incandescente no ha sufrido prácticamente variación alguna en su concepto original. Posiblemente sea éste el dispositivo eléctrico más sencillo y longevo que existe y el que más aporte ha brindado también al desarrollo de la humanidad.

Una lámpara incandescente normal, posee una estructura extremadamente sencilla. Consta de un casquillo metálico con rosca (en algunos casos liso, tipo bayoneta) y un borne en su extremo, aislado del casquillo. Tanto el casquillo como el borne permiten la conexión a los polos negativo y positivo de una fuente de corriente eléctrica continua. Lo más común es conectar la parte del casquillo al polo negativo y el borne al polo positivo de la fuente. En el caso de la corriente alterna la lámpara se conecta entre una fase y el neutro.

Al casquillo metálico de la lámpara (con rosca o del tipo bayoneta) y al borne situado en su extremo, se encuentran soldados dos alambres de cobre que se insertan después por el interior de un tubo hueco de cristal ubicado internamente en la parte central de una ampolla del mismo material y de la cual forma parte. Cerca del extremo cerrado de ese tubo hueco los dos alambres lo atraviesan y a sus puntas se sueldan los extremos del filamento de tungsteno. La bombilla de cristal se sella al vacío y en su interior se inyecta un gas inerte como, por ejemplo, argón (Ar), que ayuda a prolongar la vida del filamento.



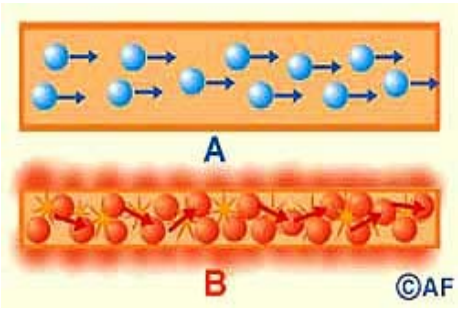
La cantidad de luz que emite una lámpara incandescente depende fundamentalmente de la potencia que tenga en watt. La longitud del alambre del filamento, y el tamaño y forma de la bombilla de cristal dependen directamente también de la potencia que tenga la lámpara, por lo que una de 25 watt será mucho más pequeña si la comparamos con otra de 500 watts.

2.1.2 FUNCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE

En la mayoría de los casos junto con la luz se genera también calor, siendo esa la forma más común de excitar los átomos de un filamento para que emita fotones y alcance el estado de incandescencia.

Normalmente cuando la corriente fluye por un cable en un circuito eléctrico cerrado, disipa energía en forma de calor debido a la fricción o choque que se produce entre los electrones en movimiento. Si la temperatura del metal que compone un cable se eleva excesivamente, el forro que lo protege se derrite, los alambres de cobre se unen por la pérdida del aislamiento y se produce un corto circuito. Para evitar que eso ocurra los ingenieros calculan el grosor o área transversal de los cables y el tipo de forro aislante que deben tener, de forma tal que puedan soportar perfectamente la intensidad máxima de corriente en ampere que debe fluir por un circuito eléctrico.

Cuando un cable posee el grosor adecuado las cargas eléctricas fluyen normalmente y la energía que liberan los electrones en forma de calor es despreciable. Sin embargo, todo lo contrario ocurre cuando esas mismas cargas eléctricas o electrones fluyen a través de un alambre de metal extremadamente fino, como es el caso del filamento que emplean las lámparas incandescentes. Al ser ese alambre más fino y ofrecer, por tanto, más resistencia al paso de la corriente, las cargas eléctricas encuentran mayor obstáculo para moverse, incrementándose la fricción.



A.– *Las cargas eléctricas o electrones fluyen normalmente por el conductor de una sección grande y baja resistencia desprendiendo poco calor.* ***B.–*** *Cuando un metal ofrece mayor resistencia al flujo de la corriente, la fricción de las cargas eléctricas chocando unas contra otras provocan que su temperatura se eleve. En esas condiciones las moléculas del metal se excitan y sus electrones pueden llegar a emitir fotones de luz y alcanzar el estado de incandescencia.*

Cuando las cargas eléctricas atraviesan el metal del filamento de una lámpara incandescente, provocan que la temperatura del alambre se eleve a 2500 ºC (4500 ºF) aproximadamente. A esa temperatura tan alta los electrones que fluyen por el metal de tungsteno comienzan a emitir fotones de luz blanca visible, produciéndose el fenómeno físico de la incandescencia.

La gran excitación que produce la fricción en los átomos del tungsteno o wolframio (W), metal del que está compuesto el filamento, provoca que algunos electrones salgan despedidos de su órbita propia y pasen a ocupar una órbita más externa o nivel superior de energía dentro del propio átomo. Pero la gran atracción que ejerce constantemente el núcleo del átomo sobre sus electrones para impedir que abandonen sus correspondientes órbitas, hace que regresen de inmediato a ocuparlas de nuevo. Al reincorporarse los electrones al lugar de procedencia, emiten fotones de luz visible para liberar la energía extra que adquirieron al ocupar momentáneamente una órbita superior.

Por otra parte la fricción que producen las cargas eléctricas al atravesar el filamento es también la responsable del excesivo calentamiento que experimentan las lámparas incandescentes cuando se encuentran encendidas.

En general este tipo de lámpara es poco eficiente, pues junto con las radiaciones de luz visible emiten también radiaciones infrarrojas en forma de calor, que incrementan el consumo eléctrico. Sólo el 10% de la energía eléctrica consumida por una lámpara incandescente se convierte en luz visible, ya que el 90% restante se disipa al medio ambiente en forma de calor.

2.1.3 EL FILAMENTO DE TUNGSTENO

El filamento de tungsteno de una lámpara incandescente está formado por un alambre extremadamente fino. Por ejemplo, en una lámpara de 60 watt, el filamento puede llegar a medir alrededor de 2 metros de longitud y de grueso solamente $3 \times 10^{-3} = 0{,}003$ mm. Para que la longitud total del filamento ocupe el menor espacio posible, el alambre se reduce por medio de un doble enrollado. De esa forma se logra que ocupe muy poco espacio cuando se coloca entre los dos alambres de cobre que le sirven de electrodos de apoyo dentro de la lámpara.

En las primeras lámparas incandescentes que existieron se utilizaron diferentes materiales como filamentos. La desarrollada por ***Edison*** en 1878, tenía el filamento de carbón, con el inconveniente de ser éste un material poco eficiente y también poco duradero.



La figura muestra un filamento montado en el tubo central de cristal.

Después de muchas pruebas, a partir de 1906 se adoptó el uso de alambre de tungsteno, conocido también como wolframio (W), para fabricar los filamentos por ser mucho más resistente y duradero que el de carbón. Al haberse obtenido mejores resultados con el wolframio, este metal se ha continuado utilizando hasta nuestros días, incluso para fabricar otros tipos de lámparas mucho más eficientes que las incandescentes.

Como se mencionó anteriormente, para que un metal llegue al blanco incandescente es necesario calentarlo a una temperatura alta, lo que conlleva a que en condiciones ambientales normales se funda o derrita.

La ventaja del tungsteno radica en que al ser un metal cuya temperatura de fusión es muy alta, se convierte en un material idóneo para rendir muchas más horas de trabajo que cualquier otro metal, además de ser relativamente barato de producir.

No obstante, cuando se completa el triángulo que forma un material inflamable, una temperatura alta y la presencia de oxígeno, se produce la combustión, por lo que en condiciones normales el tungsteno también combustiona o se derrite cuando alcanza una temperatura muy alta. Ese es el motivo por el cual el filamento de las lámparas incandescente se encuentra encerrado en una bombilla de cristal carente de oxígeno.

Pero aún bajo esas condiciones de protección, el filamento de tungsteno presenta otro problema y es que el metal se evapora al alcanzar temperaturas tan altas como la que produce la incandescencia. En ese estado, algunos átomos de tungsteno se excitan tan violentamente que saltan al vacío dentro de la bombilla y se depositan en la pared interna del cristal, ennegreciéndolo y volviéndolo opaco a medida que se utiliza la lámpara.

Ese fenómeno ya lo había observado Edison en su época, pero no supo darle ni explicación lógica, ni aplicación práctica útil, aunque en su honor se denominó posteriormente ***"efecto Edison"***. Pocos años después ese efecto constituyó la base para la creación de las primeras válvulas electrónicas de vacío rectificadoras y detectoras "diodo", inventada por Sir John Ambrose Fleming, así como las amplificadoras "triodo", inventada por Lee de Forest, que abrieron el camino al desarrollo de la electrónica.

Debido al propio proceso de evaporación, el filamento de tungsteno se va desintegrando con las horas de uso y la vida útil de la lámpara se reduce. Cuando ese proceso llega a su límite, el filamento se parte por el punto más débil y deja de alumbrar. Decimos entonces que la lámpara se ha fundido.

Para evitar el rápido deterioro del filamento por evaporación, desde 1913 se adoptó el uso del gas argón en el interior de las bombillas. De esa forma se logra disminuir en cierta medida la evaporación del metal, pues los átomos del tungsteno evaporados al impactar con los átomos del gas argón rebotan hacia el filamento y se depositan de nuevo en su estructura metálica sin que se produzca una reacción de combustión. Gracias a esta técnica se ha podido lograr que una lámpara incandescente normal pueda llegar a tener aproximadamente entre 750 y mil horas de vida útil.

A partir de la tecnología de las lámparas incandescentes se han desarrollado posteriormente otros dispositivos de iluminación más eficientes como, por ejemplo, las lámparas halógenas y, sobre todo, los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes de bajo consumo.



Identificación de lámparas incandescentes

- **Mediante el código impreso en la lámpara**

Se obtienen las características técnicas de la lámpara.

- **Mediante la forma del bulbo** se puede determinar el tipo de lámpara.

Foco (A19)
Reflector (R)
Reflector parabólico (PAR)
Dicroica (MR)

LÁMPARAS INCANDESCENTES ELIPSOIDALES (ER)

Están diseñadas de modo que su punto focal coincida con el ángulo de apertura del luminario, reduciendo las pérdidas típicas por absorción de luz. Características físicas: tienen una eficacia nominal similar a las de tipo A ó R pero la eficacia del sistema se incrementa ya que aumenta la salida neta de luz del luminario. Aplicación: se usan típicamente en restaurantes, corredores, y en general en todos los lugares en donde se tengan instaladas lámparas convencionales. Ahorro de energía: se recomienda que las lámparas ER sean de la mitad de la potencia de las lámparas A ó R comunes, aunque en algunos casos la reducción puede hacerse hasta a una tercera parte. Costo; cuestan entre 20% y 40% más que las tipo R sobre la misma base de potencia, pero al hacer la sustitución a potencia reducida los ahorros en inversión son evidentes. Su vida útil tienen una duración promedio de 2000 horas bajo condiciones

normales de operación. Beneficios al usuario: si el luminario no está diseñado para una lámpara en especial, la reducción de luz es imperceptible, pero el ahorro es considerable; aunque son lámparas relativamente nuevas, su disponibilidad en el mercado nacional es cada vez mayor.

LÁMPARAS INCANDESCENTES CON RECUBRIMIENTO MEJORADO

Es una lámpara incandescente de tamaño y forma similar a la convencional con recubrimiento mejorado que permite aumentar la eficacia. Características físicas: la superficie interior del bulbo está recubierta con un material que bloquea el paso de la radiación infrarroja, evitando pérdida excesiva de energía por radiación de calor al medio. Aplicación: reemplaza a lámparas tipo A19 de emisión lumínica igual ó menor a 1500 lúmenes, aunque se tienen prototipos para potencias mayores (hasta 900 W). En cuanto al Ahorro de energía; tienen una eficacia de hasta 29 Lm/W, contra una eficacia de 15 a 17 Lm/W de lámparas normales equivalentes. Su precio es entre 4 y 5 veces mayor que la A19. Tiene 2000 horas de vida contra 750 horas de la A19 bajo las mismas condiciones de operación. En cuanto a los beneficios al usuario, su temperatura de color, apariencia y rendimiento de color es tan bueno como el de las convencionales. Por ser de muy reciente desarrollo, no se encuentran todavía en el mercado nacional pero con la apertura comercial se espera que estén disponibles muy pronto.

2.2 LA LÁMPARA HALÓGENA



Lámparas halógenas de cápsula (con patillas o pines y con rosca), y de tubo lineal con bornes de conexión.

Desde su invención en el año 1878, la lámpara incandescente común ha sido prácticamente la fuente de luz artificial más masivamente utilizada, aunque desde el año 1939 compite también con los tubos de lámparas fluorescentes, mucho más eficientes y económicos.

Sin embargo, en la década de los años 50 del siglo pasado la necesidad de dotar a los aviones supersónicos de una fuente de luz intensa para la navegación nocturna, que se pudiera ubicar en las puntas de las alas, llevó a los ingenieros estadounidenses a desarrollar una lámpara tipo incandescente, pero conceptual y estructuralmente diferente a las conocidas hasta esos momentos.

El primer intento para obtener más intensidad de luz con menos consumo de potencia eléctrica fue tratando de incrementar la temperatura del filamento de tungsteno, metal éste conocido también como wolframio (W), lo que terminó en un rotundo fracaso. Debido al proceso de evaporación que sufre

normalmente el tungsteno dentro de cualquier tipo de bombilla incandescente mientras se encuentra encendida, su deterioro se aceleraba aún más cuando se incrementaba la temperatura, el cristal de protección se ennegrecía mucho más rápido de lo normal y, finalmente, la lámpara terminaba fundiéndose.

El fracaso sufrido llevó a los ingenieros a probar diferentes materiales con los que pudieran construir la lámpara, aunque mantuvieron siempre el filamento de tungsteno como elemento principal de iluminación debido a las magníficas propiedades físicas y químicas que presenta para ese propósito.

Entre intentos y fracasos sustituyeron el gas argón utilizado en las lámparas incandescente comunes, por un elemento halógeno como el iodo (I), que permitió incrementar la temperatura del filamento.

Además, los ingenieros en lugar utilizar el cristal común que emplean las lámparas incandescentes normales como cubierta protectora, incapaz de soportar la altísima temperatura a la que era necesario someter el filamento de la nueva lámpara, emplearon cristal de cuarzo.

De esa forma en 1959, nueve años después de comenzar los primeros experimentos, surgió una nueva lámpara incandescente, completamente diferente a la conocida hasta ese momento, que bautizaron con el nombre de “lámpara halógena de tungsteno” o “lámpara de cuarzo”. Era una lámpara más pequeña y eficiente comparada con sus antecesoras incandescentes comunes de igual potencia, pero con la ventaja añadida de brindar una iluminación mucho más brillante y con un tiempo de vida útil más prolongado.

2.2.1 ESTRUCTURA DE LA LÁMPARA HALÓGENA



La estructura de una lámpara halógena es extremadamente sencilla, pues consta prácticamente de los mismos elementos que las incandescentes comunes. Sus diferentes partes se pueden resumir en: (A) un bulbo o, en su defecto, un tubo de cristal de cuarzo, relleno con gas halógeno; (B) el filamento de tungsteno, con su correspondiente soporte y (C) las conexiones exteriores. Estas lámparas se pueden encontrar con diferentes formas, tamaños, versiones y potencia en watt. Normalmente se fabrican algunos modelos para trabajar con 110 ó 220 volt de tensión y otros con 12 volt, utilizando un transformador reductor de tensión o voltaje.

Sus formas más comunes son: lineales, de cápsula o estándar y dicroica reflectora. Para su conexión a la corriente eléctrica las lámparas lineales poseen un borne en cada extremo, mientras que las de cápsula y las dicroicas reflectoras se fabrican con dos patillas o pines, aunque también podemos encontrarlas de cápsula con rosca.



Tipos más comunes de lámparas halógenas. De izquierda a derecha: lámpara de cápsula o estándar con patillas (pines) de contacto. De cápsula con rosca. Lineal. Dicroica (con pantalla reflectora).

Cuando la corriente fluye por el fino alambre metálico que compone el filamento de tungsteno de una lámpara incandescente común, las cargas eléctricas o electrones provocan que se produzca una fricción mucho mayor que cuando fluyen por un cable de mayor grosor. Bajo esas condiciones la propia fricción o choques que ejercen los electrones que fluyen por el hilo del filamento contra los átomos de tungsteno, excitan sus electrones hasta que alcanza el estado de incandescencia y emite luz visible.

De esa forma, algunos electrones son forzados a abandonar la órbita fija que ocupan en los átomos de tungsteno, pasando a ocupar otra más externa con un nivel superior de energía. Esa nueva posición la ocupa sólo por breves instantes, pues la atracción que ejerce el propio núcleo de los átomos de tungsteno sobre sus electrones, los obligan a reintegrarse de inmediato a la órbita que inicialmente ocupaban.

En el mismo momento que los electrones se incorporan nuevamente a sus órbitas originales, emiten un fotón de luz visible, liberando de esa forma el exceso de energía adquirida al saltar de una órbita a la otra. Es así como el filamento, al incrementar su temperatura, emite luz blanca visible en las lámparas incandescentes.

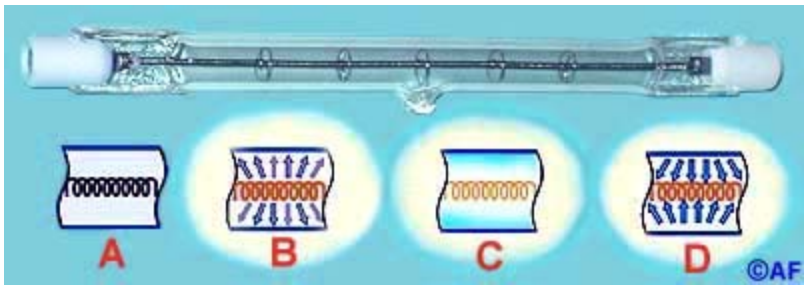
Sin embargo, la temperatura a la que se somete el filamento en una lámpara incandescente normal para que emita luz es tan alta (2 500 ºC ó 4 500 ºF aproximadamente), que el metal de tungsteno tiende a evaporarse a pesar de encontrarse encerrado en una bombilla de cristal al vacío.

Ese deterioro del filamento por evaporación normalmente se trata de frenar lo más posible en las lámparas incandescentes normales sustituyendo el vacío con un gas inerte, como el argón (Ar).

En las lámparas halógenas, para poder someter el filamento a una temperatura mucho más alta que la que normalmente soportan las lámparas comunes (3 000 ºC ó 5 432 ºF aproximadamente) y obtener una mayor intensidad de iluminación por unidad de energía, el gas argón se sustituye por un gas halógeno, como el iodo (I) o el bromo (Br). Además, en lugar de cristal común, para la cápsula o envoltura de protección se utiliza cristal de cuarzo, que soporta mucho mejor la altísima temperatura a la que se ve sometido el filamento, sin derretirse.

2.2.2 FUNCIONAMIENTO DE LA LÁMPARA HALÓGENA

El principio de funcionamiento de una lámpara halógena es muy similar al de una lámpara incandescente común. En los dos tipos de lámpara la incandescencia que produce la luz visible se basa en la altísima temperatura de calentamiento que alcanza el filamento.



A. *Filamento de tungsteno apagado.* ***B.*** *Filamento encendido. La alta temperatura que presenta provoca su evaporación en forma de vapor de tungsteno.* ***C.*** *El vapor desprendido, cuando toca la superficie interior del cristal de cuarzo, se combina con el gas halógeno que contiene la cápsula o el tubo en su interior y se convierte en halogenuro de tungsteno.* ***D.*** *El halogenuro formado tiende fluir en dirección al filamento, donde la alta temperatura que éste presenta lo convierte de nuevo en metal tungsteno. Como resultado, el filamento se reconstruye liberando gas halógeno durante ese proceso, permitiendo que continúe efectuándose el denominado "ciclo del halógeno".*

En la lámpara de cuarzo, cuando el filamento alcanza la temperatura más alta que puede soportar y comienza el proceso de evaporación, los átomos de tungsteno se gasifican y se expanden buscando la superficie interior de la cápsula de cristal de cuarzo. Al llegar a la superficie del cristal, la temperatura del gas desciende a unos 800 ºC (1 472 ºF) aproximadamente.

Bajo esas circunstancias los átomos del tungsteno reaccionan espontáneamente con el gas halógeno y se transforma en otro gas conocido como halogenuro de tungsteno. Inmediatamente el nuevo gas que se ha formado tiende a retornar hacia el centro de la lámpara donde se encuentra situado el filamento deteriorado.

Debido a que el halogenuro de tungsteno es un gas inestable, cuando sus moléculas reciben directamente el calor del filamento, se descomponen en forma de tungsteno metálico, que se deposita como tal en el filamento y lo reconstruye. Este proceso permite al filamento reciclarse y aportar mucho más tiempo de vida útil (entre 3 mil y 10 mil horas, según el tipo de lámpara halógena), en comparación con las mil horas de explotación que permite una lámpara incandescente común. Todo este proceso llamado “ciclo del halógeno” se mantiene ininterrumpidamente durante todo el tiempo que la lámpara permanec**S**e encendida.



Lámparas halógenas de diferentes potencias: ***A.*** *20 watt;* ***B.*** *35 watt y* ***C.*** *50 watt. Note como las dimensiones y grueso del filamento varía según aumentan los watt que desarrolla cada lámpara.*

2.3 LÁMPARAS FLUORECENTES

2.3.1 HISTORIA DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

En 1850 Heinrich Geissler, físico alemán, creó el "tubo Geissler", capaz de emitir luz cuando se hacía pasar una descarga eléctrica a través de dicho tubo relleno con un gas noble. En 1891 el norteamericano Daniel McFarlan Moore comenzó a realizar experimentos con tubos de descarga eléctrica. En 1904, empleando un tubo Geissler relleno con gas nitrógeno, logró obtener luz amarilla y si el mismo tubo lo llenaba con bióxido de carbono, obtenía entonces una luz rosácea, con un espectro muy similar al de la luz solar. Ese mismo año se instalaron las primeras "lámparas Moore" en unos almacenes situados en la ciudad de Newark, New Jersey, Estados Unidos de Norteamérica.

En realidad las lámparas de Moore no tuvieron aceptación en aquel momento debido a que eran difíciles de instalar, reparar y darles mantenimiento.

En 1927 Friedirch Meyer, Hans Spanner y Edmund Germer patentaron la lámpara fluorescente, pero hasta 1934 no se comenzaron a desarrollar de forma industrial. Las conocidas lámparas de tubos blancos rectos y encendido por precalentamiento, se mostraron por primera vez al público en la Feria Mundial de New York, en el año 1939.

Hace ya varios años las lámparas fluorescentes por precalentamiento comenzaron a ser sustituidas por otras de tecnologías más avanzadas, aunque existen todavía en el mundo millones de lugares donde aún se utilizan las más primitivas, es decir, con su tecnología original.

Desde su introducción en el mercado a finales de los años 30 del siglo pasado, las lámparas fluorescentes fueron ganando rápidamente el favor del público por la luz uniforme sin deslumbramiento que brindan, la ausencia de sombras duras, su bajo consumo eléctrico y la variedad de colores disponibles.

Entre las lámparas fluorescentes de tecnología más reciente se encuentran las del tipo CFL (*Compact Fluorescent Lamp* – Lámpara Fluorescente Compacta), conocidas también como lámparas económicas o ahorradoras, con una luz y tamaño similar al de las lámparas incandescentes, pero con las mismas ventajas que brinda un tubo de luz fluorescente de mayor tamaño.

2.3.2 TECNOLOGÍAS DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES



En la actualidad las lámparas fluorescentes se han convertido en el medio de iluminación de uso más generalizado en comercios, oficinas, sitios públicos, viviendas, etc. Sin embargo, no todas las personas conocen cómo funcionan, cómo emiten luz sin generar apenas calor, ni cómo pueden desarrollar más lúmenes por watt (lm/W) con menor consumo de energía eléctrica, comparadas con las lámparas incandescentes en igualdad de condiciones de iluminación.

La tecnología más antigua conocida en las lámparas fluorescentes es la del encendido por precalentamiento. De ese tipo de lámpara aún quedan millones funcionando en todo el mundo a pesar del avance tecnológico que han experimentado en estos últimos años y las nuevas variantes que se han desarrollado. Sin embargo, su principio de funcionamiento no ha variado mucho desde 1938 cuando se introdujeron las primeras en el mercado.

Las partes principales que componen las lámparas fluorescentes más elementales son:

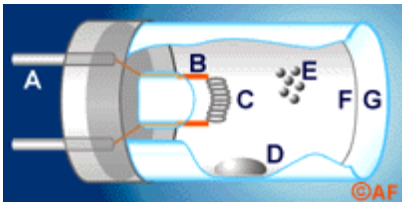
- Tubo de descarga
- Casquillos con los filamentos
- Cebador, encendedor o arrancador *(starter)*
- Balasto *(ballast)*

Tubo de descarga. El cuerpo o tubo de descarga de las lámparas fluorescentes se fabrica de vidrio, con diferentes longitudes y diámetros. La longitud depende, fundamentalmente, de la potencia en watt (W) que desarrolle la lámpara. El diámetro, por su parte, se ha estandarizado a 25,4 mm (equivalente a una pulgada) en la mayoría de los tubos. Los más comunes y de uso más generalizado tienen forma recta, aunque también se pueden encontrar con forma circular.

La pared interior del tubo se encuentra recubierta con una capa de sustancia fosforescente o fluorescente, cuya misión es convertir los rayos de luz ultravioleta (que se generan dentro y que no son visibles para el ojo humano), en radiaciones de luz visible. Para que eso ocurra, su interior se encuentra relleno con un gas inerte, generalmente argón (Ar) y una pequeña cantidad de mercurio (Hg) líquido. El

gas argón se encarga de facilitar el surgimiento del arco eléctrico entre los dos electrodos de la lámpara, colocados en sus extremos, que posibilita el encendido de la lámpara, así como de controlar también la intensidad del flujo de electrones que atraviesa el tubo.

Casquillos. La mayoría de los tubos fluorescentes rectos poseen en cada uno de sus extremos un casquillo con dos patillas o pines de contactos eléctricos externos, conectadas interiormente con los filamentos de caldeo o de precalentamiento. Estos filamentos están fabricados con metal de tungsteno, conocido también por el nombre químico de wolframio (W), recubiertos de calcio (Ca) y magnesio (Mg) y su función principal en los tubos de las lámparas fluorescentes es calentar previamente el gas argón que contienen en su interior para que se puedan encender.



A. *Patillas o pines de contacto.* ***B.*** *Electrodos.* ***C.*** *Filamento de tungsteno.* ***D.*** *Mercurio (Hg) líquido.* ***E.*** *Átomos de gas argón (Ar).* ***F.*** *Capa o recubrimiento fluorescente de fósforo (P).* ***G.*** *Tubo de descarga de cristal.*

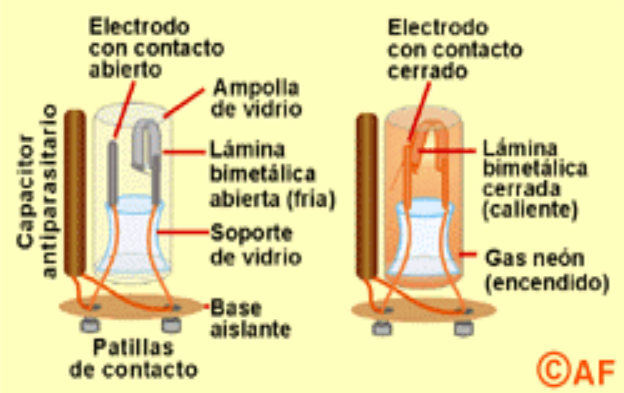
El recubrimiento de calcio y magnesio que poseen los filamentos facilita la aparición del flujo de electrones necesario para que se efectúe el encendido de la lámpara. En medio de ese proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, a través de los cuales se establece ese flujo de corriente o de electrones.

Cebador

Las lámparas fluorescentes por precalentamiento utilizan un pequeño dispositivo durante el proceso inicial de encendido llamado cebador o encendedor térmico *(starter)*.

Este dispositivo se compone de una lámina bimetálica encerrada en una cápsula de cristal rellena de gas neón (Ne). Esta lámina tiene la propiedad de curvarse al recibir el calor del gas neón cuando se encuentra encendido con el objetivo de cerrar un contacto que permite el paso de la corriente eléctrica a través del circuito en derivación donde se encuentra conectado el cebador.

Conectado en paralelo con la lámina bimetálica, se encuentra un capacitor antiparasitario, encargado de evitar que durante el proceso de encendido se produzcan interferencias audibles a través del altavoz de un receptor de radio o ruidos visibles en la pantalla de algún televisor que se encuentre funcionando próximo a la lámpara.



La figura muestra la Disposición de los elementos internos de un cebador.

Otra variante de lámpara fluorescente es la de encendido rápido, que no requiere cebador, pues los electrodos situados en los extremos del tubo se mantienen siempre calientes.

Otras lámparas poseen encendido instantáneo y tampoco utilizan cebador. Este tipo de lámpara carece de filamentos y se enciende cuando se le aplica directamente a los electrodos una tensión o voltaje mucho más elevado que el empleado para el resto de las lámparas fluorescentes.

Por otra parte, en la actualidad la mayoría de las lámparas fluorescentes de tecnología más moderna sustituyen el antiguo cebador por un dispositivo de encendido rápido, mucho más eficiente que todos los demás sistemas desarrollados anteriormente, conocido como balasto electrónico.

Balasto electromagnético

El balasto electromagnético fue el primer tipo de inductancia que se utilizó en las lámparas fluorescentes. Consta de un transformador de corriente o reactancia inductiva, compuesto por un enrollado único de alambre de cobre. Los balastos de este tipo constan de las siguientes partes:

- **Núcleo.** Parte fundamental del balasto. Lo compone un conjunto de chapas metálicas que forman el cuerpo o parte principal del transformador, donde va colocado el enrollado de alambre de cobre.

- **Carcasa.** Envoltura metálica protectora del balasto. Del enrollado de los balastos magnéticos comunes salen dos o tres cables (en dependencia de la potencia de la lámpara), que se conectan al circuito externo, mientras que de los balastos electrónicos salen cuatro.

- **Sellador**. Es un compuesto de poliéster que se deposita entre la carcasa y el núcleo del balasto. Su función es actuar como aislante entre el enrollado, las chapas metálicas del núcleo y la carcasa.

- **Capacitor o filtro**. Se utiliza para mejorar el factor de potencia de la lámpara, facilitando que pueda funcionar más eficientemente.

Desde el punto de vista de la operación de la lámpara fluorescente, la función del balasto es generar el arco eléctrico que requiere el tubo durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente, limitando también la intensidad de corriente que fluye por el circuito del tubo.

Los balastos magnéticos de uso más extendidos se fabrican para que puedan trabajar conectados a una línea de suministro eléctrico de 110 ó a una de 220 volt de tensión de corriente alterna y 50 ó 60 hertz (Hz) de frecuencia. El empleo de uno u otro tipo depende de las características específicas del suministro eléctrico de cada país.

De acuerdo con la forma de encendido de cada lámpara, así será el tipo de balasto que utilice. Las formas de encendido más generalizadas en los tubos de lámparas fluorescentes más comunes son los siguientes:

- Por precalentamiento *(El sistema más antiguo)*
- Rápido
- Instantáneo
- Electrónico *(El sistema más moderno)*

2.3.3 EMISIÓN DE LUZ FLUORESCENTE

La luz en sí misma constituye una forma de energía que puede liberar como fotón el átomo de un determinado elemento químico. El fotón se caracteriza por ser una pequeñísima partícula poseedora de energía, pero carente de masa, a diferencia de los elementos químicos o de cualquier tipo de materia. Para que un átomo libere fotones de luz es necesario excitar alguno de sus electrones, empleando medios físicos o químicos.

Dada la fuerte atracción que ejerce el núcleo de un átomo sobre los electrones que giran a su alrededor en sus correspondientes órbitas, no es normal que estos la abandonen por sí mismos si no son excitados por un agente externo. Sin embargo, cuando eso ocurre el electrón salta a otra órbita superior dentro del mismo átomo, que al encontrarse más alejada del núcleo posee mayor nivel de energía.

Debido a la atracción que continúa ejerciendo siempre el núcleo del átomo sobre sus electrones, aquel que abandona su órbita es obligado a que, en fracciones de segundo, se reincorpore a la suya propia. En ese momento la energía extra que adquirió el electrón en la otra órbita la libera en forma de fotón de luz.

El hecho de que un fotón de luz sea visible o no para el ojo humano depende, fundamentalmente, del tipo de átomo excitado, y de la longitud de onda y frecuencia que posea dicho fotón dentro del espectro electromagnético.

En el tubo de descarga de una lámpara de luz fluorescente, los electrones libres y los iones de un gas inerte contenido en su interior, como el gas argón (Ar) en este caso, crean las condiciones necesarias para la creación de un puente de plasma a través del cual puede fluir la corriente eléctrica.

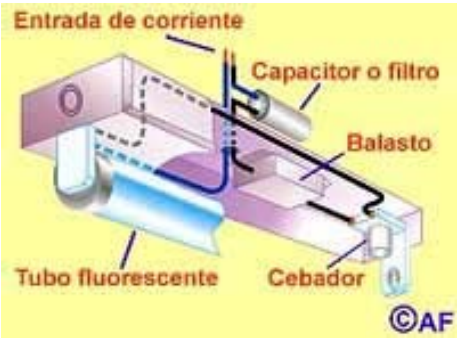
Cuando los electrones libres se mueven a través del puente de plasma, colisionan con los electrones de los átomos de gas mercurio (Hg) contenidos también dentro del tubo y los saca de sus órbitas. De inmediato el núcleo de los átomos de mercurio obliga a que los electrones despedidos se reintegren de nuevo a sus correspondientes órbitas, a la vez que liberan fotones de luz ultravioleta, invisibles para el ojo humano.

Al mismo tiempo, para que se pueda obtener luz visible, los fotones de luz ultravioleta liberados impactan sobre la capa fosforescente que recubre la pared interior del tubo de cristal de la lámpara, excitando los electrones de los átomos de fósforo (P) contenidos en éste. El impacto saca de sus órbitas a los electrones de los átomos de fósforos, lo que son atraídos y obligados a reincorporarse de nuevo a sus correspondientes órbitas. En ese instante liberan fotones de luz blanca fluorescente visibles para el ojo humano. Ese proceso provoca que el tubo de descarga de la lámpara fluorescente se ilumine, proporcionando luz.

El color de la luz que emiten los tubos de las lámparas fluorescentes depende de la composición química de la capa de fósforo que recubre su interior. Es por eso que dentro de la gama de luz blanca que emiten estos tubos podemos encontrar variantes de blancos más cálidos o más fríos. Incluso se fabrican también tubos fluorescentes que emiten luz verde, amarilla o roja.

Como en el proceso de encendido las lámparas fluorescentes utilizan sólo por breves instantes los filamentos de tungsteno, no da tiempo a que se calienten tanto como ocurre con las lámparas incandescentes. Así, al ser mucho menor la pérdida de energía por disipación de calor al medio ambiente, el consumo eléctrico se reduce en un alto porciento. Esto las convierte en una fuente emisora de luz más económica, eficiente y duradera si las comparamos con las lámparas o bombillas incandescentes.

2.3.4 FUNCIONAMIENTO DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES



1. Cuando activamos el interruptor de una lámpara de luz fluorescente que se encuentra conectada a la red doméstica de corriente alterna, los electrones comienzan a fluir por todo el circuito eléctrico, incluyendo el circuito en derivación donde se encuentra conectado el cebador (estárter).

2. El flujo de electrones de la corriente eléctrica al llegar al cebador produce un arco o chispa entre los dos electrodos situados en su interior, lo que provoca que el gas neón (Ne) contenido también dentro de la cápsula de cristal se encienda. El calor que produce el gas neón encendido hace que la plaquita bimetálica que forma parte de uno de los dos electrodos del cebador se curve y cierre un contacto eléctrico dispuesto entre ambos electrodos.

3. Cuando el contacto del cebador está cerrado se establece el flujo de corriente eléctrica necesario para que los filamentos se enciendan, a la vez que se apaga el gas neón.

4. Los filamentos de tungsteno encendidos provocan la emisión de electrones por caldeo o calentamiento y la ionización del gas argón (Ar) contenido dentro del tubo. Esto crea las condiciones previas para que, posteriormente, se establezca un puente de plasma conductor de la corriente eléctrica por el interior del tubo, entre un filamento y otro.

5. La plaquita bimetálica del cebador, al dejar de recibir el calor que le proporcionaba el gas neón encendido, se enfría y abre el contacto dispuesto entre los dos electrodos. De esa forma el flujo de corriente a través del circuito en derivación se interrumpe, provocando dos acciones simultáneas:

    a. Los filamentos de la lámpara se apagan cuando deja de pasar la corriente eléctrica por el circuito en derivación.

    b. El campo electromagnético que crea en el enrollado del balasto la corriente eléctrica que también fluye por el circuito donde éste se encuentra conectado, se interrumpe bruscamente. Esto provoca que en el propio enrollado se genere una fuerza contraelectromotriz, cuya energía se descarga dentro del tubo de la lámpara, en forma de arco eléctrico. Este arco salta desde un extremo a otro del tubo valiéndose de los filamentos, que una vez apagados se convierten en electrodos de la lámpara.

6. Bajo estas nuevas condiciones, la corriente de electrones, que en un inicio fluía a través del circuito en derivación de la lámpara donde se encuentra conectado el cebador, comienza a hacerlo ahora atravesando interiormente el tubo de un extremo a otro, valiéndose de los dos electrodos.

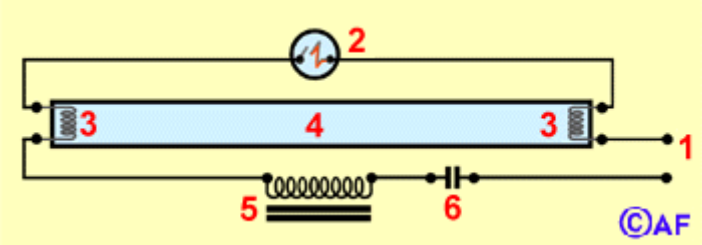
7. La fuerte corriente que fluye por dentro del tubo provoca que los electrones comiencen a chocar con los átomos del gas argón, aumentando la cantidad de iones y de electrones libres. Como resultado se crea un puente de plasma, es decir, un gas compuesto por una gran cantidad de iones y de electrones libres, que permite que estos se muevan de un extremo a otro del tubo.

8. Esos electrones libres comienzan a chocar con una parte de los átomos de mercurio (Hg) contenidos también dentro del tubo, que han pasado del estado líquido al gaseoso debido a la

energía que liberan dichos electrones dentro del tubo. Los choques de los electrones libres contra los átomos de mercurio excitan a sus electrones haciendo que liberen fotones de luz ultravioleta.

9. Los fotones de luz ultravioleta, invisibles para el ojo humano, impactan a continuación contra la capa de fósforo (P) que recubre la pared interior del tubo fluorescente. El impacto excita los electrones de los átomos fósforo (P), los que emiten, a su vez, fotones de luz visible, que hacen que el tubo se ilumine con una luz fluorescente blanca.

El impacto de los electrones que se mueven por el puente de plasma contra los dos electrodos situados dentro del tubo, hace que estos se mantengan calientes (a pesar de que los filamentos se encuentran ya apagados). Mantener caliente esos dos electrodos se hace necesario para que la emisión de electrones continúe y el puente de plasma no se extinga. De esa forma, tanto el ciclo de excitación de los átomos de vapor de mercurio como el de los átomos de fósforo dentro del tubo continúa, hasta tanto activemos de nuevo el interruptor que apaga la lámpara y deje de circular la corriente eléctrica por el circuito.



Esquema del circuito eléctrico de una lámpara fluorescente de 20 watt de potencia: ***1.*** *Entrada de la corriente alterna.* ***2.*** *Cebador.* ***3.*** *Filamentos de tungsteno.* ***4.****Tubo de descarga de luz fluorescente.* ***5.*** *Balasto o inductancia.* ***6.*** *Capacitor o filtro.*

2.3.5 LÁMPARAS CFL AHORRADORAS DE ENERGÍA

Las lámparas ahorradoras de energía denominadas CFL (*Compact Fluorescent Lamp* – Lámpara Fluorescente Compacta) son una variante mejorada de las lámparas de tubos rectos fluorescentes, que fueron presentadas por primera vez al público en la Feria Mundial de New York efectuada en el año 1939.



Lámpara con dos tubos fluorescentes comunes, de 20 watt de potencia cada uno. El flujo luminoso de cada tubo equivale, al de una bombilla incandescente de 100 watt.

Desde su presentación al público en esa fecha, las lámparas de tubos fluorescentes se utilizan para iluminar variados tipos de espacios, incluyendo nuestras casas. En la práctica el rendimiento de esas lámparas es mucho mayor, consumen menos energía eléctrica y el calor que disipan al medio ambiente es prácticamente despreciable en comparación con el que disipan las lámparas incandescentes.

Generalmente las lámparas o tubos rectos fluorescentes son voluminosos y pesados, por lo que en 1976 el ingeniero Edward Hammer, de la empresa norteamericana GE, creó una lámpara fluorescente compuesta por un tubo de vidrio alargado y de reducido diámetro, que dobló en forma de espiral para reducir sus dimensiones. Así construyó una lámpara fluorescente del tamaño aproximado de una bombilla común, cuyas propiedades de iluminación eran muy similares a la de una lámpara incandescente, pero con un consumo mucho menor y prácticamente sin disipación de calor al medio ambiente.

Aunque esta lámpara fluorescente de bajo consumo prometía buenas perspectivas de explotación, el proyecto de producirla masivamente quedó engavetado, pues la tecnología existente en aquel momento no permitía la producción en serie de una espiral de vidrio tan frágil como la que requería ese tipo de lámpara.

No obstante, en la década de los años 80 del siglo pasado otros fabricantes apostaron por la nueva lámpara y se arriesgaron a lanzarla al mercado, pero a un precio de venta elevado, equivalente a lo que hoy serían 30 dólares (unos 27 euros aproximadamente) por unidad. Sin embargo, los grandes pedidos que hizo en aquellos momentos el gobierno norteamericano a los fabricantes y su posterior subvención por el ahorro que representaban estas lámparas para el consumo de energía eléctrica, permitieron ir disminuyendo poco a poco su precio, hasta acercarlo al costo de producción.



Bombilla o lámpara incandescente de 60 watt de potencia.



Modelo de lámpara CFL ahorradora de energía, de 11 watt de potencia, cuyo flujo luminoso equivale al de una lámpara o bombilla incandescente de 60 watt.

La posterior aceptación obtenida por las nuevas lámparas ahorradoras de energía dentro de los amplios círculos económicos y de la población, estimuló a los fabricantes a acometer las inversiones necesarias, emprender la producción masiva y bajar mucho más el precio de venta al público.

Hoy en día una lámpara CFL estándar, entre 9 y 14 watt, se puede adquirir normalmente en diferentes establecimientos comerciales, a un precio que oscila alrededor de los 2 euros o menos (equivalente a

algo más de 2 dólares), aunque se fabrican también con diferentes estructuras y potencias, que se comercializan a un precio más alto.



Tubo fluorescente

Filamentos

Balasto electrónico

Base

Casquillo con rosca

Las lámparas fluorescentes CFL constan de las siguientes partes:

Tubo fluorescente

Se componen de un tubo de unos 6 mm de diámetro aproximadamente, doblados en forma de "U" invertida, cuya longitud depende de la potencia en watt que tenga la lámpara. En todas las lámparas CFL existen siempre dos filamentos de tungsteno o wolframio (W) alojados en los extremos libres del tubo con el propósito de calentar los gases inertes, como el neón (Ne), el kriptón (Kr) o el argón (Ar), que se encuentran alojados en su interior. Junto con los gases inertes, el tubo también contiene vapor de mercurio (Hg). Las paredes del tubo se encuentran recubiertas por dentro con una fina capa de fósforo.+

Balasto electrónico

Las lámparas CFL son de encendido rápido, por tanto no requieren cebador (encendedor, *starter*) para encender el filamento, sino que emplean un balasto electrónico en miniatura, encerrado en la base que separa la rosca del tubo de la lámpara. Ese balasto suministra la tensión o voltaje necesario para encender el tubo de la lámpara y regular, posteriormente, la intensidad de corriente que circula por dentro del propio tubo después de encendido.

El balasto electrónico se compone, fundamentalmente, de un circuito rectificador diodo de onda completa y un oscilador, encargado de elevar la frecuencia de la corriente de trabajo de la lámpara entre 20 000 y 60 000 hertz aproximadamente, en lugar de los 50 ó 60 hertz con los que operan los balastos electromagnéticos e híbridos que emplean los tubos rectos y circulares de las lámparas fluorescentes comunes antiguas.

Base

La base de la lámpara ahorradora CFL se compone de un receptáculo de material plástico, en cuyo interior hueco se aloja el balasto electrónico. Unido a la base se encuentra un casquillo con rosca normal E-27 (conocida también como rosca Edison), la misma que utilizan la mayoría de las bombillas o lámparas incandescentes. Se pueden encontrar también lámparas CFL con rosca E-14 de menor diámetro (conocida como rosca candelabro). No obstante, existen variantes con otros tipos de conectores, de presión o bayoneta, en lugar de casquillos con rosca, que funcionan con un balasto electrónico externo, que no forma parte del cuerpo la lámpara.

El funcionamiento de una lámpara fluorescente ahorradora de energía CFL es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manuable.

Cuando enroscamos la lámpara CFL en un portalámpara (igual al que utilizan la mayoría de las lámparas incandescentes) y accionamos el interruptor de encendido, la corriente eléctrica alterna fluye hacia el balasto electrónico, donde un rectificador diodo de onda completa se encarga de convertirla en corriente directa y mejorar, a su vez, el factor de potencia de la lámpara. A continuación un circuito oscilador, compuesto fundamentalmente por un circuito transistorizado en función de amplificador de corriente, un enrollado o transformador (reactancia inductiva) y un capacitor o condensador (reactancia capacitiva), se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia, que llega a alcanzar entre 20 mil y 60 mil ciclos o hertz por segundo.

La función de esa frecuencia tan elevada es disminuir el parpadeo que provoca el arco eléctrico que se crea dentro de las lámparas fluorescentes cuando se encuentran encendidas. De esa forma se anula el efecto estroboscópico que normalmente se crea en las antiguas lámparas fluorescentes de tubo recto que funcionan con balastos electromagnéticos (no electrónicos). En las lámparas fluorescentes antiguas el arco que se origina posee una frecuencia de sólo 50 ó 60 hertz, la misma que le proporciona la red eléctrica doméstica a la que están conectadas.

Para el alumbrado general el efecto estroboscópico es prácticamente imperceptible, pero en una industria donde existe maquinaria funcionando, impulsadas por motores eléctricos, puede resultar peligroso debido a que la frecuencia del parpadeo de la lámpara fluorescente se puede sincronizar con la velocidad de giro de las partes móviles de las máquinas, creando la ilusión óptica de que no están funcionando, cuando en realidad se están moviendo.

En las lámparas CFL no se manifiesta ese fenómeno, pues al ser mucho más alta la frecuencia del parpadeo del arco eléctrico en comparación con la velocidad de giro de los motores, nunca llegan a sincronizarse ni a crear efecto estroboscópico.

Desde el mismo momento en que los filamentos de una lámpara CFL se encienden, el calor que producen ionizan el gas inerte que contiene el tubo en su interior, creando un puente de plasma entre los dos filamentos. A través de ese puente se origina un flujo de electrones, que proporcionan las condiciones necesarias para que el balasto electrónico genere una chispa y se encienda un arco eléctrico entre los dos filamentos. En este punto del proceso los filamentos se apagan y se convierten en dos electrodos, cuya misión será la de mantener el arco eléctrico durante todo el tiempo que permanezca encendida la lámpara. El arco eléctrico no es precisamente el que produce directamente la luz en estas lámparas, pero su existencia es fundamental para que se produzca ese fenómeno.

A partir de que los filamentos de la lámpara se apagan, la única misión del arco eléctrico será continuar y mantener el proceso de ionización del gas inerte. De esa forma los iones desprendidos del gas inerte al chocar contra los átomos del vapor de mercurio contenido también dentro de tubo, provocan que los electrones del mercurio se exciten y comiencen a emitir fotones de luz ultravioleta. Dichos fotones, cuya luz no es visible para el ojo humano, al salir despedidos chocan contra las paredes de cristal del tubo recubierto con la capa fluorescente. Este choque de fotones ultravioletas contra la capa fluorescente provoca que los átomos de fluor se exciten también y emitan fotones de luz blanca, que sí son visibles para el ojo humano, haciendo que la lámpara se encienda.

EQUIVALENCIA APROXIMADA DE POTENCIA DE CONSUMO EN WATT ENTRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES CFL DE USO MÁS GENERALIZADO Y LAS INCANDESCENTES COMUNES

Potencia en watt (W) Lámpara CFL	**Flujo luminoso en lúmenes (lm) (CFL)**	**Eficacia en lm/W (CFL)**	**Potencia aproximada en W de una lámpara incandescente**
5	180	36	**25**
7	286	41	**35**
9	400	44	**40**
11	600	55	**60**
18	900	56	**90**
20	1 200	60	**100**

El efecto de la tensión es especialmente importante en lámparas incandescentes. Pruebas de laboratorio indican que la operación a 90% de la tensión nominal reduzca el flujo luminoso en 28 % y la potencia de la lámpara en 16% promedio. En estas condiciones de tensión la temperatura de color se correría de 2800[K] a 2625[K] y la vida se incrementaría casi 4 veces.

2.3.6 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (CFLs)

El constante crecimiento de la popularidad de las lámparas compacto fluorescente (CFL_S) demuestra sus cualidades en aplicaciones de ahorro de energía y larga vida al sustituir a las lámparas incandescentes convencionales. Las CFL_S consumen solamente entre una tercera y una cuarta parte de la energía consumida por las incandescentes, teniendo además una vida 10 veces superior. Por ejemplo, una CFL de 13 watts (que consume 17 watts con todo y su balastro) su vida promedio se ubica debajo de las 1000 horas.

Las CFL_S están disponibles en una amplia gama de temperaturas de color, desde 2700 [K] hasta 5000 [K]. Tienen generalmente un alto rendimiento de color y las hay en una amplia variedad de tamaños, formas y potencias.

Actualmente hay tres sistemas típicos:

- **Sistemas Integrales**. Son conjuntos autobalastrados de una sola pieza, que contienen un adaptador, una lámpara y un balastro.
- **Sistemas Modulares**. También son conjuntos autobalastrados que contienen un adaptador del tipo incandescente, un balastro, un portalámparas y una lámpara reemplazable.
- **Sistemas Dedicados**. Se componen de un balastro, un socket para lámpara fluorescente alambrados como parte de un luminario para CFL_S. Mientras los sistemas integrales y los modulares se diseñan para instalarse en los sockets de base media existentes en los luminarios para lámparas incandescentes, los dedicados son generalmente componentes especiales suministrados como parte de los luminarios específicos para CFL_S.

Los sistemas modulares y los integrales son especialmente recomendables para remodelación, mientras que los dedicados se recomiendan para construcciones nuevas.

Los tipos de lámparas son los que se encuentran disponibles actualmente a través de los fabricantes más importantes.

- Lámparas de tubo sencillo con doble alfiler y diámetro de media pulgada (T4) con arrancador integrado en la base. Operan con balastro económico tipo electromagnético de circuito serie. Las hay de potencias de 5 a 13 watts y se encuentran disponibles tanto para sistemas modulares como dedicados.
- Lámparas de doble tubo gemelo (llamadas Quad) con y diámetro T4 o tubo gemelo integrado en la base. Estas lámparas producen más luz que las de tubo gemelo sencillo y están disponibles en potencias hasta 27 watts. Se aplican en todos los sistemas de CFL_S.
- Lámparas de doble tubo gemelo con cuatro alfileres y diámetro T4 ó T5. Gracias al número de alfileres no requiere de arrancador en la base. Estas lámparas están diseñadas para usarse principalmente con balastros electrónicos. Las T5 de mayor potencia (hasta 55 watts) usan bases

2G11 aunque por sus características en ocasiones se consideran como lámparas fluorescentes estándar.

Las CFL_S para sistemas integrales generalmente son de tubo gemelo doble o sencillo operadas con balastro que pueden ser electromagnético o electrónico y adaptador con base atornillable. En algunos casos pueden incluir un reflector con diseño óptico avanzado aunque son más comunes lo modelos que incluyen un difusor envolvente.

Las CFL_S son lámparas de descarga en gas que requieren de un balastro para arrancar y operar adecuadamente. Todos los balastros consumen cierta cantidad de energía que debe siempre considerarse cuando se determina la eficacia de un sistema.

Tanto los sistemas modulares como los integrales combinan un balastro para la instalación directa en los luminarios para lámparas incandescentes. Todas las otras CFL_S están diseñadas para operar con un balastro externo que debe ser específico para cada tipo de lámpara y potencia. Las opciones de balastros para CFL_S son las siguientes:

- BALASTROS TIPO SERIE CON FACTOR DE POTENCIA NORMAL. Estos balastros son comunes en las lámparas pequeñas de dos alfileres. Tienen generalmente factor de potencia muy bajo (0.45 para 127), por lo que es importante calcular cuidadosamente la carga real de los circuitos cuando se diseña el sistema eléctrico.
- BALASTROS TIPO SERIE DE ALTO FACTOR DE POTENCIA. También diseñados para lámparas pequeñas de precalentamiento, estos tienen capacitores para elevar el factor de potencia a 0.9 mínimo. Son más caros y más grandes que los de bajo factor, pero permiten reducir los costos de los circuitos de alimentación.
- BALASTROS ELECTROMAGNÉTICOS AHORRADORES DE ENERGÍA. Las lámparas de mayor potencia diseñadas para bases 2G11 de 4 alfileres pueden generalmente operar con balastros similares a los usados con las lámparas fluorescentes estándar. La mayor parte son del tipo ahorradores de energía y cumplen con las normas americanas de balastros.
- BALASTROS PARA VARIAR LA POTENCIA DE LAS LÁMPARAS (DIMMEABLES). Las lámparas de 4 alfileres sin arrancador pueden usarse tanto con un balastro electromagnético variable que incluya una caja de control en pared, como por un dimmer (variador) electrónico o un balastro variable. Se recomienda consultar la información técnica de los fabricantes.
- BALASTROS ELECTRÓNICOS. Existen muchos productos integrales disponibles actualmente que combinan una lámpara de tubo gemelo doble o sencillo con un balastro electrónico. Esta combinación elimina el parpadeo indeseable que se presenta durante el arranque en las CFL_S con arrancador integrado en la base.

Además de los sistemas integrales con balastro electrónico, actualmente muchos fabricantes ofrecen luminarios para CFL_S con balastros electrónicos en lugar de electromagnéticos, ofreciendo las siguientes ventajas:
La eficacia del sistema (dada en lúmenes por watt incluyendo las pérdidas del balastro) es en promedio 20% mayor con un balastro electrónico. Bajo condiciones de prueba a 25°C la eficacia de una CFL balastrada electrónicamente se encuentra entre 50 y 70lúmenes por watt, a diferencia de una CFL balastrada electrónicamente que produce entre 40 y 55 lúmenes por watt.

- El tiempo de arranque de una CFL operada electrónicamente es menor de un segundo, mientras que con un balastro electromagnético puede llegar hasta 4 segundos.
- El balastro electrónico reduce notablemente el flicker.
- Los balastros electrónicos generalmente operan mucho más silenciosamente que los electromagnéticos.
- Los balastros electrónicos son mucho más ligeros que los electromagnéticos y pueden fabricarse en tamaños reducidos.

Una desventaja importante de los balastros electrónicos para CFL_S es su alto precio. Esto se debe en parte a que hay pocos balastros electrónicos en los sistemas modulares en donde la lámpara puede reemplazarse independientemente del balastro. Los diseños electrónicos integrales requieren que el balastro se reemplace junto con la lámpara. Adicionalmente, muchos de los productos disponibles actualmente presentan un alto porcentaje de distorsión armónica total. La mayoría de los balastros electromagnéticos para CFL_S producen una distorsión entre 15% y 25%. La distorsión de casi todos los balastros para CFL_S es mucho más alta debido a la distorsión de la forma de onda de la corriente. La distorsión de la onda senoidal también se asocia con una reducción en el factor de potencia. Un punto importante es la presencia de terceras armónicas (180 HZ), ya que pueden causar sobrecalentamiento en el neutro de los sistemas trifásicos. Este problema generalmente no es grave cuando se instalan CFL_S gracias a que la carga total con estas lámparas por lo general no es muy grande.
Se dispone actualmente de sistemas integrales de CFL_S con balastros electrónicos con alto factor de potencia y baja distorsión. Sin embargo, debido a que estos productos son de mayor tamaño, a que producen una mayor radio interferencia y a que son más costosos su desarrollo se ha visto limitado.

En general, la potencia de las CFL_S no pueden controlarse usando equipo convencional de dimmeo (variador). Si se usa un variador convencional para incandescentes en su sistema integral de CFL, especialmente los que usan balastro electrónico, se puede causar un incendio. Sin embargo, ya hay actualmente sistemas variadores que pueden o no incluir sensores de presencia y luz natural.

La vida de cualquier lámpara fluorescente se ve afectada por el número de veces que sea encendida y apagada durante su vida. La vida nominal de las fluorescentes que aparece en catálogos de los fabricantes está basada en periodos de 3 horas de encendido. Si estos periodos se reducen la vida de la lámpara se acorta. Sin embargo, con la tecnología desarrollada con los balastros electrónicos modernos

los fabricantes incluyen circuitos que optimizan la secuencia de encendido (llamada “arranque suave”) y así se mantiene la vida nominal de la lámpara aún cuando los periodos de encendido se acorten.
También requieren especial atención los productos para control electrónico. Los dispositivos instalados en pared como apagadores de tacto, relojes y sensores de presencia pueden no ser compatibles con la mayoría de CFL_S. Esta incompatibilidad se debe casi siempre al uso de interruptores de estado sólido (triacs) en lugar de interruptores en aire o relevadores. Una corriente pequeña constante (insuficiente para encender una lámpara incandescente) pasa a través de la carga cuando el control está en la posición de “apagado”. En balastros electromagnéticos para CFL_S ésta corriente causa calentamiento continuo de los electrodos e interno constante de arranque, lo que reduce la vida de la lámpara, Cuando se aplica con balastros electrónicos, el propio balastro puede eliminar esta pequeña corriente, lo que causa que el control sea inoperable.

Las dos condiciones ambientales que afectan significativamente el funcionamiento de la CFL_S son la temperatura ambiente y la orientación o posición de la lámpara. Para cada lámpara tipo específico de lámpara debe considerare la información del fabricante, ya que existen diferencias en el funcionamiento de acuerdo con la forma y potencia de la lámpara.

En la mayoría de los casos las CFL_S pueden ser utilizadas en las áreas que fueron originalmente diseñadas con lámparas incandescentes. Estas áreas pueden ser con luminarios empotrados, para baños de pared, iluminación suplementaria de escritorios, candelabros, esquineros, aparadores, proyectos de tipo residencial y comercial y en muchas aplicaciones más. En la mayor parte de los casos, las CFL_S producen de tres a cuatro veces más luz que las incandescentes de la misma potencia. Por ejemplo, una CFL de 13 watts produce aproximadamente la misma luz que algunos tipos de incandescentes de 40 a 60 watts.

La sustitución de incandescentes por medio de CFL_S le ofrece importantes ahorros económicos al usuario. Ofrecen ahorros por la reducción de consumo de energía, por el reemplazo de menos lámparas, por la reducción de carga térmica en lugares con aire acondicionado y ahorros en mantenimiento en general que permiten en conjunto recuperar rápidamente la inversión inicial y proporcionar constantes ahorros en la operación.

En potencias reducidas, otros tipos de pequeñas lámparas fluorescentes como las circulares no pueden ofrecer los beneficios de las CFL_S, como por ejemplo las múltiples opciones de color, las prácticas bases portalámparas y el alto rendimiento de color. En muchas aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes pequeñas como las usadas en lámparas de escritorio o de corredor, las CFL_S son más efectivas. También, la alta calidad del rendimiento de color de una CFL se mantiene constante independientemente del reemplazo. En la siguiente figura se resume información sobre las opciones de color y otras características de las CFL_S.

Temperatura de Color	CRI Nominal	Equivalente
2700 K	82	Blanco Cálido, Incandescente, Sodio Blanco
3000 K	85	Blanco Cálido, Incandescente, halógeno, otras lámparas Fluorescentes y HID de 3000 K.
2500 K	85	Halógeno y otras Lámparas Fluorescentes de 3500 K.
4100 K	85	Blanco frío, Aditivos Metálicos, otras Lámparas Fluorescentes y de HID.
5000 K	85	C/D50 y todas las otras Lámparas HID y fluorescentes de alta TCC.

Sin duda, las CFL_S son excelentes opciones para muchas necesidades comerciales y residenciales, pero su principal desventaja cuando se intenta usarlas en remodelaciones es su tamaño. El conjunto lámpara-balastro es más grande que las incandescentes que produce el mismo flujo luminoso por lo que no siempre puede adaptarse a los luminarios incandescentes existentes. Por ejemplo, en luminarios empotrados en techo, las CFL_S muchas veces sobresalen del luminario y del propio techo, por lo que causan problemas estéticos y de deslumbramiento. También la base y el contenedor del balastro de una CFL es más grande y de diferente forma que una incandescente estándar. Esto provoca que en ocasiones el reflector del luminario no permita instalar el adaptador en el socket. Por estas razones, los especialistas tratan de seleccionar CFL_S de una configuración adecuada. Muchos de los fabricantes de CFL_S facilitan muestras de modelos reales o productos a escala para que el fabricante del luminario asegure la compatibilidad física antes de promover sus productos.

La iluminación comercial representa la mejor aplicación para las CFL_S. Los luminarios pueden incorporarse fácilmente a los diseños de iluminación proporcionando ventajas estéticas y energéticas. Actualmente es posible realizar un diseño de primer nivel usando CFL_S en lugar de la mayor parte de las incandescentes. En el diseño de la iluminación de oficinas no todos los luminarios incandescentes tienen una versión similar con CFL_S. Sin embargo, las oficinas y otros tipos de espacios comerciales e institucionales se verán estéticos y operarán eficientemente usando luminarios apropiados con CFL_S. La iluminación con incandescentes debe restringirse para ciertas aplicaciones, como aquellas áreas en donde se requiera una variación muy amplia que sólo puede lograrse con estas lámparas.

Los fabricantes de lámparas acostumbran crear su propia nomenclatura para tener mayor penetración en el mercado, pero estos nombres a veces dificultan la posibilidad de manejar una especificación genérica. Afortunadamente, la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de EEUU (NEMA) ha desarrollado un sistema genérico de designación para CFL_S. En todos los casos el especificador ya puede relacionar fácilmente el producto deseado con el código NEMA. El código consiste de los siguientes elementos:

CF + (Forma) + (Watts) + (Designación de la base)

La forma puede ser “T” para tubo gemelo sencillo, “Q” para tipo Quad o tubo gemelo doble, “S” para forma cuadrada o “M” para cualquier configuración que no esté cubierta por las anteriores. Por otro lado, las designaciones para la base sí aparecen en los catálogos de los propios fabricantes. Usando el código de designación de NEMA, una lámpara de 13 watts con tubo gemelo sencillo T4 se designa como:

CFT13W/GX23

Una lámpara de 26 watts T4 tipo Quad de dos alfileres se designa como:

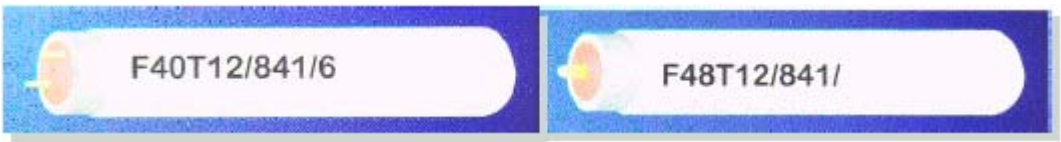
CFQ26W/G24d

Al usar la información es importante tomar en cuenta que los fabricantes de sistemas modulares con CFL_S generalmente proporcionan la salida de luz del sistema lámpara balastro del mismo valor que el flujo luminoso nominal dado por el fabricante de la lámpara. En la práctica, los lúmenes de los sistemas modulares son menores que los nominales de las lámparas debido a que el factor de balastro (una medida de cada balastro en particular respecto a la eficiencia) es menor del 100%. Al usar las tablas, los lúmenes nominales de lámpara deben multiplicarse por el factor de balastro para obtener los lúmenes reales. Si no se considera el factor de balastro, el sistema proporcionará un nivel de iluminancia menor a lo esperado. Otros factores de corrección corresponden a la temperatura de operación y a la posición real en la práctica.

La forma de interpretar el código que se aparece en la lámpara es la siguiente:

Código FO96T8/841	**Código FBO31T8/835**
❖ **F** Fluorescente ❖ **O** Octic (versión ahorradora) ❖ **96** Para Al (longitud en pulgadas) ❖ **T8** Tubular y diámetro del tubo en octavos de pulgada (8/8 = 1 pulgada de diámetro) ❖ **8** índice de rendimiento de color ❖ **41** 4100 Temperatura de color (ºK)	❖ **F** Fluorescente ❖ **B** Tipo “U” ❖ **O** Octic (ahorradora) ❖ **31** En AR (potencia en W) ❖ **T8** Tubular y diámetro del tubo en octavos de pulgada (8/8= 1 pulgada de diámetro) ❖ **8** índice de rendimiento de color ❖ **35** 3500 Temperatura de color (ºK)

Ejemplo de códigos de lámparas fluorescentes



2.4 LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)

Las lámparas de vapor de aditivos metálicos y las de vapor de sodio en alta presión son las más populares dentro de la familia de lámparas conocidas como de alta intensidad de descarga. Aunque existen otros tipos de lámparas como la popular de vapor de mercurio en alta presión debido a su baja eficacia y bajo rendimiento de color.

Al igual que las fluorescentes, las lámparas de HID requieren de un balastro que les suministre los voltajes y corrientes de arranque y operación requeridos para su correcto funcionamiento. Todas las lámparas de HID constan de un "tubo de arco" en el cual se efectúa la descarga eléctrica a muy alta temperatura y presión. Este tubo de arco es relativamente pequeño permitiendo que la lámpara pueda ser considerada como puntual con lo que adicionalmente los luminarios pueden ser compactos y eficientes.

Identificación de las lámparas de HID



Mediante el código de la lámpara se obtienen las características técnicas de la lámpara:

- ✓ La forma del bulbo
- ✓ La forma del tubo de arco
- ✓ El color de la luz
- ✓ El fosforado del bulbo

2.4.1 LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS (VAM)

Las lámparas de aditivos metálicos se desarrollaron en 1965 para iluminación industrial y exterior. En sus casi 30 años de existencia la tecnología ha avanzado a tal grado que actualmente existe un modelo para casi todas las aplicaciones. Las potencias van desde 32 hasta 1500 watts con diversas formas de bulbos y bases.

La mayor parte de las lámparas de VAM requieren de luminarios cerrados para proteger al usuario de una posible ruptura del bulbo, porque aunque no es frecuente, se han tenido casos en que las lámparas de VAM han estallado. En su mayoría, este problema se ha presentado con lámparas viejas que han operado ininterrumpidamente durante mucho tiempo, afectando principalmente el desempeño térmico del luminario. Existen sin embargo algunos tipos de lámparas que pueden usarse en luminarios abiertos, empleando gases que funcionan como aislamiento entre los gases normales en el tubo de descarga y el interior del bulbo. Este tipo de lámpara es especialmente útil para lámparas en posición vertical, porque

muchos luminarios empotrados en instalaciones de bahía alta se les da mantenimiento usando pértigas; las lámparas normales de VAM no permiten este tipo de mantenimiento. La mayor parte de los luminarios abiertos para lámparas de VAM están diseñados para operar las lámparas en posición universal o vertical, aunque se reduce la producción de lúmenes si se compara con la lámpara estándar equivalente.

Entre los inconvenientes de este tipo de lámparas se encuentran el largo tiempo de estabilización y el mayor tiempo de reencendido. Aún una interrupción momentánea de energía eléctrica puede producir de 10 a 15 minutos de interrupción en el sistema de iluminación, lo cual
puede resultar de alto riesgo. Por tal razón, actualmente se encuentran disponibles lámparas de VAM de reencendido inmediato. Debido al manejo de tensiones de hasta 30000 volts necesarias para reencender la lámpara caliente, el balastro, el socket y todo el conjunto deben tener un diseño y manejo especial. Estas lámparas se fabrican actualmente en potencias grandes, desde 175 hasta 1650 watts.

Una aplicación relativamente reciente y muy interesante se puede lograr con las lámparas reflectoras tipo reflector y reflector parabólico, que aprovechan las ventajas de las lámparas de VAM al mismo tiempo que se tiene un buen control de la luz. Estas lámparas incluyen su propio reflector y se fabrican actualmente en potencias reducidas. Actualmente las lámparas con reflector están reemplazando en muchas aplicaciones a las tradicionales e ineficientes incandescentes. La PAR38 es una lámpara especialmente importante porque puede usarse sin la necesidad de un cristal protector. Gracias a esta característica es posible especificarla para **rieles**, aparadores y aplicaciones comerciales de diverso tipo. El hecho de no requerir la cubierta de cristal facilita también el mantenimiento.

En las lámparas con reflector si requieren de cristal protector, pero representan de cualquier forma una alternativa económica para aparadores, principalmente. Las de mayores potencias como la PAR56 y la PAR64 sí requieren luminarios cerrados, pero por su forma, tamaño compacto, alta producción de lúmenes y alta eficacia son una excelente alternativa, sobre todo en luminarios empotrados, en **rieles** y en muchos casos de alturas de montaje grandes. Hay que mencionar que la mayor parte de las lámparas de VAM reflectoras viven menos que las lámparas estándar de potencia equivalente.

2.4.2 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESIÓN.

Las lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP) se introdujeron en el mercado en 1968 para aplicaciones industriales, exteriores y de seguridad, con gran eficacia. Muy poco tiempo después empezaron a usarse para alumbrado público y hoy en día es la lámpara que domina ampliamente el mercado mundial en esta aplicación. Es actualmente la lámpara de luz policromática más eficaz con un rendimiento de color bajo, por lo que sus aplicaciones están en aquellas que no requieren de una alta discriminación de color. A diferencia de las lámparas de aditivos metálicos las de VSAP no tiene electrodos de arranque. Gracias a los circuitos de arranque electrónicos del balastro, los períodos de

calentamiento y reencendido son mucho más cortos que en las lámparas de aditivos metálicos. A diferencia de las de VAM, no necesitan
de luminarios cerrados, excepto para prevenir que se acumule la humedad en ellas. Además, la virtual insensibilidad de las lámparas de VSAP a la posición de operación se traduce en un menor número de tipos de lámpara, comparada con el de aditivos metálicos.

La temperatura de color correlacionada de la lámparas de VSAP es muy estable. A pesar de que las lámparas de lujo tienen un rendimiento de color relativamente alto para la tecnología del sodio (65), su temperatura de color de 2100-2200 [K] no es muy diferente a la de las lámparas normales (1900-2100) [K]. Todas las lámparas de sodio (excepto las de sodio blanco) tienen un color rosa-dorado. Este tipo de lámparas se fabrican en diferentes potencias. Sus eficacias (70 a 120 lm/W, incluyendo balastro) aumentan conforme crece su potencia. Se espera que pronto se disponga comercialmente de balastros electrónicos para este tipo de lámparas, con lo que se aumentaría aún más la eficacia del sistema.

Debe notarse que el período de calentamiento de la lámpara permanecerá en el momento de la interrupción de energía eléctrica, sin embargo la lámpara no tendrá que enfriarse para que el segundo arco entre en operación. Este tipo de lámparas son especialmente aplicables para alumbrado público y estacionamientos. En condiciones normales de operación, alternan el uso de los dos tubos de descarga. Esto puede duplicar la vida de la lámpara, auque la vida no ha sido comprobada aún y el valor publicado por los fabricantes no refleja este aumento.

Las lámparas de VSAP se fabrican también en los tipos PAR y R siendo muy útiles para luminarios de uso exterior. Sin embargo, el pobre rendimiento de color de estas lámparas limita su uso a iluminación industrial, de seguridad y de iluminación general. Al igual que las lámparas de VAM, se fabrican lámparas de VSAP de doble contacto. Este tipo de lámparas fue diseñado para aprovechar los luminarios para aditivos metálicos. La lámpara de doble contacto ofrece un producción luminosa comparable a las normales, una vida mayor y un mantenimiento de lúmenes de mejores características, aunque actualmente todavía no es muy común su uso.

En términos de temperatura de color e índice de rendimiento de color se puede resumir lo siguiente:

- **Lámparas de Aditivos Metálicos.** La mayor parte de las lámparas de VAM tienen una temperatura de color correlacionada intermedia o neutral, con un rango entre 3500-4300 [K], aunque se tienen recientes desarrollos con apariencia más cálida que operan entre 2700-3200[K]. El índice de rendimiento de color fluctúa generalmente entre 65 y 70, pero existen algunos desarrollos muy recientes que alcanzan entre 93 y 96.
- **Lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión.** Las lámparas de VSAP presentan típicamente un color rosa-dorado o champage con temperatura de color de 1900-2100 [K] con un índice de rendimiento de color relativamente pobre de 25, pero cuando el bulbo es fosforado el índice de rendimiento de color puede aumentar hasta 65. Para el caso de sodio blanco la temperatura de

color es de 2500-2800 [K] con índice de rendimiento de color superior a 75. Tanto es el caso de bulbo fosforado como en el de sodio blanco la eficacia es menor que en la lámpara estándar de bulbo claro.

2.4.3 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESIÓN

Es la lámpara más eficiente del mercado, alcanzando los 183 lm/W. Su radicación es monocromática y muy cercana al punto de máxima sensibilidad del ojo humano; el índice de rendimiento de color es nulo ó 0 para fines prácticos. Se fabrican en potencias que van desde 18 hasta 180 [W]. Algunos de sus inconvenientes son sus grandes dimensiones, lo que obliga al uso de luminarios voluminosos con difícil control de luz. Aunque el mantenimiento de lúmenes es casi prácticamente perfecto, la potencia del conjunto lámpara-balastro se incrementa en la medida en que la lámpara envejece, lo que hay que tomar en cuenta al dimensionar los circuitos eléctricos.

2.5 BALASTROS

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso requieren de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si ésta corriente no se controla seguirá incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama BALASTRO.

De acuerdo con las normas nacionales, un balastro “es un dispositivo que, por medio de inductancias o resistencias solas o en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su operación correcta y también cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámpara fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos.”

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Para lámparas fluorescentes
- Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID)
- Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID)

También se pueden clasificar de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo o normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor (mayor de 0.9).

El balastro en general tiene como funciones:

1) Proporcionar la tensión o tensiones de encendido y operación de la lámpara.
2) Limitar la corriente de operación de la lámpara.
3) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.

4) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor de potencia corregido y alto factor).
5) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.
6) En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro.
7) En circuitos de lámparas incandescentes elipsoidales proveer un calentamiento continuo a los filamento de la lámpara.

2.5.1 BALATROS PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES

Se pueden clasificar por su construcción, principio de funcionamiento y desempeño:

Electromagnéticos	Baja energía Convencionales Alta eficiencia
Híbridos	Cortador de filamentos Ayuda de arranque
Electrónicos	Discretos Integrados

Los ***electromagnéticos*** se dividen en tres grandes categorías de acuerdo con su encendido:

a) Encendido Precalentado (EP).

1) Reactor serie.
2) Autotransformador de alta reactancia para una lámpara.
3) Autotransformador para dos lámparas

Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico.

b) Encendido Instantáneo (EI).

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por este razón los balastros de encendido instantáneo son de mayor tamaño aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores (con lo cual se reduce el mantenimiento). Se usan tres tipos de circuitos principalmente:

1) Autotrasformador para lámpara.
2) Secuencia serie.
3) Adelantado-atrasado.

c) Encendido rápido

En este sistema de balastros se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de encendió instantáneo porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplica una tensión de tal manera que se inicie el arco. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque. Los circuitos más usados para este encendido son:

1) Autotransformador para lámpara.
2) Autotransformador para dos lámparas (secuencia serie).

2.5.2 BALASTROS HÍBRIDOS PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES.

En general se puede decir que los balastros híbridos son aquellos que combinan un conjunto núcleo-bobinas, con un dispositivo de estado sólido. Existen dos tipos principalmente:

1) **CON AYUDA DE ARRANQUE.** Son balastros de lámpara incandescentes elipsoidales que no proveen calentamiento continuo a los cátodos. El encendido se logra por medio de una tensión transitoria proporcionada por el dispositivo de estado sólido, similar al de las lámparas de VSAP. Con esto se logra reducir la potencia de línea sin disminución apreciable de la emisión luminosa. Se requiere de un cuidadoso diseño para evitar disminuir la vida de las lámparas.

2) **CON CORTADO DE FILAMENTOS.** Son balastros de lámparas incandescentes elipsoidales que proveen durante el arranque de un calentamiento normal a los filamentos. Una vez encendida y estabilizada la lámpara el dispositivo de estado sólido reduce gradualmente el calentamiento hasta eliminarlo por completo. Con esto se abate notablemente la potencia de línea sin una disminución apreciable de emisión luminosa ni de vida de lámpara.

2.5.3 BALASTROS ELECTROMAGNÉTICOS AHORRADORES DE ENERGÍA.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual que ellos, pero generalmente tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que puedan vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

2.5.4 BALASTROS ELECTRÓNICOS PARA LÁMPARSA FLUORESCENTES.

Son balastros de estado sólido que pueden ser discretos o integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a mejorar la eficacia de las lámparas. Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el parpadeo. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable. A su vez, los de potencia variable puede tener dos o tres escalones definidos o bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

2.5.5 BALASTROS PARA LÁMPARAS DE HID

Estos balastros operan a las lámparas de Vapor de Mercurio en lata Presión (VMAP), de Vapor de Aditivos Metálicos (VAM) y de vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP), aunque en esta categoría suele incluirse a las lámparas de vapor de sodio en Baja Presión (VSBP) que estrictamente pertenecen a las lámparas de Baja Intensidad de Descarga (LID). Los balastros para lámparas de HID se diseñan y fabrican con una clasificación térmica mayor que la de los balastros fluorescentes (típicamente clase H ó 180°C aunque los hay también clase C ó 200°C) y con núcleos magnéticos de materiales que soportan densidades típicas de saturación magnética (1.7 a 1.85 Teslas). Además, como su aplicación es predominante en exteriores se diseñan para ser más resistentes al medio ambiente.

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente entro de la carcaza de un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo o por medio de los herrajes soldados al propio balastro. Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se alojan el conjunto núcleo-bobinas, el capacitor y en su caso el ignitor. Los de tipo de bote se usan para montaje exterior remoto. Puede instalarse en la punta o sobre las caras de los postes o también en la base.

2.5.6 BALASTROS DE BAJAS PERDIDAS PARA LÁMPARAS DE HID.

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de lámparas de alta intensidad de descarga de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38 % menos. Tienen además las siguientes ventajas:

1) Operan a una temperatura considerablemente menor que los normales.
2) Tienen una vida útil mayor.
3) Mantienen la potencia de lámpara en sus rangos nominales.
4) Generalmente ostentas el Sello FIDE.

Las acciones para ahorrar energía eléctrica en los sistemas eléctricos se justifican a través de los beneficios recibidos por el usuario, la compañía suministradora y el país. El ahorro potencial por concepto de iluminación es en general muy grande, pero debe tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía. Se considera ahorro la disminución en el consumo de energía eléctrica siempre y cuando no se disminuya la calidad de vida del usuario. Es importante señalar que el sistema de iluminación interactúa con el resto de los equipos eléctricos dentro del sistema de distribución, por lo que al hacer cualquier modificación en el diseño original repercutirá en el consumo de energía, la demanda, la factura eléctrica y en todos los sistemas y equipos instalados, desde el transformador hasta el punto terminal de la instalación.

3. TEORIA DE LA ILUMINACIÓN

Considero importante mencionar algunos conceptos de la teoría de la iluminación.

- Flujo luminoso

Es la potencia [W] que es emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es el Φ y su unidad es el lumen [lm].

- Lumen

Es la unidad de flujo luminoso. También es una radiación monocromática de 540THz, equivalente a 1/683 watts.

- Intensidad Luminosa

Es una medida en una prueba fotométrica para describir la intensidad de la luz emitida por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad es la candela (cd).

- Iluminancia

Es la densidad de flujo luminosos en una superficie determinada. Su símbolo es E y su unidad es el lux (lumen por metro cuadrado).

- Luminancia

Es el cociente de la intensidad luminosa en una dirección dada. Su símbolo es L y su unidad es (candela/m^2).

- Eficacia luminosa

Es la relación entre la luz emitida por una fuente de luz y la po6tencia eléctrica demandada, dad en lúmenes por watt (lm/w).

Las acciones para ahorrar energía eléctrica en los sistemas eléctricos se justifican a través de los beneficios recibidos por el usuario, la compañía suministradora y el país. El ahorro potencial por concepto de iluminación es en general muy grande, pero debe tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía. Se considera ahorro la disminución en el consumo de energía eléctrica siempre y cuando no se disminuya la calidad de vida del usuario. Es importante señalar que el sistema de iluminación interactúa con el resto de los equipos eléctricos dentro del sistema de distribución, por lo que al hacer cualquier modificación en el diseño original repercutirá en el consumo de energía, la demanda, la factura eléctrica y en todos los sistemas y equipos instalados, desde el transformador hasta el punto terminal de la instalación.

3. TEORIA DE LA ILUMINACIÓN

Considero importante mencionar algunos conceptos de la teoría de la iluminación.

- Flujo luminoso

Es la potencia [W] que es emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es el Φ y su unidad es el lumen [lm].

- Lumen

Es la unidad de flujo luminoso. También es una radiación monocromática de 540THz, equivalente a 1/683 watts.

- Intensidad Luminosa

Es una medida en una prueba fotométrica para describir la intensidad de la luz emitida por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad es la candela (cd).

- Iluminancia

Es la densidad de flujo luminosos en una superficie determinada. Su símbolo es E y su unidad es el lux (lumen por metro cuadrado).

- Luminancia

Es el cociente de la intensidad luminosa en una dirección dada. Su símbolo es L y su unidad es (candela/m^2).

- Eficacia luminosa

Es la relación entre la luz emitida por una fuente de luz y la po6tencia eléctrica demandada, dad en lúmenes por watt (lm/w).

- Cantidad de Luz

Flujo luminoso que es capaz de dar una lámpara según la luz que emite durante un cierto periodo de tiempo. Su símbolo es Q y su unidad es lumen por segundo (lm*s).

- Luminario

Es un equipo que consiste de una lámpara o lámparas con componentes diseñados para distribuir la luz, sostener y proteger la (s) lámparas.

- Fotométrico

Es una prueba fotométrica, mide la calidad y la dirección de la luz emitida por una luminaria.

- Plano de trabajo

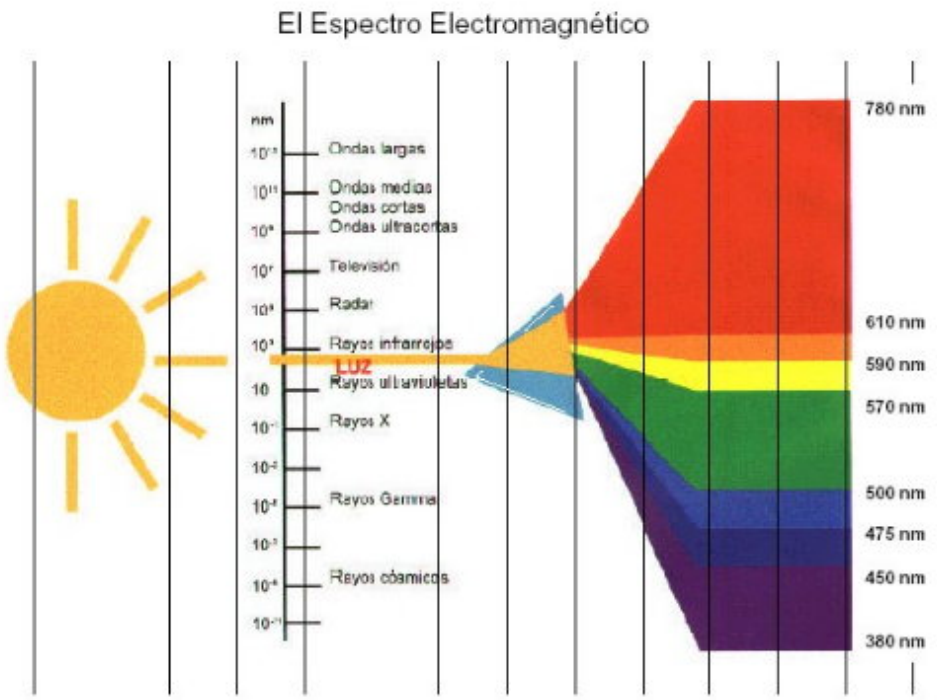
Es la superficie horizontal en donde se realizan las tareas visuales.

Buena parte de las actividades humanas se realizan en el interior de edificios con una iluminación natural, a menudo insuficiente. Por ello es necesario la presencia de una iluminación artificial que garantice el desarrollo de estas actividades. La iluminación de interiores es un campo muy amplio que abarca todos los aspectos de nuestras vidas desde el ámbito doméstico al del trabajo o el comercio.

3.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El universo se encuentra rodeado por Ondas Electromagnéticas de diversas longitudes. La luz es la porción de este espectro que estimula la retina del ojo humano permitiendo de esta manera la percepción de los colores. Esta región de las ondas electromagnéticas se llama Espectro Visible y ocupa una banda muy estrecha de este espectro.

Cuando la luz es separada en sus diversas longitudes de onda componentes es llamada Espectro. Si se hace pasar la luz por un prisma de vidrio transparente, produce un espectro formado por los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul, índigo y violeta. Este fenómeno es causado por las diferencias de sus longitudes de onda. El rojo es la longitud del onda más larga y el violeta la más corta. El ojo humano percibe estas diferentes longitudes de onda como Colores.



3.2 EL ESPECTRO VISIBLE

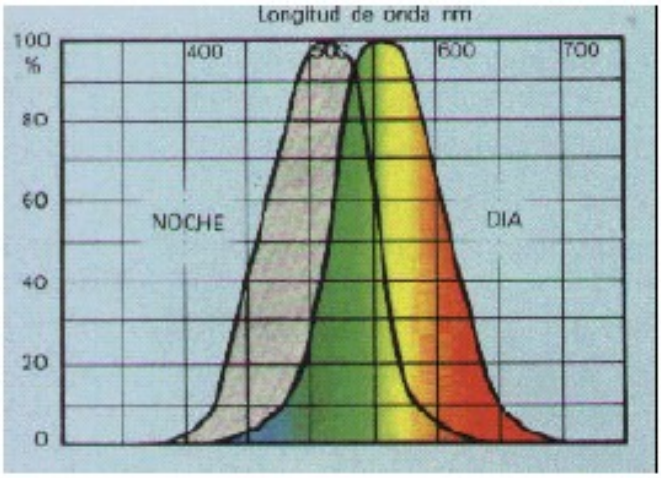
El espectro visible para el ojo humano es aquel que vá desde los 380nm de longitud de onda para el color violeta hasta los 780 nm para el color rojo. Fuera de estos límites, el ojo no percibe ninguna clase de radiación.



Espectro Visible

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “curva de sensibilidad del ojo” ó “curva Vl “.

Visión Escotópica



Visión Fotópica

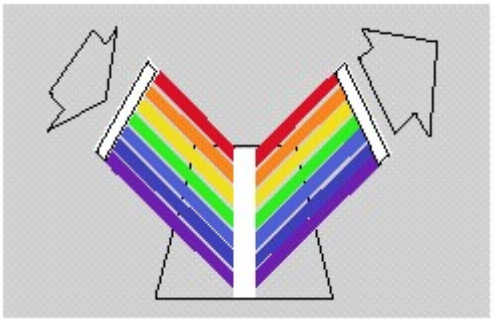
Curva Vl y efecto Purkinje

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina “visión fotópica” (actúan ambos sensores de la retina: los conos, fundamentalmente sensibles al color y los bastoncillos, sensibles a la luz).
En el crepúsculo y la noche, (“visión escotópica”) se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva Vl hacia las longitudes de onda más bajas, quedando sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo.

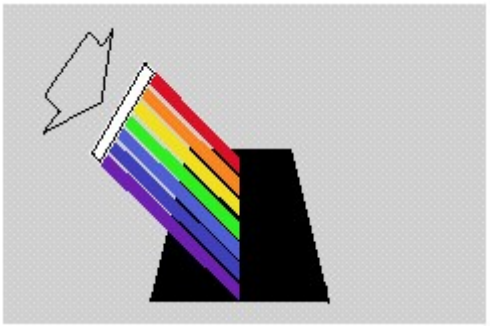
Es de suma importancia el tener en cuenta estos efectos cuando se trabaje con bajas iluminancias. Además considero importante volver a mencionar como el ojo humano no percibe con la misma intensidad a todos los colores del espectro visible.

Rendimiento de color

Se dice que un objeto es rojo porque refleja las radiaciones luminosas rojas y absorbe todos los demás colores del espectro. Esto es válido si la fuente luminosa produce la suficiente cantidad de radiaciones en la zona roja del espectro visible. Por lo tanto, para que una fuente de luz sea considerada como de buen “rendimiento de color”, debe emitir todos los colores del espectro visible. Si falta uno de ellos, este no podrá ser reflejado.



Reflexión total de la luz blanca



Absorción total de la luz blanca

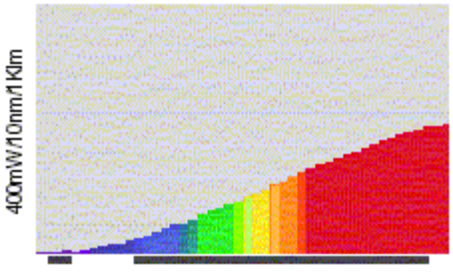
Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el "Índice de rendimiento de color (IRC).

Los gráficos de distribución espectral:

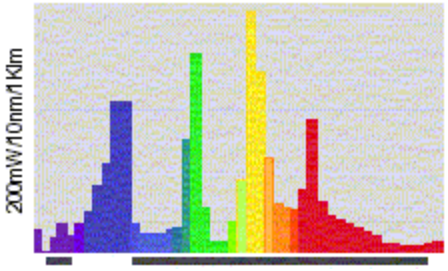
Estos "gráficos o curvas de distribución espectral" nos permiten tener una rápida apreciación de las características de color de una determinada fuente.

En base a este criterio se clasifican las fuentes de luz artificial. Con esto podemos decir que una lámpara tiene un índice de rendimiento de color óptimo si el IRC está comprendido entre 85 y 100, bueno si está entre 70 y 85 y regular si se encuentra entre 50 y 70.
Se debe tener en cuenta que dos fuentes pueden tener el mismo IRC y distinta "Temperatura de color".
Es evidente que un objeto rojo se verá más brillante bajo 2800 K que bajo 7500 K.

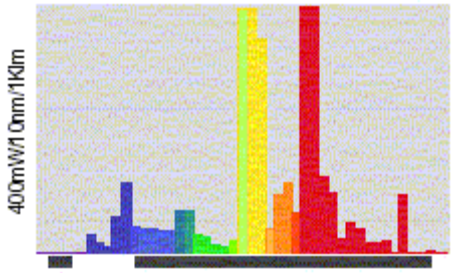
Gráficos de distribución espectral de diversas lámparas



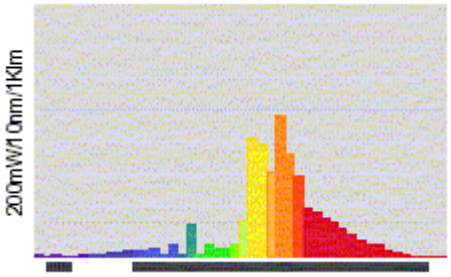
Lámpara incandescente



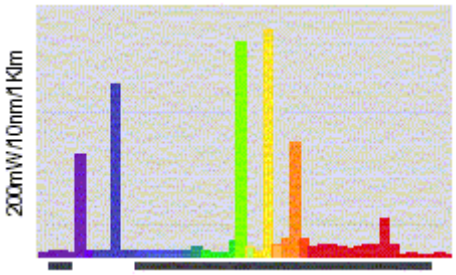
Lámpara a vapor de mercurio halogenado



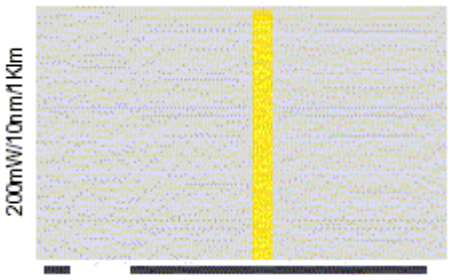
Lámpara fluorescente trifosforo cálida



Lámpara a vapor de sodio de alta presión



Lámpara a vapor de mercurio
color corregido



Lámpara a vapor de sodio de baja presión

Estos gráficos nos permiten tener una idea de la respuesta de color que se obtendrá con una determinada fuente.

3.3 MÉTODOS DE CÁLCULO

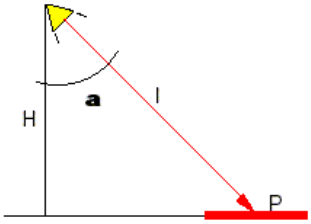
Cálculo de iluminación de interiores:

Existen varios métodos para calcular el nivel medio de iluminación en interiores:

El método Punto por Punto:

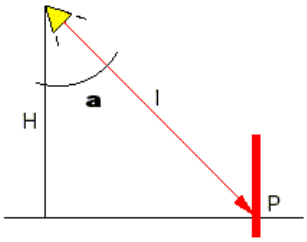
El "Método punto por punto" se basa en la cantidad real de luz que se produce en un "punto" del area iluminada.

Para aplicar este método, se deberá conocer la forma en que la luminaria distribuye el flujo luminoso que emite la fuente de luz ("Curva de distribución luminosa") y verificar que se cumpla la "Ley de la inversa de los cuadrados". Las fórmulas para el cálculo del nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal ó vertical, son básicamente las que se han visto al tratar la "Ley del coseno".



En el plano horizontal

$$Eph = \frac{I}{H^2} \times \cos^3 a$$



En el plano vertical

$$Epv = \frac{I}{H^2} \times \cos^2 a \times \text{sen } a$$

Donde:

Eph = Nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en Lux)
Epv = Nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en lux)
I = Intensidad luminosa en una dirección dada (en candelas)
H = Altura de montaje de la luminaria normal al plano horizontal que contiene al punto
a = Angulo formado por el rayo de luz y la vertical que pasa por la luminaria

Este método nos permite determinar la iluminancia en un punto específico del espacio.

El método de las cavidades Zonales

Este método, como su nombre lo indica, divide a la zona en cavidades individuales: la cavidad cielorraso, la cavidad local y la cavidad piso. Esta forma de analizar por separado el comportamiento de los tres sectores más importantes del volumen total de una zona a iluminar, confiere a los cálculos realizados por este método una mayor precisión.

Para calcular el nivel medio de iluminación que se registra en una determinada zona se deberá aplicar la siguiente fórmula:

$$Em = \frac{Ft \times cu \times fm}{S}$$

Donde:

Em= Nivel medio de iluminación sobre el plano de trabajo (en Lux)
Ft= Flujo luminoso total instalado en el local (en Lúmenes)
cu= Coeficiente de utilización de la instalación
fm= Factor de mantenimiento ó depreciación de la instalación
S= Superficie total de local (m²)

Para poder establecer los niveles de iluminación adecuados en los diferentes lugares donde es necesario realizar actividades humanas, se debe de tomar en consideración ciertos aspectos que proporcionen situaciones favorables para desempañar dichas actividades.

Dentro de los aspectos que se deben de considerar se encuentran:

- *Intensidad*
- *Dirección*
- *Color*
- *Movimiento*
- *Visibilidad*
- *Deslumbramiento*
- *Confort*
- *Seguridad*
- *Variedad*

Intensidad

El ojo y cerebro interactúan de tal manera que su rango de adaptabilidad a las variaciones de iluminación es muy amplio. Esto resulta en una percepción subjetiva de la brillantez de un objeto. Por ejemplo, la percepción de una iluminación brillante deja de sentirse como tal una vez que el individuo se ha adaptado a ese nivel de brillantez. Lo mismo ocurre donde hay una baja brillantez. También, esto ocurre cuando hay un contraste alto entre los niveles de brillantez de un objeto y sus alrededores. Sin embargo, en casos donde hay cambios frecuentes, contrastes o intensidades extremas se causa fatiga visual. Por esta razón, se recomiendan rangos de iluminación y uniformidad para el desempeño de tareas especificas.

Dirección

La luz puede ser suave o fuerte, y provenir de una infinidad de ángulos. La calidad de la luz puede depender de donde viene. Una iluminación uniforme dará luz suave con un mínimo de sombras y contrastes. Por el otro lado, una luz fuerte puede resultar en zonas con iluminación concentrada y concentraciones marcadas de sombras y contraste.

El ángulo de luz que incide en un objeto puede cambiar la percepción del mismo. Una luz frontal, a la altura de una cara hará que pierda sus detalles y se vea aplanada. Si se mueve esta fuente de luz para que ilumine la misma cara desde abajo, esta adquiere un aspecto fantasmagórico. Un ejemplo mas sería cuando la luz incide con un ángulo mayor al ángulo critico del material, haciendo que la luz se refleje de manera similar al reflejo del sol al atardecer.

Color

Debido a que la evolución de nuestra especie tomo lugar bajo el sol, la sensibilidad del ojo humano coincide en gran medida con el espectro de la luz solar. A esto se debe que el ojo sea tan sensible al amarillo verdoso. En si, el color de los objetos no reside en éstos sino en la interacción del ojo y el cerebro. Es por esta razón que el estudio del color siempre ha sido un área tan compleja. Cada individuo tiene una percepción ligeramente distinta del color, sin embargo existen ciertos valores culturales que han sido asignados a los distintos colores.

El diseñador tiene que considerar este aspecto de la percepción subjetiva del color. También se puede manipular la interacción de las propiedades del objeto con relación al espectro de una fuente de luz. Un color puede verse distinto bajo varios tipos de luz distintas. Esta es particularmente importante en la iluminación de mercancía. La percepción de color, se puede distorsionar según la fuente de luz. Un ejemplo extremo ocurre en la percepción de colores bajo la luz monocromática de una lámpara de sodio de baja presión.

Movimiento

El movimiento resulta cuando existe una alteración de las otras tres características descritas (intensidad, dirección y color). La luz varia naturalmente a través del día (luz solar). Pero también hay otras fuentes de luz que pueden influir la percepción de movimiento. Por ejemplo los faros de un vehículo producen contribuciones variables en la iluminación a su alrededor.

Es importante controlar los cambios excesivos de intensidad ya que resultan en fatiga visual. Se puede controlar con precisión las fuentes de luz, su localización, su método de control, ángulo e intensidades de la iluminación a fin de lograr un ambiente visual óptimo.

Visibilidad

La visibilidad de un objeto depende de su tamaño, luminancia (una medida objetiva de brillantez), contraste, tiempo de observación y la habilidad del observador para ver. El tamaño de un objeto depende de la distancia entre este y el observador. El contraste resulta por la diferencia de iluminación entre el objeto y su contexto. La sensibilidad al contraste depende de la diferencia de luz percibida entre el objeto y su fondo con relación al valor del umbral de percepción. El valor del umbral disminuye entre mas grande es un objeto, con el tiempo de adaptación del ojo a las condiciones de iluminación (cuando el nivel de luminancia es menor a la del fondo o viceversa). El umbral aumenta con la edad del observador y en casos de deslumbramiento extremoso. El deslumbramiento extremo resulta en que el ojo tarda varios segundos para volver a una visibilidad similar a la que había antes del deslumbramiento extremo.

Deslumbramiento

Un factor normalmente ignorado es el deslumbramiento, el cual puede causar desde molestias hasta la perdida temporal de la visibilidad. Cuando se controla el deslumbramiento de manera satisfactoria, también se logra reducir la luz desperdiciada, por lo tanto mejorando la eficacia de la instalación y aumentar la visibilidad del observador.

Una causa importante del deslumbramiento ocurre cuando la luminancia directa de la fuente es mayor a la luminancia de su entorno. Entre mayores son las diferencias de luminancia de la fuente (por ejemplo, un foco sin pantalla) y el fondo, mayor dificultad tiene el individuo para recuperar su capacidad visual anterior al deslumbramiento. Si se logra reducir el deslumbramiento, se logra reducir la confusión visual y de esta manera se logra un ambiente mas seguro y agradable para las personas.

Confort

Se debe adecuar la iluminación al tipo de la tarea, su duración, las edades de los observadores y los tipos de objetos a iluminar, a fin de diseñar una instalación adecuada. Cada instalación debe proveer un nivel y uniformidad acordes a los requerimientos ya descritos. También debe satisfacer que la calidad de la luz sea adecuada, que los ángulos de incidencia y las fuentes de luz no sean molestos y que la variedad no sea excesiva.

Es importante considerar el confort del usuario a fin de evitarle fatiga visual, tensión, disminución de productividad y en casos extremos, accidentes.

Variedad

A fin de asegurar la seguridad de los observadores, es necesario aumentar uniformidad de la instalación sin por eso acabar con un diseño de poco interés. A fin de mantener el interés de usuario y crear un sentido de ambientación se utiliza el control de la intensidad, dirección, color y movimiento de la iluminación.

Al diseñar una instalación de alumbrado interior, se debe considerar varios factores tales como la seguridad y el bienestar de los usuarios por un lado y por el otro factores tales como costos iniciales y en uso (consumos eléctrico, mantenimiento, etc).

El diseño de una instalación eléctrica también de debe considerar aspectos tales come la visibilidad, eficiencia, confort, variedad y color.

3.4 NIVEL DE ILUMINACIÓN

Basándonos en la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS-1999**, nos indica lo referente a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener todos los centros de trabajo.

En esta norma se establecieron las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal manera que los trabajadores no corran riesgo al realizar sus actividades laborales.

La siguiente Tabla nos nuestra los niveles mínimos de iluminación.

TABLA 1

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

Como se puede notar en la tabla anterior podemos estimar que en nuestro caso para el Instituto Nacional de Antropología e Historia, la iluminación mínima necesaria para este inmueble es de 300 luxes.

Con esta introducción entramos de lleno en la elaboración de nuestro estudio energético con la finalidad de reducir los costos en la facturación eléctrica y obtener los beneficios que genera el ahorro de energía eléctrica, este diagnóstico energético en el **Instituto Nacional de Antropología e Historia**, tiene como objetivo caracterizar el uso de la energía eléctrica en las diferentes zonas del edificio, además de identificar y cuantificar el consumo. Durante el diagnóstico se analizaron los sistemas de iluminación de este inmueble y se identificaron importantes posibilidades de ahorro, que se derivan de las siguientes medidas descritas en la siguiente información.

4. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL INAH.

Es importante observar que la demanda de energía eléctrica cada día va en aumento y que es indispensable analizar las principales ventajas que se pueden tener con un estudio de los equipos de iluminación en inmuebles de tipo oficina, para llevar a cabo un ahorro energético a mediano y largo plazo basándonos en el mejoramiento de los equipos y así obtener una mayor eficiencia con el mínimo de energía requerida, ya que actualmente la mayoría de la gente no tiene una cultura de ahorro de energía eléctrica

Al realizar el estudio de iluminación en el inmueble de tipo oficina administrativa vamos a obtener como resultado un mejor uso de la energía eléctrica ya que al reemplazar los equipos de iluminación por una mejor tecnología se estará aumentando la eficiencia del sistema lo cual nos lleva también a una inversión económica la cual se recuperara en un tiempo relativamente corto (**2 años aprox. En el caso estudiado**), esto se dará ya que la suma de dinero a pagar por la energía eléctrica a la compañía suministradora se verá reducida de manera considerable, pero lo más importante es crear en la gente que trabaja en el inmueble la cultura de ahorro de energía, ya que después de haberse hecho el estudio y sustituido los equipos de iluminación viejos por unos mas modernos esto no garantiza el ahorro de energía si la gente mantiene todo el día y la noche las luces encendidas, por lo tanto este estudio deberá ir acompañado de la racionalización del uso de la iluminación.

4.1 ANTECEDENTES

La creación del Instituto Nacional de Antropología e Historia en el tercer decenio del siglo XX mexicano, fue un hecho que marcó nuestra historia cultural. A partir de entonces, el INAH conformó, en gran medida, la visión del patrimonio cultural del país, aportó signos y significados que de modo incesante reformularon el horizonte del mundo mexicano y generó un proceso de valoración sistemática de los bienes culturales, que hoy día constituye una de las mejores defensas de nuestra soberanía.

Puede afirmarse que la fundación del instituto fue un parte aguas en lo relativo a la forma de abordar y entender nuestra historia y sus múltiples testimonios. Sin duda, desde entonces, ha sido una institución

Con esta introducción entramos de lleno en la elaboración de nuestro estudio energético con la finalidad de reducir los costos en la facturación eléctrica y obtener los beneficios que genera el ahorro de energía eléctrica, este diagnóstico energético en el **Instituto Nacional de Antropología e Historia**, tiene como objetivo caracterizar el uso de la energía eléctrica en las diferentes zonas del edificio, además de identificar y cuantificar el consumo. Durante el diagnóstico se analizaron los sistemas de iluminación de este inmueble y se identificaron importantes posibilidades de ahorro, que se derivan de las siguientes medidas descritas en la siguiente información.

4. MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL INAH.

Es importante observar que la demanda de energía eléctrica cada día va en aumento y que es indispensable analizar las principales ventajas que se pueden tener con un estudio de los equipos de iluminación en inmuebles de tipo oficina, para llevar a cabo un ahorro energético a mediano y largo plazo basándonos en el mejoramiento de los equipos y así obtener una mayor eficiencia con el mínimo de energía requerida, ya que actualmente la mayoría de la gente no tiene una cultura de ahorro de energía eléctrica

Al realizar el estudio de iluminación en el inmueble de tipo oficina administrativa vamos a obtener como resultado un mejor uso de la energía eléctrica ya que al reemplazar los equipos de iluminación por una mejor tecnología se estará aumentando la eficiencia del sistema lo cual nos lleva también a una inversión económica la cual se recuperara en un tiempo relativamente corto (**2 años aprox. En el caso estudiado**), esto se dará ya que la suma de dinero a pagar por la energía eléctrica a la compañía suministradora se verá reducida de manera considerable, pero lo más importante es crear en la gente que trabaja en el inmueble la cultura de ahorro de energía, ya que después de haberse hecho el estudio y sustituido los equipos de iluminación viejos por unos mas modernos esto no garantiza el ahorro de energía si la gente mantiene todo el día y la noche las luces encendidas, por lo tanto este estudio deberá ir acompañado de la racionalización del uso de la iluminación.

4.1 ANTECEDENTES

La creación del Instituto Nacional de Antropología e Historia en el tercer decenio del siglo XX mexicano, fue un hecho que marcó nuestra historia cultural. A partir de entonces, el INAH conformó, en gran medida, la visión del patrimonio cultural del país, aportó signos y significados que de modo incesante reformularon el horizonte del mundo mexicano y generó un proceso de valoración sistemática de los bienes culturales, que hoy día constituye una de las mejores defensas de nuestra soberanía.

Puede afirmarse que la fundación del instituto fue un parte aguas en lo relativo a la forma de abordar y entender nuestra historia y sus múltiples testimonios. Sin duda, desde entonces, ha sido una institución

que constituye una fuente de inspiración para diversos organismos públicos y privados nacionales e internacionales.

Durante más de 60 años el INAH ha dado numerosas pruebas de su valioso quehacer institucional y arraigo social, así como de su profunda vocación federalista, que es el resultado de las experiencias históricas de nuestro país; ha ampliado el universo material y conceptual del patrimonio cultural, y ha estimulado con su actuación sistemática el reconocimiento propio de una sociedad compleja y diversa que tiende múltiples puentes con su pasado.

Los cambios producto del tiempo y la acción humana, han transformado paulatinamente al instituto y han obligado de modo permanente a estar atentos tanto a su sentido fundacional como a su espíritu académico presente en el corazón de los principios educativos y culturales de México. Esta doble vertiente obliga a una permanente adaptación de mecanismos para mantener su vigencia y, al mismo tiempo, garantizar su proyección hacia el futuro.

Durante el primer semestre de 2001 se realizó un conjunto de diagnósticos y consultas, tanto dentro como fuera de nuestra comunidad, con el propósito de integrar un plan de trabajo que comprendiera, en tiempos de cambio para México, los requerimientos propios de la investigación, preservación y difusión de nuestro patrimonio cultural, así como las demandas crecientes de diferentes sectores de la sociedad interesados en la arqueología, la historia y las disciplinas antropológicas. La preocupación común fue ubicar al patrimonio cultural, justamente valorado y protegido, en el centro de las políticas públicas de desarrollo.

Como parte de toda esta actualización del Instituto Nacional de Antropología e Historia este Inmueble fue elegido para hacer un estudio de ahorro de energía debido a que este instituto presenta una alto consumo de energía eléctrica y por lo tanto un pago muy elevado en cuanto al costo por kilowatt/hora con respecto a otros inmuebles; consideramos además que este tipo de oficina vale la pena realizar un estudio energético para que se pueda llevar acabo una inversión económica y que esto se traduzca en considerables beneficios para la sociedad mexicana.

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 su consumo de energía, acción que alivia en buena medida las presiones y los riesgos tanto de tipo económico como 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. Respecto a las segundas, a los riesgos de tipo ecológico, el uso racional de la energía evita que se quemen innecesariamente combustibles, cuyas emanaciones impactan negativamente sobre el medio ambiente.

En México el órgano rector en materia de ahorro y uso eficiente de la energía es, desde 1989, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), por delegación de facultades de la Secretaría de Energía. A partir 1996, la CONAE ha desarrollado programas de alcance nacional, cuyo objeto es detectar potenciales de ahorro de energía en los inmuebles del sector público e instrumentar medidas para aprovecharlos.

Experiencias previas de esta misma Comisión habían demostrado que una de las áreas de oportunidad más importantes era la relacionada con la iluminación.

Así, el programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal esta orientado fundamentalmente a aplicar diagnósticos energéticos profundos en los consumos que, por concepto de iluminación, registraban los edificios estudiados, incorporando en sus acciones a los propios operadores de los inmuebles, después de lo cual la CONAE sugiere medidas para aprovechar los potenciales de ahorro y funge como aval técnico ante la banca de desarrollo en caso de que la dependencia en cuestión no cuente con los recursos para implementar dichas medidas.

Los resultados 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, si se combinan las medidas operacionales y las tecnológicas, así como el cumplimiento con los horarios de trabajo. Se estima, asimismo, que dejarían de emitirse a la atmósfera varios miles de toneladas de contaminantes. Fruto también de este programa ha sido la capacitación de cientos de operadores de inmuebles del sector público, quienes se encargan del seguimiento permanente de los nuevos consumos, del mantenimiento y de la operación de los equipos ahorradores instalados como parte de las medidas adoptadas para el aprovechamiento de los potenciales. Cien Edificios Públicos y el programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal han sido, dado su éxito, cimiento de programas más ambiciosos y de mayor alcance, como lo es el Modulo de Iluminación en Inmuebles.

4.2 DATOS BÁSICOS DEL INMUEBLE

La captura de los datos están incluidos en el *Anexo (formato 1).*

En este Anexo 1 se presentan 5 secciones:

a. Edificio
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 el formato:

- Fecha

El levantamiento de los datos se realizó el 08 de Octubre de 2004

a. Edificio

- *Nombre y dirección del Inmueble*

Inmueble:

INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

Dirección:

Calle: Córdoba # 43,45 y 47
Colonia: Roma
Ciudad: Distrito Federal
Código Postal: 06700
Estado: Distrito Federal
Delegación: Cuauhtémoc

- *Uso del Inmueble*

El uso del inmueble es de tipo oficina y el edificio es propio.

- *Descripción*

Este Inmueble es un edificio antiguo.

b. Construcción

- *Identificación del edificio*

Para llevar un control sobre este edificio, se le va a asignar la primera letra mayúscula del alfabeto (“A”), por lo tanto se le nombrará al inmueble como Edificio A.

- *Número de niveles*

El edificio del INAH cuenta con 4 niveles, incluyendo el estacionamiento y el mezanin.

- *Área total del edificio*

El área total del edificio es : 2,344 [m^2]
La superficie del terreno es: 1,418 [m^2]
El área por nivel es: 586 [m^2]

c. Horario de trabajo y personal

- *Horario de trabajo.*

El horario normal de trabajo es de 8:00-22:00 hrs.

- *Personal*

El número total de personas que ocupan el inmueble es de 223.

d. Electricidad

- *Tarifa*

La tarifa en la cual se encuentra contratado el servicio eléctrico de este inmueble es: la **Tarifa 03.**

- *Región*

La región correspondiente a la facturación es: la **región Centro**.

- *Capacidad de las plantas de emergencia*

Este edificio cuenta con una planta de emergencia cuya potencia de operación continua es de 100 [kW].

e. Aire acondicionado

El inmueble no cuenta con equipo de aire acondicionado.

4.3 DATOS HISTÓRICOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA

Es importante aclarar que el tipo de tarifa eléctrica a aplicar en los inmuebles depende de la demanda eléctrica máxima registrada en los mismos. Por ello, es necesario el uso de un formato adecuado para el análisis de la información de cada uno de ellos. Ver Anexo (Formato 2).

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

• *Periodo*

Para cada uno de los meses indicados, se anotará el periodo correspondiente a la factura eléctrica, de la siguiente forma:

Periodo	Inicio del periodo	Fin del periodo
	año/ mes /día	*año/ mes /día*
1	03-Ene-01	03-Ene-31
2	03-Feb-01	03-Feb-28
3	03-Mar-01	03-Mar-31
4	03-Abr-01	03-Abr-30
5	03-May-01	03-May-31
6	03-Jun-01	03-Jun-30
7	03-Jul-01	03-Jul-31
8	03-Ago-01	03-Ago-31
9	03-Sep-01	03-Sep-30
10	03-Oct-01	03-Oct-31
11	03-Nov-01	03-Nov-30
12	03-Dic-01	03-Dic-31

• *Parámetros eléctricos y costos*

Aquí se presentan los datos de la demanda eléctrica máxima, consumo eléctrico, factor de potencia y monto de facturación (incluyendo el IVA.).

Periodo	Demanda Máxima [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
1	58	14,580	97.95%	$21,193
2	58	17,700	97.73%	$25,220
3	65	18,900	97.75%	$27,689
4	60	18,200	97.42%	$23,504
5	59	16,140	96.95%	$25,443
6	61	16,260	97.40%	$25,422
7	61	14,520	97.34%	$22,929
8	60	17,700	97.37%	$26,546
9	60	17,340	97.56%	$26,207
10	61	18,000	97.53%	$27,530
11	62	16,920	97.69%	$26,818
12	63	16,440	96.52%	$26,627

Promedio:

Demanda Máxima [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
60	18,205	97.51%	$25,427

Total Anual:

Demanda Máxima [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
728	218,460	-----	$305,128

4.4 ZONIFICACIÓN DEL INMUEBLE

Para llevar acabo la zonificación del inmueble se realizaron los siguientes pasos:

a. Planos arquitectónicos del inmueble

b. Zonificación de las áreas de trabajo

En una copia de los planos arquitectónicos se lleva a cabo la zonificación de las áreas por cada nivel del inmueble, identificando las principales actividades de trabajo, tales como: oficinas, cubículos, salas de juntas, pasillos, baños, etc. Ver Anexo (Formato 3)**,**
Esta actividad servirá 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 siguiente formato, a continuación se describen cada uno de los datos solicitados:

•Nivel

Para identificar mejor cada nivel del edificio se le han asignado 2 distintos dígitos; la letra S y un dígito para sótanos; la letra E y un dígito para estacionamientos, la letra M y un dígito para los mezzanines, PB para planta baja y PH para penthouse, etc. Por ejemplo:

S1, S2, S3, ..., etc. para sótanos
E1, E2, E3, ..., etc. para estacionamientos
01, 02, 03, ..., etc. para pisos rentables

Para el caso del edificio INAH se cuenta con un estacionamiento, un mezanin y tres pisos, por lo tanto la asignación de estas áreas quedaron como:

E1 : Estacionamiento 1
M1 : Mezanin 1
P1 : Piso 1
P2 : Piso 2
P3 : Piso 3

•Zona

Sobre los planos arquitectónicos se debe llevar a cabo la zonificación, obedeciendo el criterio de operación del inmueble es decir, se identificarán las áreas de: oficinas, pasillos, áreas generales, salas de lectura, etc., las cuales están codificadas con dos dígitos, (01, 02, 03, etc.), y así sucesivamente para cada nivel.

En el formato se indicará el número asignado en los planos. Ejemplo:
A E1 04 se refiere al edificio A, estacionamiento uno, zona cuatro (escaleras)
A PB 01 se refiere al edificio A, planta baja, zona uno (recepción)
A 03 12 se refiere al edificio A, tercer nivel, zona doce (oficinas privadas)

•Superficie

Aquí se presentan los datos referentes a la superficie de la zona (en metros cuadrados); la cual se determinó con ayuda de los planos arquitectónicos o por medio de una medición directa de la zona.

Edificio	Nivel	Zona	Descripción	Superficie
A	1	1	Recepción	8 [m^2]
A	1	3	Pasillos	5[m^2]
A	1	4	Escaleras	35[m^2]
A	1	5	Baños	26[m^2]
A	1	12	Oficinas Privadas	16[m^2]
A	1	13	Trabajo con PC	291[m^2]
A	1	24	Biblioteca	40[m^2]
A	1	31	Almacén	85[m^2]
A	1	32	Bodega	122[m^2]
A	1	37	Cuarto Eléctrico	13[m^2]
A	1	41	Cocina	7[m^2]
A	1	46	Cuarto de Intendencia	43[m^2]
A	2	4	Escaleras	35[m^2]
A	2	11	Trabajo Casual	78[m^2]
A	2	12	Oficinas Privadas	33[m^2]
A	2	13	Trabajo con PC	271[m^2]
A	2	14	Archivo Activo	49[m^2]
A	2	31	Almacén	34[m^2]
A	2	46	Librería	103[m^2]
A	3	1	Recepción y Registro	56[m^2]
A	3	3	Pasillos	17[m^2]
A	3	4	Escaleras	35[m^2]

A	3	5	Baños	12[m^2]
A	3	11	Trabajo Casual	26[m^2]
A	3	12	Oficinas Privadas	198[m^2]
A	3	13	Trabajo con PC	101[m^2]
A	3	16	Dirección Gral	50[m^2]
A	3	21	Sala de Juntas	71[m^2]
A	3	22	Sala de espera	28[m^2]
A	3	31	Almacén	8[m^2]
A	3	47	Copiadora	15[m^2]
A	4	4	Escaleras	34[m^2]
A	4	5	Baños	15[m^2]
A	4	12	Oficinas Privadas	182[m^2]
A	4	13	Trabajo con PC	268[m^2]
A	4	15	Archivo	10[m^2]
A	4	27	Sala de comando	21[m^2]
A	4	48	Cabina de TV	32[m^2]
A	4	49	Cabina de Radio	26[m^2]

Total: 2,499 [m^2]

4.5 CENSO DE ALUMBRADO

En el llenado de este formato. Ver anexo (Formato F4) es punto central del levantamiento de datos, incluso del diagnóstico energético, es el censo de equipos de alumbrado. De ello depende que las estimaciones de los potenciales de ahorro de energía estén bien sustentadas.

Para la captura de la información se consideraron los siguientes aspectos:

- *Localización de equipos (edificio, nivel y zona)*

Con base en la zonificación realizada previamente en los planos arquitectónicos, se realizará la localización de los luminarios. En el censo de equipos de alumbrado la zonificación de áreas (edificio, nivel y zona), se llena de manera automática con las indicadas en el Formato 3.

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

- *Código de equipos*

La codificación es la forma de identificar con claves el equipo de alumbrado. Cada fabricante tiene sus propias claves para designar sus equipos. A fin de evitar el uso de códigos específicos de algún

fabricante, con la ayuda de la CONAE en la herramienta de recopilación de información se ha designado una codificación especifica para los equipos de alumbrado que relaciona la información técnica de éstos.

A continuación se presentan datos para cada uno de los tipos de lámparas que se encuentre en el inmueble:

Datos requeridos por tipo de lámpara

Tipo de lámpara	*Datos requeridos*
Familia Incandescente	
Incandescente convencional	*potencia de la lámpara*
Reflector incandescente	*potencia y bulbo de la lámpara*
Lámpara de tungsteno halógeno / iodo cuarzo	*potencia de la lámpara*
Reflector halógeno	*potencia de la lámpara y tipo de bulbo*
Lámpara halógena de bajo voltaje / dicroica	*potencia, grado de apertura del haz*
Familia de Alta Intensidad de Descarga (HID)	
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 y posición de la lámpara*
Luz mixta	*potencia de la lámpara*
Familia Fluorescente	
Compacta fluorescente	*potencia, tipo de lámpara y tipo de balastro*
Lámpara fluorescente tubular	*potencia, tipo de arranque de la lámpara, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastros por luminario*
Lámpara fluorescente circular	*potencia de la lámpara*
Lámpara fluorescente en U	*potencia de la lámpara, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastros por luminario*
Lámpara fluorescente alta emisión	*potencia de la lámpara, número de lámparas por luminario y número de balastros por luminario*
Lámpara fluorescente muy alta emisión	*potencia de la lámpara, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastros por luminario*

• *Descripción del equipo*

Al integrar el código de equipo, se pone a continuación la descripción del equipo.

• *Potencia unitaria (W)*

Al igual que la descripción del equipo, la potencia unitaria del equipo deberá de estar registra.

• *Cantidad*

Se anotará el número de equipos instalados dentro de la zona

• *Operación en demanda máxima (Sí/No)*

El periodo de demanda máxima de energía en un inmueble de oficinas ocurre cuando la mayor cantidad de equipos de alumbrado y de aire acondicionado se encuentran operando, esto ocurre normalmente entre las 09:00 y las 20:00 horas.

Se deberá identificar a los equipos de alumbrado que permanecen encendidos en este horario por un periodo de seis horas o mas con la letra “S”, y una “N” a los que operen menos tiempo.

• *Tiempo de uso de lunes a viernes (h/d)*

Anotar el tiempo de uso promedio de lunes a viernes, en horas/día, del equipo de alumbrado de cada zona

• *Tiempo de uso en sábado (h/d)*

Anotar el número de horas promedio, del sábado, en que el equipo de alumbrado de cada zona esta operando

• *Tiempo de uso en domingo (h/d)*

Anotar el número de horas promedio, del domingo, en que el equipo de alumbrado de cada zona esta operando

Una vez capturada la información solicitada en los cinco formatos (incluyendo el formato de comentarios y sugerencias), se procede al siguiente punto el cual es el análisis de la información.

4.6 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez que se ha finalizado con el levantamiento de datos, se procede a realizar el análisis de la información; por lo tanto, la etapa de análisis de la información es la forma mediante la cual se verifica la información capturada en los formatos establecidos en el levantamiento de datos.

Para determinar que los datos son confiables, se realiza un cruce de información capturada en los formatos, llamados filtros; comparando datos de un formato con los datos de otro; éstos deben coincidir o en su caso ser semejantes.

A continuación se presentan los filtros que se tomaron en cuenta:

a) La superficie total construida de los datos básicos del inmueble (formato F1) debe coincidir con los metros cuadrados totales de la zonificación (Formato 3), la tolerancia es +- 5%.
b) La Demanda eléctrica facturada debe ser superior a la demanda censada por los equipos de alumbrado de 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 que la identificación de los equipos de alumbrado fue incorrecta.

c) Con la zonificación de áreas (Formato 3) se verificará que el censo del equipo de alumbrado (formato 4) no muestre más áreas y/o zonas de las que realmente se marcaron.

Además se realiza una comparación de los índices energéticos actuales que presenta el inmueble con o los identificados con una base de datos proporcionada por la CONAE; en caso de no existir una aproximación aceptable, la información capturada se revisará con mayor detalle.

Una vez que se terminó con el levantamiento de los datos, se procede al análisis de la información, que servirá de cierta manera para corroborar y verificar la información que se capturó respecto al levantamiento de datos.

Para determinar que los datos e información obtenida son confiables; realizaremos un cruce de información, para confirmar que no exista algún dato erróneo; este procedimiento será como un filtro de información el cual tiene como objetivo comparar los datos básicos del inmueble, los datos de facturación eléctrica, la zonificación de áreas y el censo de los equipos de alumbrado; así éstos datos deberán coincidir o en su caso ser similares.

A continuación se presentan los principales filtros que se llevarán acabo:

a) La superficie total construida de los datos básicos del inmueble deberá coincidir con los metros cuadrados totales de la zonificación de áreas.

Filtro a)

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS					INAH
Edificio	*Nivel*	*Zona*	*Descripción*	*Superficie [m^2]*	*Observaciones*
A	1	01	*RECEPCIÓN Y REGISTRO*	**7.86**	
A	1	03	*PASILLO*	**4.680**	
A	1	04	*ESCALERAS*	**34.782**	
A	1	05	*BAÑOS*	**26.412**	
A	1	12	*OFICINA PRIVADA*	**15.781**	
A	1	13	*OFICINA TRABAJO CON PC*	**291.039**	
A	1	24	*BIBLIOTECA*	**39.676**	PAPELERÍA
A	1	31	*BODEGA*	**84.677**	MATERIAL VARIOS
A	1	32	*BODEGA*	**121.993**	
A	1	36	*PLANTA DE EMERGENCIA*	**13.136**	
A	1	41	*COCINA*	**6.615**	
A	1	46	*CUARTO DE INTENDENCIA*	**43.0804**	
			TOTAL [m^2]	**689.731**	

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS					INAH
Edificio	*Nivel*	*Zona*	*Descripción*	*Superficie [m^2]*	*Observaciones*
A	2	04	*ESCALERAS*	**34.780**	
A	2	11	*TRABAJO CASUAL*	**77.803**	ASESORÍAS
A	2	12	*OFICINA PRIVADA*	**32.723**	
A	2	13	*OFICINA TRABAJO CON PC*	**270.81**	
A	2	14	*ARCHIVO ACTIVO*	**48.786**	
A	2	31	*BODEGA*	**33.970**	PAPELERÍA
A	2	46	*LIBRERÍA*	**102.951**	
			TOTAL [m^2]	**601.823**	

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS					INAH
Edificio	*Nivel*	*Zona*	*Descripción*	*Superficie [m^2]*	*Observaciones*
A	3	01	*RECEPCIÓN Y REGISTRO*	**55.798**	
A	3	03	*PASILLO*	**16.937**	
A	3	04	*ESCALERAS*	**34.780**	
A	3	05	*BAÑOS*	**12.467**	
A	3	11	*TRABAJO CASUAL*	**25.533**	ASESORIAS
A	3	12	*OFICINA PRIVADA*	**198.424**	
A	3	13	*TRABAJO CON PC*	**100.97**	
A	3	16	*DIRECCIÓN GENERAL*	**50.025**	
A	3	21	*SALA DE JUNTAS*	**70.793**	
A	3	22	*SALA DE ESPERA*	**28.400**	
A	3	31	*BODEGA*	**8.305**	PAPELERÍA
A	3	47	*CENTRO DE COPIADO*	**15.437**	
			TOTAL [m^2]	**617.869**	

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS					INAH
Edificio	*Nivel*	*Zona*	*Descripción*	*Superficie [m^2]*	*Observaciones*
A	4	04	*ESCALERAS*	**33.518**	
A	4	05	*BAÑOS*	**15.087**	
A	4	12	*OFICINA PRIVADA*	**182.157**	
A	4	13	*OFICINA TRABAJO CON PC*	**268.230**	
A	4	15	*ARCHIVO*	**10.445**	
A	4	27	*SALA DE VIDEO*	**21.414**	
A	4	48	*CABINA DE TV*	**32.071**	
A	4	49	*CABINA DE RADIO*	**25.92**	
			TOTAL [m^2]	**588.842**	

Realizando el proceso de los filtros:

a) La superficie total construida de los datos básicos del inmueble deberá coincidir con los metros cuadrados totales de la zonificación de áreas.

Área Total = **2498.2712 [m^2]**

Área $_{NIVEL\ 1}$ = 689.731 [m^2]
Área $_{NIVEL\ 2}$ = 601.823 [m^2] Área Total de los 4 Niveles = **2498.2654 [m^2]**
Área $_{NIVEL\ 3}$ = 617.869 [m^2]
Área $_{NIVEL\ 4}$ = 588.842 [m^2]

Como podemos observar no existe un error significativo, por lo que podemos dar por aprobado el filtro a).

b) La demanda eléctrica facturada debe ser superior a la demanda censada por los equipos de alumbrado; en caso de que la demanda censada por los equipos resultará mayor, existe la posibilidad de haber anotado más lámparas de las existentes o que no se identificaron correctamente los equipos de alumbrado.

Presento enseguida las siguientes tablas las cuales contiene información respecto al equipo de iluminación de todo el edificio, con esto vamos a obtener los datos requeridos para el análisis de la facturación eléctrica y del censo de los equipos de alumbrado, como son: la capacidad de equipos instaladas, capacidad instalada, potencia demandada, consumo mensual, densidad de potencia eléctrica, etc.

CENSO DE EQUIPOS DE ALUMBRADO								**INAH**
EDIFICIO	***NIVEL***	***ZONA***	***CÓDIGO DEL EQUIPO***	***DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO***	***POTENCIA [W]***	***CANTIDAD DE EQUIPOS***	***OPER. EN Dmax S/N***	***TIEMPO DE USO PROMEDIO [horas/día] L-V***
A	**1**	01	**A-19**	INCAN	**75**	2	**S**	8
A	**1**	03	**T-12**	LFC	**39**	2	**S**	8
A	**1**	04	**T-12**	LFC	**39**	4	**S**	8
A	**1**	04	**A-19**	INCAN	**75**	4	**S**	8
A	**1**	05	**A-19**	INCAN	**75**	10	**S**	8
A	**1**	12	**T-12**	LFC	**75**	2	**S**	8
A	**1**	13	**T-12**	LFC	**21**	68	**S**	8
A	**1**	13	**T-12**	LFC	**40**	6	**S**	8
A	**1**	13	**T-12**	LFC	**55**	2	**S**	8
A	**1**	13	**T-12**	LFC	**75**	4	**S**	8
A	**1**	13	**A-19**	INCAN	**75**	6	**S**	8

A	**1**	24	**T-12**	LFC	**75**	4	**S**	8
A	**1**	31	**T-12**	LFC	**21**	8	**S**	8
A	**1**	31	**A-19**	INCAN	**75**	3	**S**	8
A	**1**	31	**T-12**	LFC	**55**	6	**S**	8
A	**1**	31	**T-12**	LFC	**39**	2	**S**	8
A	**1**	32	**T-12**	LFC	**75**	8	**S**	8
A	**1**	32	**T-12**	LFC	**39**	5	**S**	8
A	**1**	36	**T-12**	LFC	**40**	4	**S**	8
A	**1**	41	**T-12**	LFC	**21**	4	**S**	8
A	**1**	46	**T-12**	LFC	**40**	2	**S**	8
A	**1**	46	**T-12**	LFC	**74**	4	**S**	8
A	**1**	46	**A-19**	INCAN	**75**	1	**S**	8
					POTENCIA TOTAL	**6703 [W]**		

CENSO DE EQUIPOS DE ALUMBRADO								**INAH**
EDIFICIO	***NIVEL***	***ZONA***	***CÓDIGO DEL EQUIPO***	***DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO***	***POTENCIA [W]***	***CANTIDAD DE EQUIPOS***	***OPER. EN Dmax S/N***	***TIEMPO DE USO PROMEDIO [horas/día] L-V***
A	**2**	04	**A-19**	INCAN	**75**	7	**S**	8
A	**2**	04	**A-19**	INCAN	**40**	6	**S**	8
A	**2**	11	**T-12**	LFC	**21**	48	**S**	8
A	**2**	12	**T-12**	LFC	**21**	24	**S**	8
A	**2**	13	**T-12**	LFC	**21**	212	**S**	8
A	**2**	13	**A-19**	INCAN	**40**	16	**S**	8
A	**2**	13	**A-19**	INCAN	**75**	2	**S**	8
A	**2**	13	**A-19**	INCAN	**25**	12	**S**	8
A	**2**	13	**A-19**	INCAN	**100**	1	**S**	8
A	**2**	14	**T-12**	LFC	**21**	28	**S**	8
A	**2**	31	**T-12**	LFC	**21**	24	**S**	8
A	**2**	46	**A-19**	INCAN	**40**	15	**S**	8
A	**2**	46	**A-19**	INCAN	**50**	37	**S**	8
A	**2**	46	**T-12**	LFC	**21**	26	**S**	8
					POTENCIA TOTAL	**12007 [W]**		

CENSO DE EQUIPOS DE ALUMBRADO								INAH
EDIFICIO	***NIVEL***	***ZONA***	***CÓDIGO DEL EQUIPO***	***DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO***	***POTENCIA [W]***	***CANTIDAD DE EQUIPOS***	***OPER. EN Dmax S/N***	***TIEMPO DE USO PROMEDIO [horas/día] L-V***
A	**3**	01	**A-19**	INCAN	**25**	6	**S**	8
A	**3**	01	**A-19**	INCAN	**40**	6	**S**	8
A	**3**	03	**A-19**	INCAN	**25**	8	**S**	8
A	**3**	04	**A-19**	INCAN	**75**	3	**S**	8
A	**3**	04	**A-19**	INCAN	**40**	12	**S**	8
A	**3**	05	**A-19**	INCAN	**75**	12	**S**	8
A	**3**	11	**A-19**	INCAN	**40**	6	**S**	8
A	**3**	12	**T-12**	LFC	**21**	64	**S**	8
A	**3**	12	**A-19**	INCAN	**25**	52	**S**	8
A	**3**	13	**T-12**	LFC	**21**	40	**S**	8
A	**3**	13	**A-19**	INCAN	**40**	12	**S**	8
A	**3**	13	**T-12**	LFC	**25**	2	**S**	8
A	**3**	16	**A-19**	INCAN	**40**	12	**S**	8
A	**3**	21	**A-19**	INCAN	**40**	18	**S**	8
A	**3**	21	**A-19**	INCAN	**25**	10	**S**	8
A	**3**	22	**A-19**	INCAN	**75**	1	**S**	8
A	**3**	22	**T-12**	LFC	**21**	24	**S**	8
A	**3**	31	**A-19**	INCAN	**100**	1	**S**	8
A	**3**	47	**A-19**	INCAN	**75**	2	**S**	8
					POTENCIA TOTAL	**8722 [W]**		

CENSO DE EQUIPOS DE ALUMBRADO								INAH
EDIFICIO	***NIVEL***	***ZONA***	***CÓDIGO DEL EQUIPO***	***DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO***	***POTENCIA [W]***	***CANTIDAD DE EQUIPOS***	***OPER. EN Dmax S/N***	***TIEMPO DE USO PROMEDIO [horas/día] L-V***
A	**4**	04	**T-12**	LFC	**21**	8	**S**	8
A	**4**	04	**A-19**	INCAN	**40**	10	**S**	8
A	**4**	05	**A-19**	INCAN	**40**	6	**S**	8
A	**4**	12	**T-12**	LFC	**21**	128	**S**	8
A	**4**	13	**T-12**	LFC	**21**	212	**S**	8
A	**4**	15	**T-12**	LFC	**21**	8	**S**	8

A	**4**	27	**T-12**	LFC	**21**	16	**S**	8
A	**4**	27	**T-12**	LFC	**55**	2	**S**	8
A	**4**	48	**T-12**	LFC	**21**	20	**S**	8
A	**4**	48	**T-12**	LFC	**55**	2	**S**	8
A	**4**	49	**T-12**	LFC	**55**	12	**S**	8
					POTENCIA TOTAL	**9752 [W]**		

De los datos mencionados anteriormente se sabe que el consumo de [kW] de este edificio es de:

Consumo de [kW] = **201, 272.00 kW/año**

Por otra parte el consumo mensual respecto a las tablas es de **16772x12= 201264kW/año,** con esto se comprueba que la cantidad de equipos de iluminación censados corresponde aproximadamente a la demanda en kW/año real.

Potencia Total por nivel:

$P_{NIVEL\ 1}$ = 6703 [W]

$P_{NIVEL\ 2}$ = 12007 [W] P_{TOTAL} = 37184 [W]

$P_{NIVEL\ 3}$ = 8722 [W]

$P_{NIVEL\ 4}$ = 9752 [W]

Densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) por nivel: [W/m^2]

$DPEA_{NIVEL\ 1}$ = 6703 / 689.731 = **9.718** [W/m^2]

$DPEA_{NIVEL\ 2}$ = 12007/ 601.823 = **19.95** [W/m^2]

$DPEA_{NIVEL\ 3}$ = 8722 / 617.869 = **14.11** [W/m^2]

$DPEA_{NIVEL\ 4}$ = 9752 / 588.842 = **16.56** [W/m^2]

$DPEA_{PROMEDIO}$ = **15.08** [W/m^2]

c) En la parte de zonificación de áreas se verificará que el censo del equipo de alumbrado no muestre más áreas o zonas de las que realmente se marcaron.

Como se observa en las tablas correspondientes a la zonificación de áreas y a la del censo de equipos de alumbrado no existen áreas en las cuales no haya equipo de iluminación censado, ni tampoco hay equipo de iluminación sin áreas correspondientes a las mencionadas en las tablas. Por lo tanto en esta parte del filtro no hay errores.

4.7 ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA

La forma de realizar el análisis es ordenando la información de la facturación eléctrica, esto lo vamos a presentar en tres secciones:

1) Datos eléctricos.
2) Relación de índices energéticos de facturación.
3) Gráfica de consumo eléctrico y costo unitario contra tiempo.

Una vez que se llenaron los datos correspondientes en las tablas y ordenando la información, se procede al análisis de la facturación eléctrica:

DATOS ELÉCTRICOS

DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDADES	OBSERVACIONES
Tarifa Eléctrica	03	-----	Tarifa 03
Región	C	-----	Centro
Demanda máxima	60	kW	promedio mensual
Consumo mensual	16,891	kWh/mes	promedio
Factor de potencia	97.51	%	promedio
Factor de carga	38.14	%	promedio
Facturación mensual	25,427	$ / mes	Promedio
Costo Unitario	1.5082	$ / kWh	promedio mensual

RELACIÓN DE ÍNDICES ELÉCTRICOS DE FACTURACIÓN

DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDADES
Densidad de potencia eléctrica por área	23.92	W/m2
Densidad de potencia eléctrica por persona	269.05	W / persona
Densidad de energía eléctrica por área	80.81	KWh/m2 anual
Densidad de energía eléctrica por persona	908.93	KWh/persona anual

4.8 ANÁLISIS DEL CENSO DE LOS EQUIPOS DE ALUMBRADO

El análisis del censo de los equipos de alumbrado consiste en determinar la potencia instalada en el sistema de iluminación y así hacer de esta manera una comparación, con base en la ***NOM-007-ENER-1995***, de Densidad de Potencia Eléctrica de Alumbrado (DPEA), la cual establece el rango máximo de aceptación para cada tipo de inmueble, en edificios no residenciales.

Los valores de esta Norma nos servirán como referencia para establecer el grado de eficiencia del inmueble que a su vez indican los potenciales de ahorro de energía en iluminación.

De la misma manera que el análisis anterior, usaremos un formato de análisis para detectar rápidamente alguna incongruencia en la información. Este formato lo dividiremos en cuatro secciones:

I. Datos eléctricos del sistema de iluminación: cantidad de equipos, demanda y consumo.
II. Relación de índices energéticos de alumbrado.
III. Distribución del alumbrado general: indica la potencia y consumo por cada grupo de equipo de alumbrado.
IV. Gráfica de distribución del equipo de alumbrado.

Estos datos se obtuvieron de igual manera de las tablas anteriores donde;

DATOS ELÉCTRICOS

DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDADES	OBSERVACIONES
Cantidad de equipos instalados	808	piezas	Tarifa 03
Carga instalada	50.35	kW	estimada
Potencia demandada	46.63	kW	Estimada
Consumo mensual	8,386.91	kWh/mes	promedio
Factor de carga	24.63	%	promedio

RELACIÓN DE ÍNDICES ELÉCTRICOS DE ALUMBRADO

DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDADES
Densidad de potencia eléctrica por área	18.59	W/m2
Densidad de potencia eléctrica por persona	209.10	W / persona
Densidad de energía eléctrica por área	40.12	KWh/m2 anual
Densidad de energía eléctrica por persona	451.31	KWh/persona anual

Densidad de carga instalada por área : 20.07 W/m^2

DPEA : 14.00 W/m^2

DISTRIBUCIÓN DEL ALUMBRADO

DESCRIPCIÓN	Cantidad	KW	%
LFC 2x21 W	471	31.46	62.48
INCAN 40 W	119	4.76	9.45
INCAN 25 W	90	2.25	4.47
INCAN 75 W	37	2.22	4.41
LFC 2x55 W	27	2.01	3.99
LFC 2x75 W	20	1.49	2.96
VARIOS	44	6.16	12.23
TOTAL	808	50.35	99.99

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

Esta Norma tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética 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.

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.

3. Definiciones

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

Área 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).

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.

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.

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

4. 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.

5. Método de cálculo

5.1 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.

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.

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:

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

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.

5.2 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 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.

5.3 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:

5.3.1 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.

En el caso de los equipos de alumbrado que requieran el uso de balastros 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 m^2. 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.

5.3.2 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 m^2. De la misma manera, se cuantificará la carga total conectada para iluminación en bodegas o áreas de almacenamiento, calculada como la suma de las potencias nominales de todos los equipos de alumbrado considerados en el proyecto expresada en Watts.

4.10 ANEXOS AL ESTUDIO DE LA ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DEL INAH

En esta sección se presenta información adicional que servirá de apoyo para la implantación de las medidas recomendadas en el sistema de iluminación, así como para un análisis más detallado de lo reportado en el Diagnóstico Energético.

4.10.1 CONSIDERACIONES DEL ESTUDIO

A continuación se indican los factores y las suposiciones tecnológicos y económicos que se emplearon para la elaboración de esta propuesta; asimismo se establecen algunas recomendaciones para llevar a cabo adecuadamente la implantación del proyecto.

a) Esquema del proyecto

Los beneficios se derivan de la situación de lámparas por sus equivalentes que producen el mismo flujo luminoso (lúmenes) con menos potencia; esto significa que no está contemplada la corrección de niveles de iluminación, los cuales influyen en forma significativa sobre la productividad de las personas y el consumo de energía eléctrica. Es recomendable, por lo tanto, que estos niveles sean revisados por un consultor experto, a efecto de confirmar que satisfacen las necesidades de cada área específica.

b) Precios de los equipos

Los precios considerados para los equipos se basan en la información disponible en la Conae, en el momento de realizar el proyecto, mismos que pueden variar con el tiempo, la marca y el lugar donde se adquieran.

c) Las inversiones

En la propuesta de inversión se incluyen los precios por equipo (lámpara y balastro) y su instalación; sin embargo, no se consideran los costos por conceptos tales como reparaciones o modificaciones de los luminarios y circuitos eléctricos, desinstalación y almacenamiento de equipos, etc., que en algunos casos puede llegar a representar hasta un 30% adicional a la inversión estimada, por lo que se recomienda tomarlo en cuenta.

d) Tasa de rendimiento del proyecto

Por tratarse de un proyecto a ser realizado por una institución de la Administración Pública Federal, se ha considerado como Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA), la tasa promedio real corresponde a los CETES (CETES menos inflación), sumando tres puntos porcentuales para considerar el riesgo del proyecto. Estas consideraciones se han realizado con base en la experiencia de la Conae y dieron por resultado un TREMA del 8%.

e) Proyectos con ingeniería de detalle

Este inmueble dispone de un estudio específico, en donde se indica el monto de inversión requerida, el ahorro en el pago del servicio eléctrico y un listado detallado, por tipo de sistema, de las sustituciones sugeridas.

No obstante, es importante señalar que este estudio presenta, de modo indicativo, el valor estimado de la inversión necesaria para el cambio de equipos. Es recomendable, por lo tanto, desarrollar un proyecto de ingeniería de detalle, a alternativas, tales como: seccionamiento de circuitos, verificación de niveles de iluminación en las áreas de trabajo, reflectores espectaculares, sensores de presencia, lámparas y balastros dimeables, etc., lo que permitirá un mayor ahorro de energía que el aquí estimado.

f) Asistencia técnica

La Conae, con el propósito de apoyar a otras dependencias y entidades en el proceso de la implantación de las medidas recomendadas, ha establecido grupos de trabajo con empresas de consultoría, fabricantes de equipos e instituciones relacionadas, que conlleven a la creación de directorios de empresas certificadas y guías para la adquisición de equipos eficientes, así como la impartición de seminarios en tecnologías de iluminación, por lo que sugieres mantener contacto continuo con la Página de la Conae en Internet, en donde se dará la difusión y asistencia técnica a los interesados.

4.10.2 ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA

IL-05 58

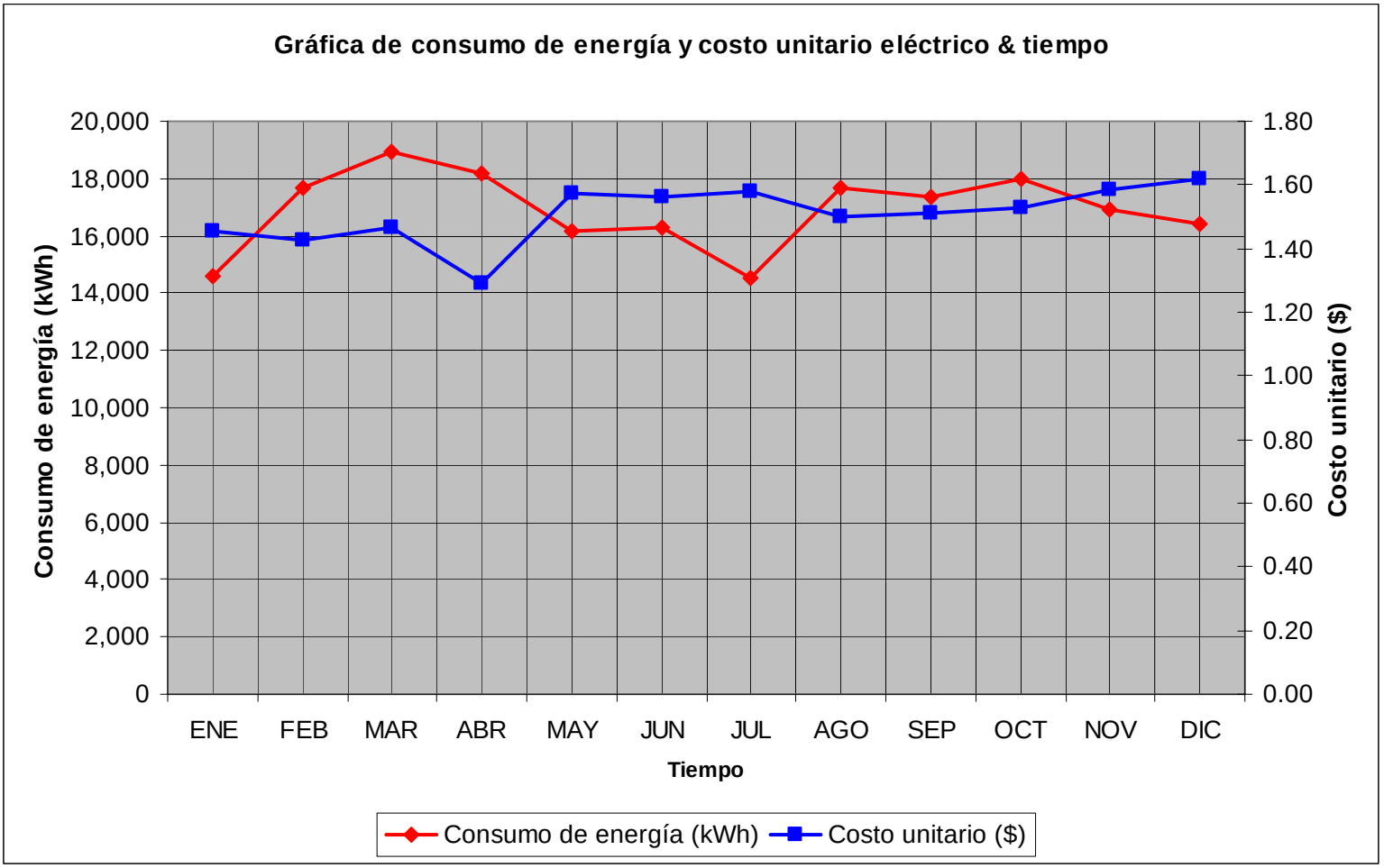
DATOS ELÉCTRICOS			
Descripción	**Valores**	**Unidades**	**Observaciones**
Tarifa eléctrica	0.3	---	03 COMERCIAL (DEMANDA>25KW
Región	C	---	CENTRO
Demanda máxima	60.00	kW	promedio mensual
Consumo mensual	16,891	KWh/mes	promedio
Factor de potencia	97.51	%	promedio
Factor de carga	38.14	%	promedio
Facturación mensual	25,427	$/mes	promedio
Costo Unitario	1.5082	$/kWh	promedio mensual
Capacidad en transformadores	---	kVA	
Factor de carga instalada	---	kw/kVA	
Capacidad en plantas de emergencia	100	kW	
Factor de disponibilidad	166.67	%	

RELACIÓN DE ÍNDICES ELÉCTRICOS DE FACTURACIÓN		
Descripción	**Valores**	**Unidades**
Densidad de potencia eléctrica por área	269	W/m_2
Densidad de potencia eléctrica por persona	269	W/persona
Densidad de energía eléctrica por área	80.81	KWh/m^2 -año
Densidad de energía eléctrica por persona	909	KWh/persona-año

Dependencia **INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA**

INMUEBLE: Córdoba # 43, 45 y 47, Distrito Federal

Periodo de análisis: Enero 2003 a Diciembre de 2003



4.10.3 ANÁLISIS DEL CENSO DE ALUMBRADO

IL-05	58

DATOS ELÉCTRICOS			
Descripción	**Valores**	**Unidades**	**Observaciones**
Cantidad de equipos instalados	808	Piezas	total existentes
Carga instalada	50.35	kW	estimada
Potencia demandada	46.63	kW	estimada
Consumo mensual	8,387	kWh/mes	estimada
Factor de carga	24.63	%	promedio

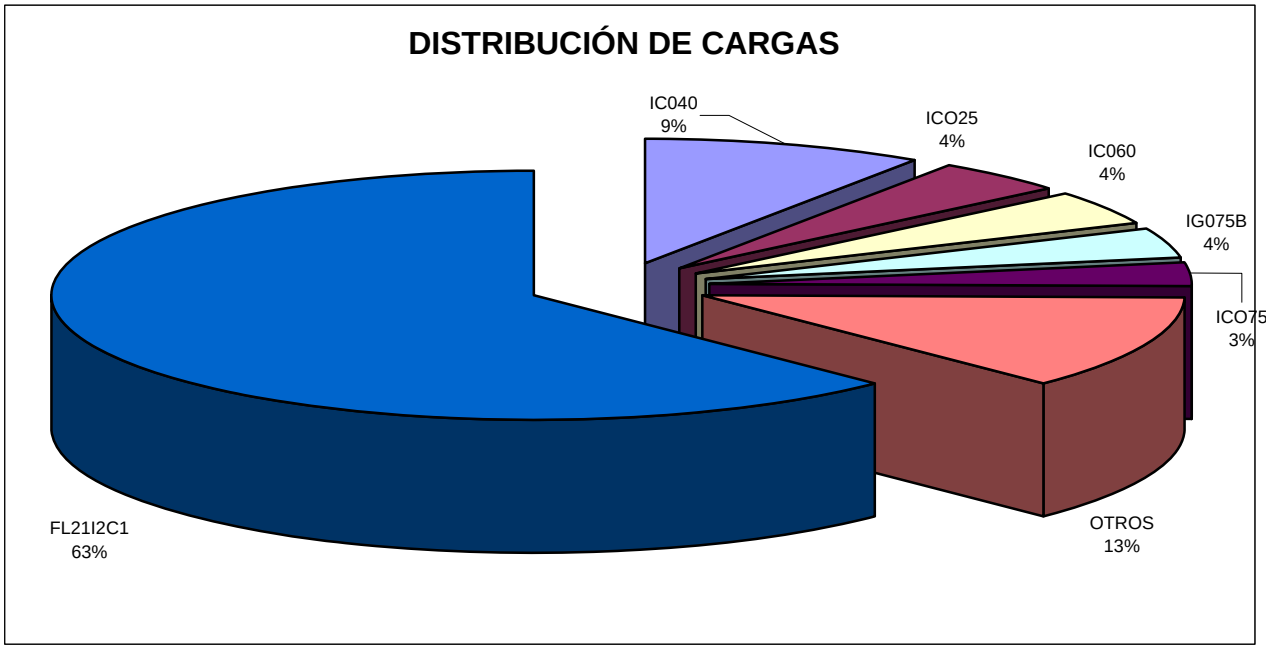
RELACIÓN DE ÍNDICES ELÉCTRICOS DE ALUMBRADO		
Descripción	**Valores**	**Unidades**
Densidad de potencia eléctrica por área	18.59	W/m^2
Densidad de potencia eléctrica por persona	209.1	W/persona
Densidad de energía eléctrica por área	40.12	kWh/m^2-año
Densidad de energía eléctrica por persona	451.3	KWh/persona-año
Densidad de carga instalada por	20.07	W/m^2
DPEA (NOM-007-ENER-1995) Para: Oficinas	14.00	W/m^2

DPEA= Densidad de potencia eléctrica de alumbrado, usar valor solo como referencia.

DISTRIBUCIÓN DEL ALUMBRADO GENERAL						
Código	**Descripción**	**Cantidad No.**	**Carga instalada**		**Pot.en Dem. Máxima [kW]**	**Consumo [kWh/mes]**
			[kw]	**[%]**		
FL21I2CC1	FI.AI Y bal.convencional 2x21W	471	31.46	62.49	30.66	5,373
IC040	Incan.40W, Bulbo A-19, Base E-26	119	4.76	9.46	4.52	803
IC025	Incan.25W, Bulbo A-19, Base E-26	90	2.25	4.47	2.25	389
ICO060	Incan.60W, Bulbo A-19,	37	2.22	4.41	2.22	384

	Base E-26					
IG075B	Incan.75W, B. Blanco Globo, Base E-26	27	2.01	4.00	1.86	335
IC075	Incand.75W, Bulbo A-19, Base E-26	20	1.49	2.95	0.59	179
OTROS	VARIOS	44	6.16	12.22	4.5	975
TOTAL		**808**	**50.35**	**100**	**46.63**	**8,387**

Distribución de cargas de alumbrado.



FL2112C1:Lámpara Fluorescente Compacta convencional de 2x21 W

IC040: Incandescente de 40 W, Bulbo A-19, con base E-26

IC025: Incandescente de 25 W, Bulbo A-19, con base E-26

IC060: Incandescente de 60 W, Bulbo A-19, con base E-26

IG075B: Incandescente de 75 W, Bulbo Blanco Globo, con base E-26

IC075: Incandescente de 75 W, Bulbo A-19, con base E-26

TABLA RESUMEN DE MEDIDAS RENTABLES

	MEDIDAS DE INVERSIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ECONÓMICAMENTE RENTABLES															Ago-05
INMUEBLE:	INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA															
ITNAHS001	CORDOBA # 43,45 Y 47, DISTRITO FEDERAL															
MAE	Descripción		Cant Equipos	Reducción en Carga instalada		Ahorros mensuales						Inversión	Vida del proyecto	Beneficio / Costo	TIR anual	Tiempo de recuperación
						Demanda		Consumo		Económico						
				kW	%	kW	%	kWh	%	$	%	$	meses		%	meses
1	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	FI AI y bal convencional 2x21W FI AR bal electrónico premium, 2x14W	471 471	18.4	36.5	17.9	29.51	3,137	18.57	12,155	47.8	473,355	84	1.65	25.57	46
2	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	Incand 40W, Bulbo A-19 Base E-26 CF (tubo gemelo 16 51 cm, (Bal Interc) 9W	119 119	3.34	6.64	3.18	5.23	564	3.34	2,188	8.61	9,113	59	11.73	288.16	5
3	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	Incand 25W, Bulbo A-19 Base E-26 CF (tubo gemelo 16 51 cm, (Bal Interc) 9W	90 90	1.18	2.34	1.18	1.94	204	1.21	830	3.26	6,892	58	5.76	144.23	9
4	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	Incand 60W, Bulbo A-19 Base E-26 CF (tipo corta 12 19 cm, (Bal Interc) 13W	37 37	1.59	3.16	1.59	2.62	275	1.63	1,062	4.18	3,319	58	15.31	384.03	4
5	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	Incand 75, B Blanco Globo, Base E-26 CF (tipo corta 12 19 cm, (Bal Interc) 13W	27 27	1.57	3.11	1.45	2.39	261	1.54	1,026	4.03	2,422	60	20.9	508.28	3
6	Sustitución del sistema Por el sistema propuesto	Incand 75, Bulbo A-19, Base E-26 CF (tipo corta 12 19 cm, (Bal Interc) 13W	20 20	1.16	2.3	0.46	0.76	140	0.83	477	1.88	1,794	83	16.87	318.92	4
TOTALES			**764**	**27.21**	**54.04**	**25.76**	**42.45**	**4581**	**27.12**	**17,738**	**69.76**	**496,895**	**77**	**2.14**	**39.09**	**32**

5. EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA

5.1 JUSTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA

En este capítulo se establecen las medidas de ahorro de energía para el sistema de iluminación, después de que realizamos el levantamiento de datos y analizamos la información. Esto se va a llevar acabo con tablas de cálculo en las cuales se presentará en una forma ordenada y metódica la evaluación técnica y económica de la sustitución de lámparas.

La importancia de adquirir productos energéticamente eficientes no siempre es evidente, pues por lo general las decisiones en la compra de equipo de alumbrado se basan en el precio del equipo sin considerar los costos de instalación, mantenimiento y operación del mismo. Los equipos energéticamente eficientes no sólo consumen poca energía eléctrica en su operación generando ahorros económicos para el usuario, sino que su periodo de utilidad es mayor que el de equipos no ahorradores y la inversión inicial no es muy diferente a la de los equipos no eficientes, es aquí donde la amortización y beneficios económicos para el usuario se hacen obvios.

Al seleccionar una instalación de iluminación deben considerarse dos tipos de costos, los de la adquisición del equipo y los de su operación. Es posible que el costo de operación justifique adquirir un equipo con un valor inicial alto, por los ahorros que esto significarían durante la vida de la instalación. Para comparar los costos de instalaciones alternas, además del costo del equipo e instalación, deben considerarse el consumo de electricidad, los porcentajes de fallas, los costos de mantenimiento.

Es importante aprovechar la energía eléctrica consumida no solo en la instalación de iluminación, sino en su fabricación, durante su vida de instalación y mantenimiento. Es una economía mal entendida en los casos donde solamente se considera el costo de la compra del equipo, ya que se acaba pagando extra por baja eficiencia eléctrica u óptica o al reponerse el equipo al poco tiempo de instalado.

Es necesario hacer un cálculo donde se incluyan las perdidas ocasionadas por los equipos, el porcentaje de fallas, los costos de reparación y mantenimiento, para tener una idea real de los costos totales en una instalación.

Las compras de productos energéticamente eficientes pueden reducir las cuentas de consumo eléctrico de 30 a 50 %; sin embargo, por lo general se evalúa la viabilidad económica cuando los equipos energéticamente eficientes cuestan igual o más que los no eficientes. En casos donde el costo del equipo eficiente sea de un costo mayor al no eficiente, con el ahorro de energía se compensa esta inversión. La compra de estos productos no se realiza, ya sea por políticas de compra o por el objetivo de buscar el producto económicamente más efectivo. Consideremos que los beneficios de adquirir productos económicamente eficientes no sólo se traducen en ahorros en el consumo energético a lo largo de la vida

útil del mismo, sino también en la reducción de gases contaminantes que se liberan durante la generación de la electricidad.

Es importante establecer políticas claras y comprensibles para este tipo de adquisiciones, con criterios fáciles de comprender como la adquisición de productos que cumplan con las normas de eficiencia energética y la educación de los compradores acerca de las ventajas de adquirir equipos energéticamente eficientes, con base en un sencillo análisis de costos y ahorros a lo largo de la vida útil del producto; así como el asegurarse del mantenimiento e instalación adecuados.

En este capítulo se tiene la finalidad de mostrar la importancia de propiciar el ahorro de energía eléctrica, mediante la inclusión de criterios de eficiencia energética.

Nuestro país además de requerir generación de energía eléctrica de una manera suficiente y económica, afronta retos importantes como contar con estrategias y mecanismos que permitan reducir sus altos niveles de crecimiento en el consumo, evitando así la reducción de los recursos naturales que como sabemos actualmente existen de una forma limitada.

En pocas palabras el ahorro de energía es una acción que permite el cuidado de bienes públicos, como lo son los energéticos no renovables y el medio ambiente.

Al detectar la problemática que se crea con el uso irracional de la energía, desde principios y durante la década de los ochenta el gobierno Federal se vio en la tarea de crear, en varias instituciones del sector, departamentos encargados de realizar acciones encaminadas al ahorro de energía.

Fue hasta el año de 1989 cuando se contó con un organismo dedicado exclusivamente a la realización de estas tareas: *Comisión Nacional para el Ahorro de Energía,* para ese mismo año, la CFE estableció el Programa de Ahorro de energía del Sector Eléctrico (PAESE), posteriormente un año más tarde el Fideicomiso de Apoyo al programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE); estos son los organismos encargados de promover el ahorro de energía.

La permanencia del ahorro de energía requiere de una muy intensa actividad en materia de difusión del ahorro de energía, de formar recursos humanos y de crear una cultura del ahorro de energía eléctrica

Con objeto de tener una visión general de todas las medidas propuestas para el alumbrado, 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 ésta 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.

El proyecto global de todas las medidas propuestas se presenta en el consolidado, el cual vincula los resultados de medidas económicamente rentables. Estos datos son: los ahorros eléctricos y económicos, la inversión requerida y la vida del proyecto.

5.2 EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO DE ENERGÍA

En esta evaluación técnica es importante mencionar que esta basada en una base de datos de equipos de alumbrado con más de 400 sistemas diferentes, los cuales están disponibles en el mercado nacional, donde se muestran las especificaciones técnicas de cada uno de los sistemas, como son: tipo y potencia de la lámpara, tipo de encendido, precio de la lámpara, tipo de balastro, precio de balastro, etc. Además, se encuentra vinculado con la base de datos de tarifas eléctricas actualizadas, que para este caso se tomó el año del 2005 ya que es el año en que se está haciendo la evaluación, de esta manera se determinan los costos eléctricos en el momento de evaluar la medida.

Con el fin de evitar en la estimación técnica que se recomiende una gran cantidad de equipos y que saturen el inmueble del INAH, y aunado a esto que provoquen altos costos de mantenimiento en esta dependencia, en los cálculos se establece el tiempo de operación promedio ponderado, con base en el número de equipos para un mismo sistema de alumbrado con diferentes horas de uso.

El llenado de la información se describe a continuación, en base a la información que existe entre los formatos (F1, F2 y F4) y las bases de datos mencionados anteriormente. Cada una de las celdas está llena con sus especificaciones técnicas, así como también con 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 además 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.

A continuación se muestra el formato de la evaluación técnica:

5.2.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

El formato de evaluación económica se encuentra vinculado con la información obtenida de la evaluación técnica. Los datos son:

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 formato 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; éstos son determinados con base en los requerimientos energéticos 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

En el análisis del censo del sistema del alumbrado interior se determinó que éste representa el 78 % de la demanda máxima de la instalación, y que existe un potencial de ahorro de aproximadamente **$212,900** anuales (69.76% de la facturación eléctrica) al sustituir los equipos convencionales de iluminación por equipos de mayor eficiencia.

Se estima que la inversión requerida para la implantación de las medidas técnica y económicamente rentables es de aproximadamente $496,900, la cual presenta un tiempo de recuperación de 32 meses, siendo la vida útil del proyecto de 77 meses, con una relación beneficio-costo de 2.14.

Por otro lado, existen en el mercado productos de tecnología de punta que no necesariamente son rentables, pero que generan mayores impactos energéticos y ambientales. Esta opción es recomendable cuando la sustitución se debe a la falla del equipo, dado que la rentabilidad de la medida aumentará por haberse cumplido la vida útil del equipo a sustituir. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la sustitución completa del sistema de iluminación se culminará en varios años, con lo cual se corre el riesgo de que durante el proceso surja una nueva alternativa originada por el desarrollo tecnológico, cuya instalación resulte más conveniente.

Finalmente, es importante señalar que en el Anexo 1 “Consideraciones del estudio”, se indican los principales factores y suposiciones tecnológicos y económicos que se emplearon para la elaboración de esta propuesta; asimismo se establecen algunas recomendaciones para llevar a cabo adecuadamente la implantación del proyecto.

5.4 DIAGNÓTICO ENERGÉTICO

En esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de la información, así como de la evaluación de las alternativas de ahorro de energía que existen en el sistema de iluminación.

1. Datos del inmueble

El presente estudio corresponde al inmueble del INSTITUTO NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA, Distrito Federal, ubicado en Córdoba # 43,45 y 47. DISTRITO FEDERAL, el cual es usado principalmente como oficinas de administración pública, con un horario laboral de 8:00-22:00 horas. La superficie total construida es de 2,508 [m^2], con una ocupación estimada de 223 personas y su índice de consumo energético durante 2004 fue de 81 kWh/m^2 –año.

2. Consumo Energético Actual

El análisis energético se realiza en dos niveles: a) Total del inmueble y b) Sistema de iluminación, teniendo como base los datos promedio de la facturación eléctrica correspondiente a 2004 y el censo de equipos de iluminación realizado durante 2005, respectivamente (véase Tabla A).

Aquí se presentan los datos de la demanda eléctrica máxima, consumo eléctrico, factor de potencia y monto de facturación (incluyendo el IVA.).

Mes	Demanda Max [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
Enero	58	14,580	97.95%	$21,193
Febrero	58	17,700	97.73%	$25,220
Marzo	65	18,900	97.75%	$27,689
Abril	60	18,200	97.42%	$23,504
Mayo	59	16,140	96.95%	$25,443
Junio	61	16,260	97.40%	$25,422
Julio	61	14,520	97.34%	$22,929
Agosto	60	17,700	97.37%	$26,546
Septiembre	60	17,340	97.56%	$26,207
Octubre	61	18,000	97.53%	$27,530
Noviembre	62	16,920	97.69%	$26,818
Diciembre	63	16,440	96.52%	$26,627

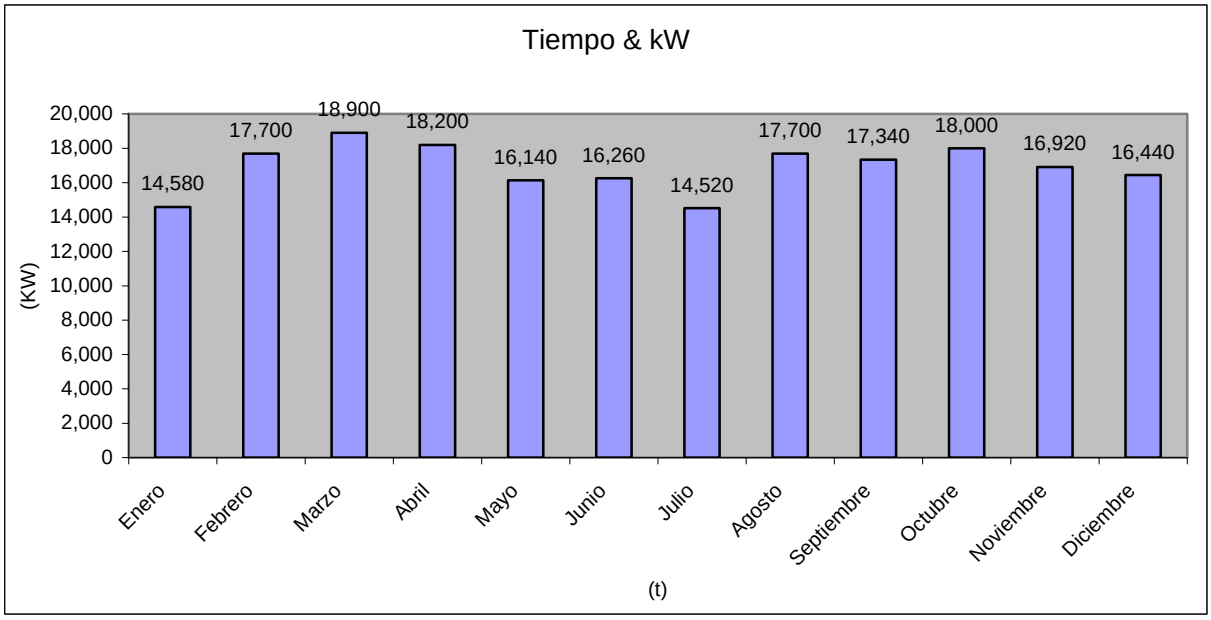
Promedio:

Demanda Max [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
60	16,891	97.51%	$25,427

Total Anual:

Demanda Max [kW]	Consumo de [kW]	Factor de Potencia	Factura Eléctrica
728	202,700	-----	$305,128

Grafica # 1 Consumo de Energía



La grafica de barras muestra el comportamiento que hubo durante el periodo de los meses respecto al consumo de energía en KW.

Tabla A. Datos eléctricos de facturación y estimados del inmueble

Uso	Tarifa	Demanda Máxima (kW)	Consumo mensual (kWh)	Factor de potencia (%)	Factor de carga (%)	Facturación mensual ($)
Total	3	60	16,891	97.51	38.14	$25,427
Iluminación		47	8,387	----	24.63	----

[A] Estos datos sólo corresponden a la iluminación interior y estimados a partir de los datos del censo de equipos.

A continuación se muestra la **Tarifa 03** (Centro) correspondiente al año del 2004

Cargo por demanda ($/kW)												
Dic./2003	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
140.96	141.81	143.74	144.14	148.90	157.55	162.17	166.06	168.04	171.17	170.49	169.54	173.00
Cargo por energia ($/kWh)												
0.887	0.892	0.904	0.907	0.937	0.991	1.020	1.044	1.056	1.076	1.072	1.066	1.088

a)Total del inmueble

La instalación presenta un índice de consumo energético durante 2004 de 81 kWh/año-m^2.

Distribución del Alumbrado

Código	Descripción	Cantidad	Capacidad Instalada [KW]	Representan en[%]	Potencia Demanda Máxima	Consumo [KWh/mes]
FL21I2C1	FI AI 2X21 W	471	31.46	62.49	30.66	5,373
IC040	Incand 40 W	119	4.76	9.46	4.52	803
IC025	Incand 25 W	90	2.25	4.47	2.25	389
IC060	Incand 60 W	37	2.22	4.41	2.22	384
IG075B	Incand 75 W	27	2.01	4.00	1.86	335
ICO75	Incand 75 W	20	1.49	2.95	0.59	179
Otros	Varios	44	6.16	12.22	4.5	924
	Total	**808**	**50.35**	**100**	**46.63**	**8,387**

Por otro lado, el censo de iluminación registra una demanda máxima de 47 kW, equivalente al 78% de la demanda máxima facturada. La demanda restante corresponde a otras cargas como fuerza y contactos.

b) Sistema de iluminación

La densidad de potencia instalada en alumbrado es de 20.07 W/m^2 ; tomando como referencia que la NOM-007-ENER-1995 para los sistemas de iluminación interior considera un valor de 16 W/m^2 para oficinas (aunque sólo se aplica en construcciones nuevas o en ampliaciones), por lo que se observa que el valor registrado está por arriba (25%) del límite indicado por la NOM.

Cuando el inmueble se presenta una densidad de potencia en iluminación superior a la establecida en la NOM, ello puede deberse a tres situaciones: 1) que existen algunas áreas con altos niveles de iluminación; al realizar el estudio energético me di cuenta que había zonas donde la iluminación era muy elevada, esto se dio principalmente en las zonas de los pasillos y los baños donde se contaba con lámparas incandecenste y las zonas eran muy reducidas.

2) que no se cuenta con tecnologías eficientes, ó 3) que se presenta una combinación de ambas; gran parte del edificio cuenta con una gran cantidad de equipos incandescentes principalmente en las oficinas de las direcciones, porque contenían por el tipo del inmueble y su arquitectura candiles los cuales almacenaban unos 20 focos de 25[W] cada uno.

Resumiendo el sistema de alumbrado cuanta con 808 equipos, donde el **58.29%** corresponde a equipos fluorescentes, un **36.26%** a lámparas incandescentes y un **5.44%** se divide en otros tipos de lámparas y potencias (véase Anexo 5 "Formato de análisis del censo").

3. Medidas de ahorro

Con base en los análisis técnicos y económicos realizados, se proponen dos alternativas para la situación de los equipos de iluminación poco eficientes: a) medidas económicamente rentables, y b) medidas con tecnología de punta.

a) Medidas económicamente rentables

En esta alternativa se proponen aquellas modificaciones que ofrecen mayor viabilidad económica. En el análisis de estas medidas se aplican conceptos de ingeniería económica, donde las tecnologías recomendadas (Tabla B) presentan un beneficio/costo mayor a 1 (uno) y una recuperación de la inversión inicial total en un tiempo menor a la vida útil nominal del equipo.

Tabla B. Medidas económicamente rentables

MAE No.	Descripción del sistema			Beneficio económico		Inversión ($)	TR (meses)
	Actual	Propuesto	Cant.	($/año)	(%)		
1	FI. Al y bal. Convencional 2x21 W	FI. AR. Bal. electrónico premium,2x14 W	471	$145,900	47.80	$473,400	46
2	Incand. 40W, Bulbo A-19, Base E-26	CF tubo gemelo,16.51 cm,(Bal. interc.)9 W	119	$26,300	8.61	$9,100	5
3	Incand. 25W, Bulbo A-19, Base E-26	CF tubo gemelo, 16.51 cm,(Bal. interc.)9 W	90	$10,000	3.26	$6,900	9

4	Incand. 60W, Bulbo A-19, Base E-26	CF tipo corta, 12.19cm,(Bal. interc.)13 W	37	$12,700	4.18	$3,300	4
5	Incand. 75W, B.Blanco Globo, Base E-26	CF tipo corta, 12.19cm,(Bal. interc.)13 W	27	$12,300	4.03	$2,400	3
6	Incand. 75W, Bulbo A-19, Base E-26	CF tipo corta, 12.19cm,(Bal. interc.)13 W	20	$5,700	1.88	$1,800	4
TOTALES			**764**	**$212,900**	**69.76**	**$496,900**	**32**

Notas:

1. Nomenclatura Básica: MAE (Medida de Ahorro de Energía), TR (Tiempo de recuperación a valor presente), FI (Fluorescente), CF (Compacta fluorescente), AR (Arranque rápido), AI (Arranque instantáneo), Bal. (Balastro), Interc. (Intercambiable) e Integ. (Integrado).
2. Para especificaciones de los sistemas fluorescentes consultar la guía de apoyo para las bases de licitación de obra y adquisición de equipos y materiales del sistema de iluminación interior en: http://www.conae.gob.mx/mx/work/secciones/233/imágenes/guiapoyo.pdf

En términos generales, el proyecto global propone la adquisición de 764 sistemas de alumbrado eficientes (para mayor detalle véase Anexo 6 “Tabla resumen de medidas rentables”), cuya implantación representaría una reducción energética estimada de 26 kW (42.46% de la demanda máxima) y 4,600 kWh/mes (27.12% en el consumo de energía), equivalente a un ahorro económico de $212,900 al año (69.76% de la facturación eléctrica).

Se estima que la inversión requerida para la aplicación de las medidas es de aproximadamente $496,900 con un plazo de recuperación de 32 meses, siendo la vida útil del proyecto de 77 meses (beneficio/costo= 2.14).

b) Medidas con tecnología de punta

Por otro lado, existen en el mercado de productos con tecnología de punta que no necesariamente son rentables, pero que generan mayores impactos energéticos y ambientales. Esa opción es recomendable cuando la sustitución se debe a la falla del equipo, dado que la rentabilidad de la medida aumentará por haber cumplido la vida útil del equipo a sustituir. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la situación completa del sistema de iluminación se culminará en varios años, con lo cual se corre el riesgo de que durante el proceso surja una nueva alternativa originada por el desarrollo tecnológico, cuya resulte más conveniente.

Las tecnologías de punta contemplan, principalmente, la instalación de balastros electrónicos(estándar o premium), los cuales representan en promedio el 80% de la inversión total del sistema (lámpara-balastros).

Tabla C. Medidas con tecnología de punta

MAE No.	Descripción del sistema			Beneficio económico		Inversión ($)
	Actual	Propuesto	Cant.	($/año)	(%)	
Todas las MAES son económicamente rentables (ver Tabla B)						

MAE= Medida de Ahorro de Energía

6. ESTIMACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La generación de energía eléctrica en el mundo depende principalmente de combustibles fósiles. En 1999, el 63.7% de la electricidad se produjo en centrales térmicas (con combustión de derivados del petróleo, gas natural y carbón), el 17.2% en centrales nucleares, 17.5% en hidroeléctricas y 1.6% mediante otras fuentes de energía (IEA, 2001). En ese mismo año, el principal energético utilizado para la generación eléctrica fue el carbón con 38.1%, seguido del gas natural con 17.1% y los derivados del petróleo con 8.5%. Se espera que en año 2020 la participación del gas natural se incremente a escala mundial en un 26.5% y que la participación del carbón y de la energía nuclear se reduzca en un 31.7% y 12.2%, respectivamente. Por su parte, las energías renovables representarán el 20% de la producción de la energía eléctrica (IEA 2002).

Uno de los inconvenientes del uso de combustibles fósiles son las emisiones contaminantes locales y de gases de efecto invernadero, principalmente el bióxido de carbono (CO2). Entre los principales contaminantes emitidos por el uso de dichas energéticas tenemos a las: óxidos de nitrógeno (NOx), el bióxido de azufre (SO2), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos no quemados (HC) y las partículas suspendidas.

La concentración de NOx depende de la composición del combustible y de la temperatura de combustión. La producción de CO e hidrocarburos no quemados depende de la eficiencia del proceso de combustión. En presencia de radiación ultravioleta los NOx reaccionan con los hidrocarburos no quemados produciendo smog fotoquímico. La producción de NOx tiene dos causas. La primera de ellas es la oxidación del nitrógeno contenido en el aire comburente (NOx térmico) y la segunda, la reacción del nitrógeno contenido en la composición del combustible (NOx del combustible).

Otro problema ambiental relacionado con la generación de electricidad es la lluvia ácida. Los principales compuestos relacionados con la formación de lluvia ácida son el SO2 y los NOx. Dichos compuestos reaccionan en las nubes formando una mezcla de ácido sulfúrico (H2SO4) y ácido nítrico (HNO3), los cuales se precipitan a través de la lluvia y nieve. También se deposita acidez en la superficie en forma de partículas secas que en contacto con la lluvia originan un medio corrosivo.

Las perspectivas del incremento del consumo de electricidad y los consecuentes problemas ambientales por la combustión parecen favorecer a la energía nuclear. Sin embargo, los problemas de seguridad originado por desechos radiactivos de alto nivel así como las características de la estructura actual del sector eléctrico, desfavorecen el uso de esta tecnología en el corto plazo.

Reducción de los niveles de emisiones contaminantes

La combustión de gas natural reduce considerablemente los niveles de emisiones contaminantes. Debido a su composición química, principalmente metano (CH4), su combustión completa está casi libre de SO2

y partículas, produciendo a su vez menores niveles de CO y CO2 en comparación con otros combustibles fósiles. Sin embargo, las elevadas temperaturas de combustión producen NOx térmicos y de combustible.

En la actualidad existen diversos métodos para reducir los niveles de NOx emitidos por una turbina de combustión. Los principales son: 1) La combustión de mezclas aire/combustible con un exceso de aire, 2) la inyección de vapor o agua a la cámara de combustión; 3) el diseño especial de la cámara de combustión y 4) la reducción catalítica selectiva.

Reducción de emisiones de bióxido de carbono (CO2)

A pesar de que no hay suficientes datos para determinar si han ocurrido cambios globales consistentes en la variabilidad climática o eventos climáticos extremos durante el siglo XX, a escala regional existen evidencias claras de cambios en algunos indicadores. Entre las principales conclusiones del Tercer Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se encuentran:

Fuerte evidencia de que gran parte del problema del calentamiento global observado en los últimos 50 años es atribuible a actividades antropogénicas.

Las concentraciones de algunos gases de efecto invernadero (GEI) han alcanzado sus valores más altos de los últimos 1,000 años durante la década de los noventas, principalmente por la quema de combustibles fósiles y por el cambio de uso de suelo.
Desde 1750, la concentración atmosférica de CO2 se ha incrementado en 31%, pasando de 280 ppm a 367 ppm.

El beneficio ambiental es, junto con los ahorros energéticos y económicos, una razón complementaria que ayuda a justificar la realización del proyecto de ahorro de energía. Al aumentar la eficiencia energética de los sistemas de iluminación se reduce su consumo eléctrico y, por lo tanto, la generación de electricidad, disminuyendo consecuentemente la emisión de contaminantes atmosféricos en las plantas que utilizan combustibles fósiles.

En la tabla D se presenta la cantidad de emisiones evitadas para tres de los principales contaminantes y la conservación de combustóleo, tomando como base la aplicación de la alternativa del inciso “a”, sección II.3 “Medidas de ahorro”. Para el cálculo de estos valores se considera la estructura actual de generación eléctrica nacional.

Tabla D. Potencial de impactos ambientales evitados

Concepto	Valores	Unidades
Conservación de combustóleo	10,500	Litros / año
Reducción de bióxido de carbono(CO^2)	34,400	Kg / año
Reducción de bióxido de azufre(SO^2)	500	Kg / año
Reducción de óxidos nitrosos(NO_x)	100	Kg / año
Suma de contaminantes	35,000	Kg / año

Como podemos observar en lo que corresponde al medio ambiente y recursos naturales, en primer término considero importante mencionar que en México la generación de energía eléctrica proviene principalmente de recursos no renovables; lo que provoca por un lado, el agotamiento de un recurso que tiene otros usos como materia prima, y por el otro el impacto ambiental que provoca la quema de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica.

Aunado a las alternativas de cambio o sustitución de equipos, es posible implantar otras medidas cuyo costo es nulo o de baja inversión, pero que resultan también en excelentes oportunidades para ahorrar energía, las cuales denominamos como operacionales.

De una forma indicativa mas no limitada, en la Página de la Conae en Internet, así como en los cursos de capacitación a representantes y operadores de inmuebles, se ha introducido una guía para la implantación de medidas de nula o baja inversión e incluso de inversión programada, por lo que es sugiere revisarla.

7. CONCLUSIONES

Actualmente la vida moderna ha incrementado nuestra dependencia del consumo de energéticos no renovables, como petróleo, gas natural, carbón, para la producción de energía eléctrica, los cuales desafortunadamente siguen representando nuestras fuentes principales de energía, tanto para el sector residencial como para el productivo. El desarrollo no solo de nuestro país sino de todo el mundo depende cada vez más de estos productos no renovables y muy contaminantes.

El ahorro y uso eficiente de la energía es un tema vital para el futuro de la economía de nuestro país, rentable y con un gran impacto en la preservación del ambiente.

Es evidente que en nuestro país es necesario reforzar las medidas de ahorro y el uso racional de la energía eléctrica; para obtener el ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional necesariamente presupone la aplicación y control de un programa elaborado para ese fin, pero dicho programa tiene que elaborarse a partir de métodos o procedimientos que estén fundamentados técnicamente, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar en cada lugar que se apliquen (edificio, industria, centro de servicio, escuela, etc.) la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía, de cualquier tipo.

Hoy en día las fuentes renovables de energía despiertan un gran interés debido a sus ventajas en cuanto al ahorro de combustibles fósiles y a la no contaminación del medio ambiente, pero estas fuentes (fotovoltaica, eólica, biomasa, hidráulica entre otras) solo satisfacen las necesidades energéticas de nuestro país en una proporción muy pequeña.

Los objetivos principales del diagnóstico energético para el inmueble del INAH son establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para dicho ahorro de energía, evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía, y disminuir el consumo de energía sin afectar las labores de trabajo en el inmueble y contribuyendo a disminuir los impactos ambientales.

Para cumplir con lo anterior existen en el mercado una gran cantidad de sistemas de iluminación, que contribuirían a la disminución del consumo de energía eléctrica en el área de iluminación del Instituto Nacional de Antropología e Historia, y que al mismo tiempo esto ayudaría a la disminución de la demanda eléctrica.

En este trabajo se presenta un estudio energético de iluminación realizado en el inmueble del INAH, en donde los resultados obtenidos nos muestran que existe una necesidad de llevar acabo una reingeniería en el sistema de alumbrado de dicho inmueble y que además es evidente la factibilidad de la sustitución de dicho sistema.

El poder alcanzar los niveles de iluminación de acuerdo a la Normas Oficiales Mexicanas; NOM-007-ENER-1995 y NOM-025-STPS, referente a la eficiencia energética para sistemas de alumbrado en

edificios no residenciales y a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo respectivamente son puntos esenciales para la realización de este estudio.

Cuando logremos alcanzar los objetivos propuestos es este estudio y aplicar las medidas a diferentes sectores del país nos daremos cuenta de la importancia que conlleva el cuidado y uso racional de la energía eléctrica no solo en el Instituto Nacional de Antropología e Historia sino a nivel nacional.

El avance de la tecnología hoy en día nos proporciona diversas alternativas para mejorar la eficiencia energética aplicada a los sistemas de iluminación. Una inversión en el cambio del sistema de iluminación actual del Instituto Nacional de Antropología e Historia por un sistema más eficiente y más moderno es bastante redituable para esta institución.

En la elaboración de este trabajo uno de los puntos que considero de gran importancia mencionar, fueron los resultados que se obtuvieron en la sustitución de sistemas, como por ejemplo; la sustitución del sistema de las lámparas fluorescentes compactas de 21 [W], por las de 14 [W]; lo cual representa a nivel global una reducción de carga instalada de 36.48% y un ahorro económico del 47.80%. Las lámparas fluorescentes compactas consumen 4 a 5 veces menos energía que las comunes (incandescentes) y tienen una vida útil de 8 a 10 veces mayor.

El instalar tecnologías de alta eficiencia en el sistema de iluminación desde el inicio de alguna construcción, es una decisión muy inteligente y acertada que pueda tener el usuario, porque esto le permitirá, a parte de tener bajos costos por consumo de energía eléctrica, en relación con los que tendría si instalara equipos convencionales, ayudar a la disminución de los impactos ambientales mediante la disminución de la producción de gases de efecto invernadero que traen consigo el calentamiento global de la tierra.

Con el fin de proporcionar al Instituto Nacional de Antropología e Historia la justificación de la instalación de un nuevo y moderno sistema de iluminación, los resultados arrojados por este estudio señalan como primer punto tener una inversión de $496,895.00 M.N. aproximadamente, cuyo tiempo de recuperación será de unos 32 meses y que se verá reflejado en la reducción de la carga instalada [KW], se tendrán ahorros mensuales en demanda [KW], en el consumo [KHh] y los correspondientes ahorros económicos [$]. Por otra parte estas medidas ayudarían a la conservación del medio ambiente y a la disminución de la generación de energía eléctrica en nuestro país.

Sin embargo, más allá de proyectos específicos, una de las cosas convenientes es sin duda el poder desarrollar una cultura del cuidado de la energía la cual es una actitud de visión a futuro, que se relaciona de manera muy estrecha con el mundo que heredaremos a las próximas generaciones.

Al igual que en otros rubros, tales como el del cuidado del agua y del medio ambiente, en lo que corresponde al cuidado de la energía debemos lograr que ésta no falte y evitar que se despilfarre.

Por otra parte proyectos orientados al cuidado y uso eficiente de la energía hoy en día forman parte de un conjunto de esfuerzos de gobierno y sociedad, orientados a desarrollar una nueva cultura del ahorro y uso eficiente de la energía en nuestro país.

Finalmente el uso racional de energía constituye un elemento esencial para garantizar la calidad de los servicios, reducir costos de producción, conservar recursos para las futuras generaciones, disminuir las emisiones contaminantes al medio ambiente, atenuar las exigencias de financiamiento para la infraestructura energética, promover nuevas tecnologías y la modernización del sector productivo.

En la actualidad la eficiencia energética contribuye al crecimiento de la economía de un país, razón por la cual especialistas en eficiencia energética en todo el mundo están comprometidos en la búsqueda del uso racional y eficiente de la energía.

El uso racional de la energía eléctrica es una forma de ayudar a preservar el medio ambiente y está al alcance de todos nosotros.

8. ANEXOS

ANEXO A

Lista de países por emisiones de dióxido de carbono

Esta es una **lista de estados soberanos por emisiones de dióxido de carbono producido por el hombre**. La información corresponde a la División de Estadísticas de las Naciones Unidas del año 2002. Países que no han sido reconocidos internacionalmente están en *cursiva*.

Lista de países por emisiones

Pos.	País	*Emisiones de CO_2* en miles de toneladas métricas	Porcentaje del total**	Notas
-	*Total de la Tierra*	24,126,416	100 %	No incluye emisiones naturales de CO_2
1	Estados Unidos' • *Guam* • *Puerto Rico* • *Samoa Americana* • Islas Vírgenes de los Estados Unidos Total	5,844,042 4,096 13,598 286 10,256 **5,872,278**	24.3 %	
-	*Unión Europea*	3,682,755	15.3 %	
2	**China** • *Hong Kong* • Macao Total	3,263,103 35,458 1,810 **3,300,371**	14.5 %	Incluye emisiones de las islas Kinmen, Islas Pescadores y Matsu
3	Rusia	1,432,513	5.9 %	
4	India	1,220,926	5.1 %	
5	Japón	1,203,535	5.0 %	
6	Alemania	804,701	3.3 %	
7	**Reino Unido** • Bermudas • Islas Caimán • Gibraltar • Islas Malvinas • Montserrat • Santa Helena • Islas Vírgenes Británicas Total	543,633 498 289 216 42 55 12 68 **544,813**	2.3 %	
8	Canadá	517,157	2.1 %	
9	Corea del Sur	446,190	1.8 %	
10	Italia	433,018	1.8 %	Incluye San Marino.
11	México	383,671	1.6 %	
12	**Francia** • Guadalupe • Guayana Francesa	368,315 1,722 990	1.6 %	Incluye Monaco.

	• Martinica	2,245	
	• Nueva Caledonia	1,824	
	• Polinesia Francesa	701	
	• Reunión	2,470	
	Total	**378,267**	
13	Irán	360,223	1.5 %
14	Australia	356,342	1.5 %
15	Sudáfrica	345,382	1.4 %
16	Arabia Saudita	340,555	1.4 %
17	Brasil	313,757	1.3 %
18	Ucrania	306,807	1.3 %
19	Indonesia	306,491	1.3 %
20	España	304,603	1.3 %
21	Polonia	296,398	1.2 %
22	China Taipei	250,241	1.0 %
23	Tailandia	231,927	0.9 %
24	Turquía	207,996	0.9 %
25	Malasia	150,630	0.6 %
26	**Países Bajos** • Antillas Neerlandesas • Aruba Total	150,877 9,937 1,925 **162,739**	0.6 %
27	Kazajstán	147,921	0.6 %
28	Egipto	143,697	0.6 %
29	Corea del Norte	143,216	0.6 %
30	Argentina	133,322	0.6 %
31	Uzbekistán	122,330	0.5 %
32	República Checa	114,563	0.5 %
33	Pakistán	108,677	0.5 %
34	Venezuela	108,163	0.4 %
35	Emiratos Árabes Unidos	94,163	0.4 %
36	Grecia	94,117	0.4 %
37	Argelia	92,097	0.4 %
38	Rumania	86,745	0.4 %
39	Iraq	79,471	0.3 %
40	Filipinas	73,779	0.3 %
41	Bélgica	70,592	0.3 %
42	Israel	69,607	0.3 %
43	Vietnam	66,312	0.3 %
44	Austria	63,701	0.3 %
45	Finlandia	62,659	0.3 %

46	Portugal	62,288	0.3 %	
47	Bielorrusia	59,959	0.2	
48	Kuwait	59,879	0.2 %	
49	Singapur	57,471	0.2 %	
50	Colombia	57,375	0.2 %	
51	Chile	57,320	0.2 %	
52	Hungría	56,647	0.2 %	
53	Noruega	55,461	0.2 %	
54	Nigeria	52,038	0.2 %	
55	Suecia	51,901	0.2 %	
56	Libia	50,418	0.2 %	
57	Siria	49,097	0.2 %	
58	Dinamarca • Islas Feroe • Groenlandia Total	47,620 654 557 **48,831**	0.2 %	
59	Serbia y Montenegro	46,637	0.2 %	
60	Marruecos • Sahara Occidental Total	43,663 242 **43 905**	0.2 %	
61	Irlanda	43,187	0.2 %	
62	Turkmenistán	34,617	0.1 %	
63	Bulgaria	41,921	0.1 %	
64	Trinidad y Tobago	41,217	0.1 %	
65	Suecia	40,854	0.1 %	
66	Eslovaquia	40,061	0.1 %	
67	Qatar	36,450	0.1 %	
68	Bangladesh	34,540	0.1 %	
69	Nueva Zelanda • Islas Cocos • Niue Total	33,964 28 3 **33,995**	0.1 %	
70	Omán	30,118	0.1 %	
71	Azerbaiyán	27,998	0.1 %	
72	Perú	25,489	0.1 %	
73	Ecuador	24,834	0.1 %	
74	Cuba	23,616	0.1 %	
75	Túnez	22,067	0.1 %	
76	República Dominicana	21,544	0.1 %	
77	Bahréin	21,327	0.1 %	
78	Croacia	21,118	0.1 %	
79	Bosnia-Herzegovina	18,629	0.1 %	

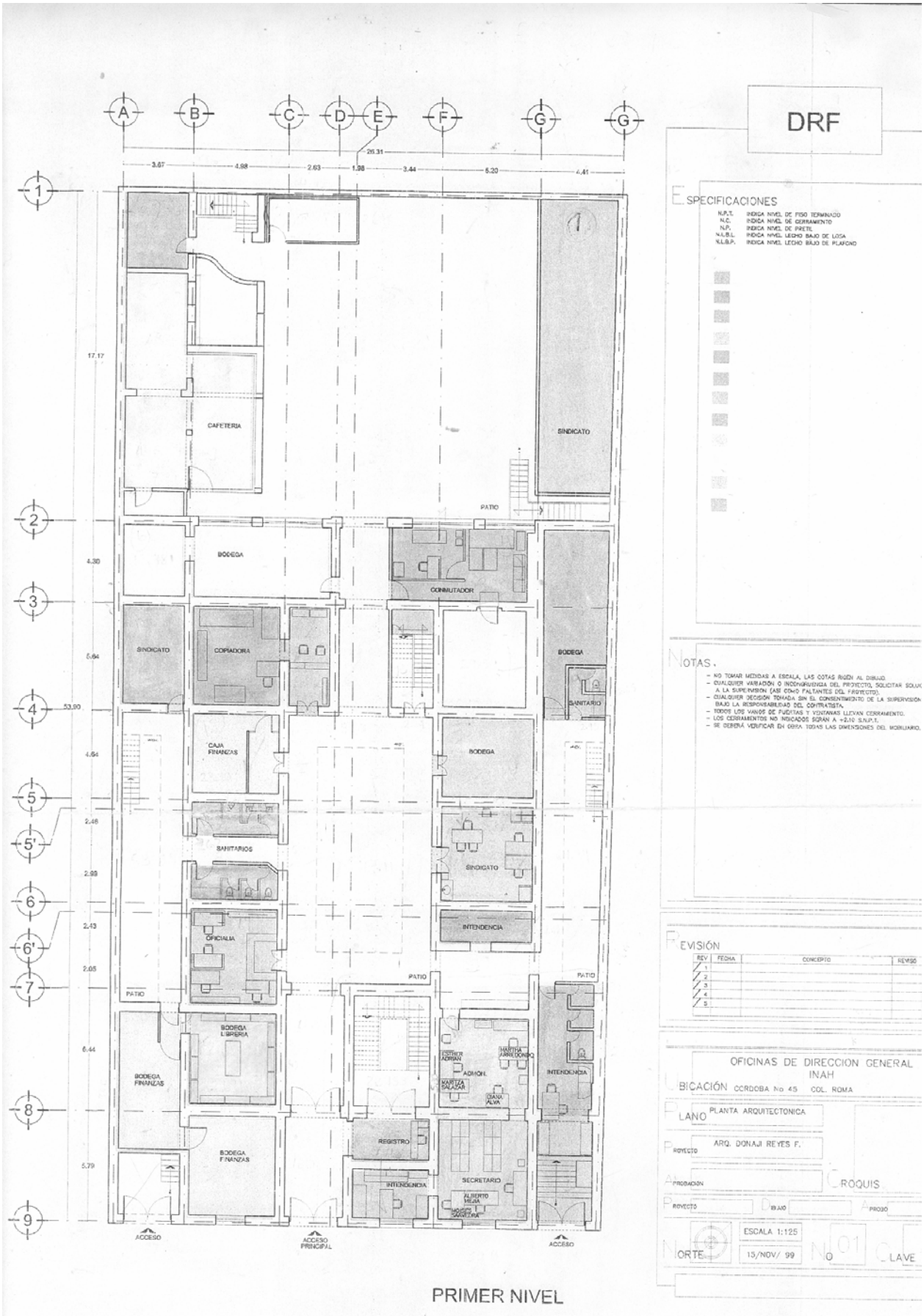
80	Jordania	16,728	0.1 %
81	Líbano	16,392	0.1 %
82	Estonia	15,943	0.1 %
83	El Salvador	15,310	0.1 %
84	Yemen	12,990	0.1 %
85	Lituania	12,565	0.1 %
86	Zambia	12,452	0.1 %
87	Jamaica	10,809	< 0.1 %
88	Sri Lanka	10,361	< 0.1 %
89	Guatemala	10,302	< 0.1 %
90	ARY Macedonia	10,258	< 0.1 %
91	Bolivia	10,075	< 0.1 %
92	Luxemburgo	9,442	< 0.1 %
93	Sudán	8,762	< 0.1 %
94	Mongolia	8,294	< 0.1 %
95	Angola	7,712	< 0.1 %
96	Myanmar	7,628	< 0.1 %
97	Ghana	7,513	< 0.1 %
98	Kenia	7,212	< 0.1 %
99	Moldavia	6,734	< 0.1 %
100	Chipre	6,671	< 0.1 %
101	Costa de Marfil	6,418	< 0.1 %
102	Letonia	6,306	< 0.1 %
103	Panamá	6,255	< 0.1 %
104	El Salvador	6,231	< 0.1 %
105	Etiopía	6,196	< 0.1 %
106	Brunéi	6,182	< 0.1 %
107	Honduras	5,951	< 0.1 %
108	Costa Rica	5,834	< 0.1 %
109	Kirguistán	4,957	< 0.1 %
110	Tayikistán	4,700	< 0.1 %
111	Senegal	4,182	< 0.1 %
112	Paraguay	4,122	< 0.1 %
113	Botsuana	4,100	< 0.1 %
114	Uruguay	4,082	< 0.1 %
115	Nicaragua	3,867	< 0.1 %
116	Nepal	3,847	< 0.1 %
117	Tanzania	3,583	< 0.1 %
118	Camerún	3,464	< 0.1 %
119	Gabón	3,456	< 0.1 %

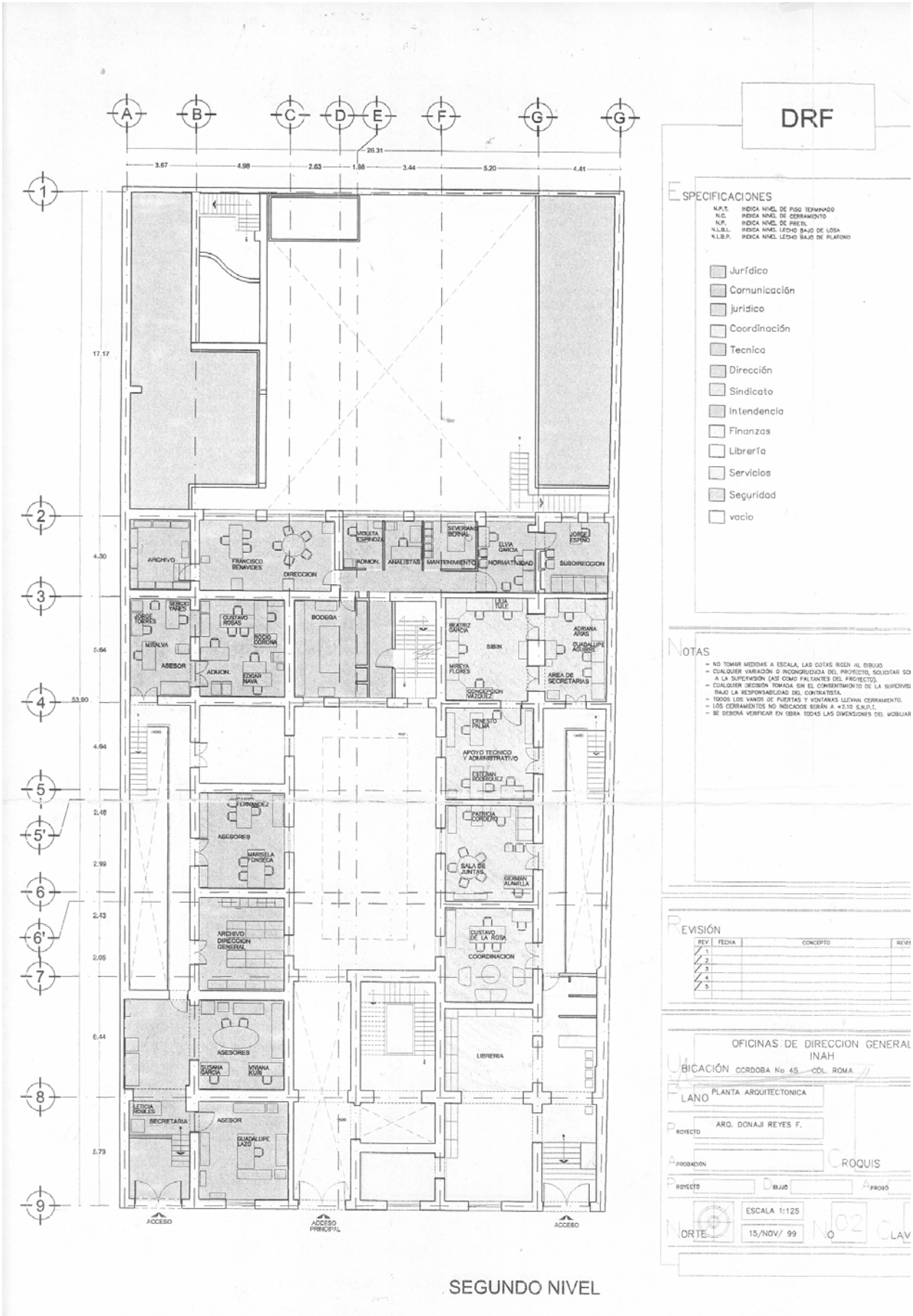
120	Georgia	3,305	< 0.1 %
121	Mauricio	3,114	< 0.1 %
122	Mauritania	3,097	< 0.1 %
123	Malta	2,958	< 0.1 %
124	Armenia	2,945	< 0.1 %
125	Albania	2,588	< 0.1 %
126	Papúa Nueva Guinea	2,482	< 0.1 %
127	República del Congo	2,346	< 0.1 %
128	Madagascar	2,308	< 0.1 %
129	Surinam	2,254	< 0.1 %
130	Islandia	2,215	< 0.1 %
131	Namibia	2,152	< 0.1 %
132	Bahamas	2,086	< 0.1 %
133	Zambia	2,046	< 0.1 %
134	Benin	1,922	< 0.1 %
135	República Democrática del Congo	1 782	< 0.1 %
136	Haití	1,770	< 0.1 %
137	Togo	1,733	< 0.1 %
138	Uganda	1,654	< 0.1 %
139	Guyana	1,610	< 0.1 %
140	Mozambique	1,502	< 0.1 %
141	Fiyi	1,353	< 0.1 %
142	Guinea	1,311	< 0.1 %
143	Laos	1 284	< 0.1 %
144	Barbados	1,222	< 0.1 %
145	Níger	1,216	< 0.1 %
146	Burkina Faso	1,091	< 0.1 %
147	Maldivas	1,032	< 0.1 %
148	Suazilandia	970	< 0.1 %
149	Belice	790	< 0.1 %
150	Malawi	786	< 0.1 %
151	Eritrea	652	< 0.1 %
152	Afganistán	618	< 0.1 %
153	Sierra Leona	609	< 0.1 %
154	Ruanda	585	< 0.1 %
155	Camboya	572	< 0.1 %
156	Malí	553	< 0.1 %
157	Seychelles	535	< 0.1 %
158	Liberia	447	< 0.1 %

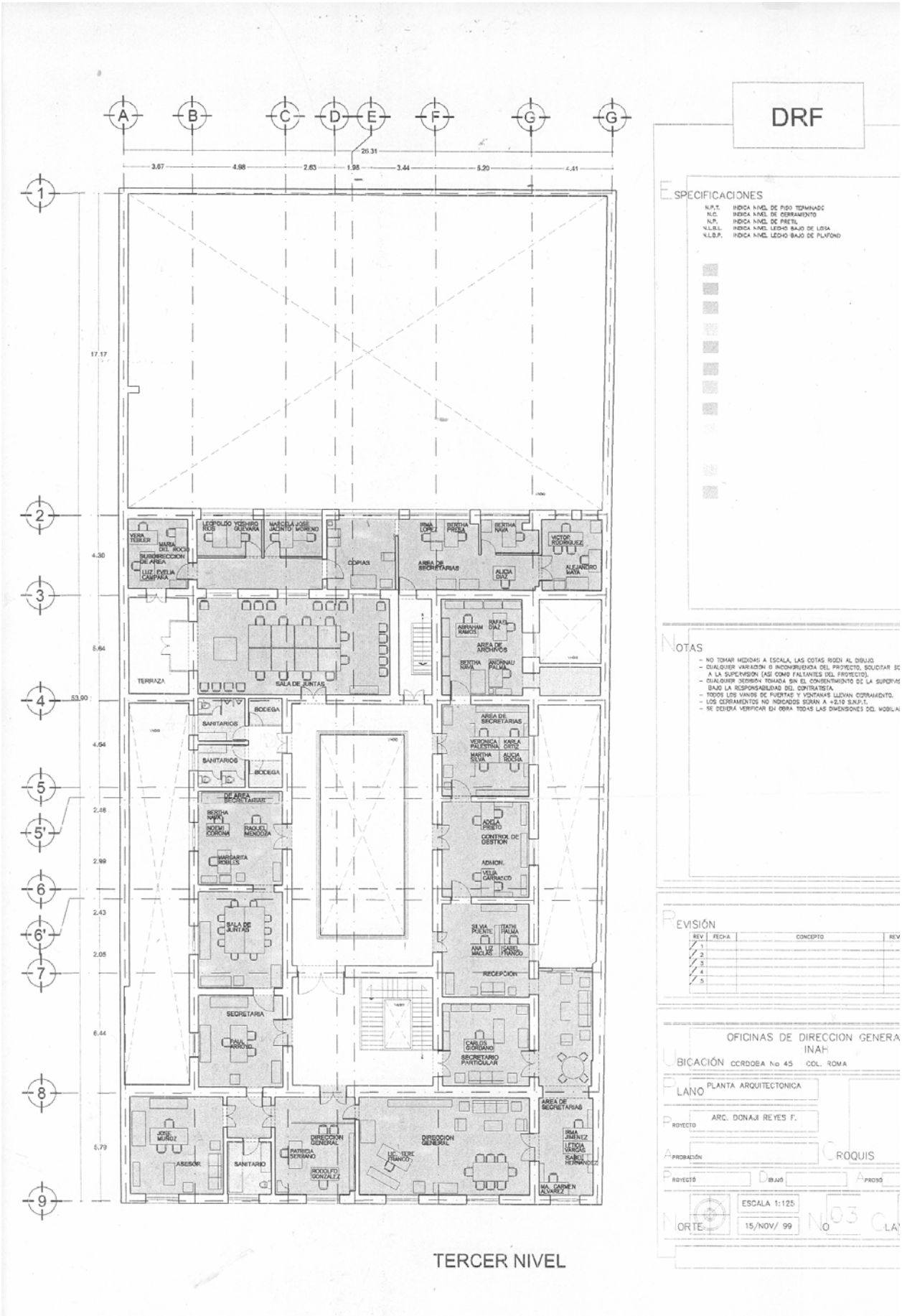
159	Bhután	396	< 0.1 %
160	Santa Lucía	378	< 0.1 %
161	Antigua y Barbuda	372	< 0.1 %
162	Yibuti	360	< 0.1 %
163	Gambia	283	< 0.1 %
164	Guinea-Bissau	280	< 0.1 %
165	República Centroafricana	277	< 0.1 %
166	Burundi	256	< 0.1 %
167	Palau	234	< 0.1 %
168	Granada	230	< 0.1 %
169	San Vicente y las Granadinas	184	< 0.1 %
170	Islas Salomón	172	< 0.1 %
171	Guinea Ecuatorial	169	< 0.1 %
172	Cabo Verde	147	< 0.1 %
173	Samoa	144	< 0.1 %
174	Nauru	138	< 0.1 %
175	Chad	132	< 0.1 %
176	Dominica	120	< 0.1 %
177	San Cristóbal y Nevis	114	< 0.1 %
178	Tonga	108	< 0.1 %
179	Santo Tomé y Príncipe	92	< 0.1 %
180	Vanuatu	86	< 0.1 %
181	Comoras	83	< 0.1 %
182	Kiribati	31	< 0.1 %
-	Micronesia	-	< 0.1 %
-	Lesotho	-	< 0.1 %
-	Liechtenstein	-	< 0.1 %
-	Somalia	-	< 0.1 %
-	Tuvalu	-	< 0.1 %

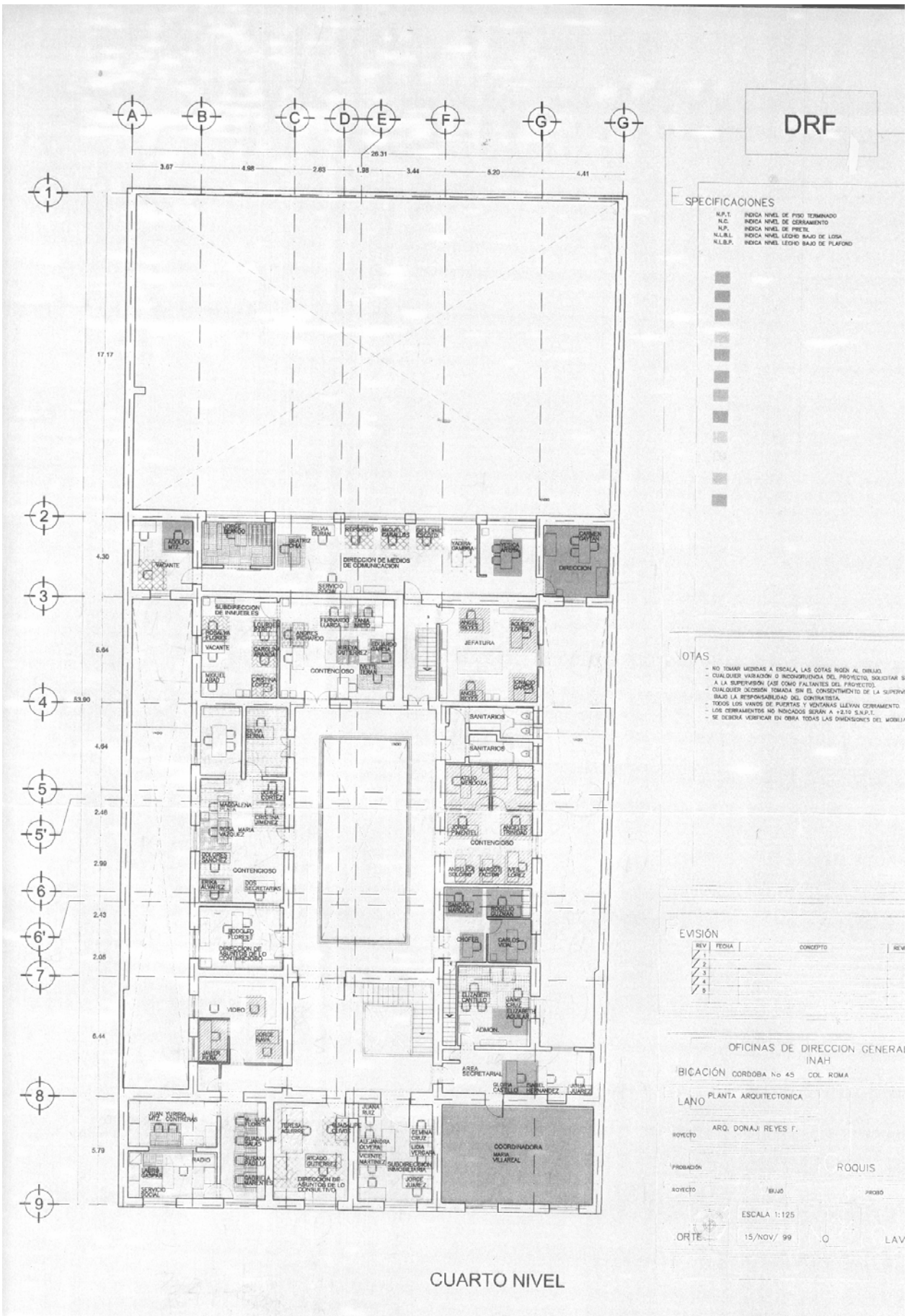
- Incluye solo el producido por humanos, el total en la atmosfera es de 810,000,000 miles de toneladas.

ANEXO B


DRF
ESPECIFICACIONES
N.P.T. INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
N.C. INDICA NIVEL DE CERRAMIENTO
N.P. INDICA NIVEL DE PRETIL
N.L.B.L. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE LOSA
N.L.B.P. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE PLAFOND
NOTAS.
- NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA, LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- CUALQUIER VARIACION O INCONGRUENCIA DEL PROYECTO, SOLICITAR SOLUC
A LA SUPERVISION (ASI COMO FALTANTES DEL PROYECTO).
- CUALQUIER DECISION TOMADA SIN EL CONSENTIMIENTO DE LA SUPERVISION
BAJO LA RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.
- TODOS LOS VANOS DE PUERTAS Y VENTANAS LLEVAN CERRAMIENTO.
- LOS CERRAMIENTOS NO INDICADOS SERÁN A +2.10 S.N.P.T.
- SE DEBERÁ VERIFICAR EN OBRA TODAS LAS DIMENSIONES DEL MOBILIARIO.
REVISIÓN
REV FECHA CONCEPTO REVISO
OFICINAS DE DIRECCION GENERAL
INAH
UBICACIÓN CORDOBA No 45 COL. ROMA
PLANO PLANTA ARQUITECTONICA
PROYECTO ARQ. DONAJI REYES F.
CROQUIS
ESCALA 1:125
NORTE 15/NOV/ 99
NO. 01
CLAVE
A
B
C
D
E
F
G
1
2
3
4
5
5'
6
6'
7
8
9
CAFETERIA
SINDICATO
PATIO
BODEGA
CONMUTADOR
COPIADORA
CAJA FINANZAS
SANITARIOS
OFICIALIA
BODEGA LIBRERIA
BODEGA FINANZAS
REGISTRO
INTENDENCIA
SECRETARIO
ADMON.
ACCESO
ACCESO PRINCIPAL
PRIMER NIVEL


DRF
ESPECIFICACIONES
N.P.T. INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
N.C. INDICA NIVEL DE CERRAMIENTO
N.P. INDICA NIVEL DE PRETIL
N.L.B.L. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE LOSA
N.L.B.P. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE PLAFON
Jurídico
Comunicación
juridico
Coordinación
Tecnica
Dirección
Sindicato
Intendencia
Finanzas
Librería
Servicios
Seguridad
vacio
NOTAS
REVISIÓN
OFICINAS DE DIRECCION GENERAL INAH
UBICACIÓN CORDOBA No 45 COL. ROMA
PLANO PLANTA ARQUITECTONICA
PROYECTO ARQ. DONAJI REYES F.
CROQUIS
ESCALA 1:125
15/NOV/ 99
NORTE
ACCESO
ACCESO PRINCIPAL
ACCESO
SEGUNDO NIVEL


DRF
ESPECIFICACIONES
N.P.T. INDICA NIVEL DE PISO TERMINADO
N.C. INDICA NIVEL DE CERRAMIENTO
N.P. INDICA NIVEL DE PRETIL
N.L.B.L. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE LOSA
N.L.B.P. INDICA NIVEL LECHO BAJO DE PLAFOND
NOTAS
REVISIÓN
OFICINAS DE DIRECCION GENERA
INAH
UBICACIÓN CORDOBA No 45 COL. ROMA
PLANO PLANTA ARQUITECTONICA
PROYECTO ARC. DONAJI REYES F.
APROBACIÓN
CROQUIS
PROYECTÓ
DIBUJÓ
ESCALA 1:125
15/NOV/ 99
NORTE
TERCER NIVEL



CUARTO NIVEL

ANEXO C

Formato F1. Datos básicos del inmueble

Conae	**DATOS BÁSICOS DEL INMUEBLE**	**FORMATO F1**
		FECHA:
		DEN MI:

1. EDIFICIO

Descripción	Uso	OFICINAS
	Propio	( )
	Arrendado	( )

Empresa		
Calle y No.		
Colonia/Localidad	Ciudad	
Delegación/Municipio	Estado	Código Postal

2. CONSTRUCCIÓN

Edificio	No. de niveles	Área m^2 (Aprox.)		Año de	
		Por nivel	Por Edificio	Construcción	Operación
		Área total (m^2)			
		Superficie del terreno (m^2)			

3. HORARIO DE TRABAJO Y PERSONAL

Horario de trabajo:		No. de Personas:	

4. ELECTRICIDAD

Tarifa (s):	No. Cuenta (1)	No. Cuenta (2)
	No. Cuenta (3)	No. Cuenta (4)
Región:	Capacidad de la(s) subestación(es) en kVA:	
	Capacidad de la(s) planta(s) de emergencia en kW:	

5. AIRE ACONDICIONADO

El inmueble tiene equipo de aire acondicionado		Si ( )	No ( )
	Capacidad instalada:	TR:	kW:

Realizó:	
Cargo:	Teléfono (extensión):
Dirección:	e-mail:

ANEXO D

Formato F2-A. Para inmuebles en tarifas 2, 3 y OM

Conae	DATOS DE FACTURACIÓN ELECTRICA (TARIFA 2, 3 u OM)						FORMATO F2-A	
							FECHA	
							DEN MI	
Inmueble :								
Tarifa (2, 3 u OM):			Región:					
Periodo		Mes	Demanda máxima [kW]	Consumo de energía [kWh]	Factor de potencia [%]	Factura eléctrica [$]		
Inicio	Fin							

ANEXO E

Formato F3. Zonificación de áreas

Conae	ZONIFICACIÓN DE ÁREAS						FORMATO F3
							FECHA:
Inmueble :							DEN MI:
Edificio	Nivel	Zona*	Descripción	Superficie [m^2]	AA%**	Observaciones	

*Nota: Ver Anexo B, claves de zonificación

** Porcentaje de del área que cuenta con aire acondicionado

ANEXO F

Formato F4. Equipos de alumbrado

Conae	CENSO DE EQUIPOS DE ALUMBRADO	FORMATO F4
		FECHA:
Inmueble :		DEN MI:

Edificio	Nivel	Zona	Código del equipo	Descripción del equipo	Potencia [W]	Cantidad de equipos	Oper. en Dmax. S/N	Tiempo de uso promedio [horas/dia]		
								Lun-Vie	Sab	Dom

Nota: el codigo del equipo se obtiene directamente en la herramienta de captura de información

ANEXO G

Claves de zonificación de inmuebles de oficinas

Área	Descripción	Clave
General	Recepción y registro	01
	Vestíbulos y elevadores	02
	Pasillos	03
	Escaleras	04
	Baños	05
	Estacionamiento cubierto	06
	Otros (especificar)	07
	Otros (especificar)	08
	Otros (especificar)	09
Oficinas	Trabajo casual	11
	Oficinas privadas y cubículos	12
	Trabajo con computadora personal (PC)	13
	Archivo activo	14
	Archivo con poco uso	15
	Otros (especificar)	16
	Otros (especificar)	17
	Otros (especificar)	18
	Otros (especificar)	19
Salas	De juntas	21
	De espera	22
	Aulas	23
	Biblioteca	24
	Auditorio	25
	Usos múltiples	26
	Otros (especificar)	27
	Otros (especificar)	28
	Otros (especificar)	29
Bodegas y talleres	Papelería	31
	Material varios	32
	Talleres	33
	Cuarto de máquinas	34
	Subestación	35
	Otros (especificar)	36
	Otros (especificar)	37
	Otros (especificar)	38
	Otros (especificar)	39

Servicios	Cocina Comedor Exhibiciones Vigilancia Alojamientos Otros (especificar) Otros (especificar) Otros (especificar) Otros (especificar)	41 42 43 44 45 46 47 48 49
Específicas	Dibujo Cómputo Impresión Cajero Conmutador Laboratorio Consultorio médico Otros (especificar) Otros (especificar)	51 52 53 54 55 56 57 58 59

9. BIBLIOGRAFÍA

http://www.inah.gob.mx, 5/Noviembre/2004

http://www.conae.gob.mx, 17/Noviembre/2004

SECRETARIA DE ENERGÍA.
"Prospectiva del sector Eléctrico 1997-2006."
México, 1997, 126 pág.

SENER (Secretaria de Energía).
CONAE. "**Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética 2002**"
México, 2002.

CONAE
"**Programa de ahorro de energía en inmuebles de la administración pública federal**"
México, 2003.

FIDE
DURÁN RAMÍREZ, Ricardo
"**Energía Racional**"
Año 14. Núm. 55, Abr-Jun. 2005

CONAE, (Comisión Nacional Para el Ahorro de Energía)
"Iluminación".
www.conae.gob.mx
Enero de 2004

CONAE, SECRETARIA DE ENERGÍA
"Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001"
Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales
México, 25-abril-2001

LA JORNADA
TERESA RAMÍREZ, Bertha
"**Beneficios del Protocolo de Kyoto**"
4 Mayo del 2005

GACETA, UNAM
ROMERO, Laura.
"**El Protocolo de Kyoto, oportunidad para México de conservar su ambiente**"
México, 28 de febrero de 2005

CIENCIAS
ENCISO, Angélica.
"**Se emitirán bonos de carbono para promover baja de emisión de gases**"
México, 19 Marzo de 2005.

SENER
GARIBALDI, José Alberto.
"**Bonos de Carbono y Ahorro de Energía**"
México, Mayo de 2003

ATPAE (La Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética)
Curso de Inducción XXIII Seminario Nacional
"**Profesional Certificado en Eficiencia Energética**"
México D.F., Agosto 2004.

ATPAE (La Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética)
Curso de Inducción XXIII Seminario Nacional
"**Sobre el uso racional de la Energía y Exposición de equipos y servicios**"
México D.F., Agosto 2004

ALATRISTE Galván, Pablo
Energía Hoy: "**Protocolo de Kyoto**". Año 3. Noviembre 2004
Pag. 52.

AREVA
Perspectivas
"**Efecto Invernadero: Crónica de una Catástrofe anunciada**"
Tercer trimestre, 2005 No. 05

Chagoya Montes de Oca, Javier Ángel
"**Metodología del ahorro de energía en iluminación**"
Tesis de licenciatura en Ingeniería Eléctrica
UNAM, ENEP Aragón, 2001.

Enríquez Harper, Gilberto
"**El ABC de la calidad de la energía eléctrica"**
Editorial Limusa 2ª. Edición, México 2001.

FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica)
"Manual de recomendaciones para el ahorro de energía en instalaciones eléctricas".
México D.F., 2000.

FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica)
Curso, "**Introducción al ahorro de energía en sistemas de iluminación interior**".
México, D.F. Julio del 2003.

GE (GENERAL ELECTRIC),
Catálogo de especificaciones técnicas. "**Catálogo de iluminación"**.
México, 2004.

OSRAM,
Catálogo de especificaciones técnicas. "**Información general de iluminación"**
México, 2004

PHILIPS,
Catálogo de especificaciones técnicas.
“Información general de iluminación.”
México, 2002

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

NOM-025-STPS-1999, Norma Oficial Mexicana, condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Indalux, 2002. **Luminotecnia.** España. 2004.
www.indalux.es