



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

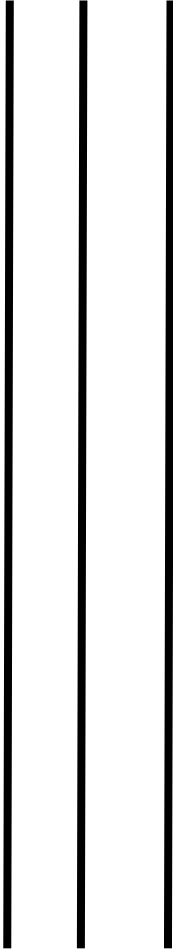
ALTERNATIVA
DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
PARA LA ILUMINACIÓN EN
EL EDIFICIO PRINCIPAL DE INGENIERÍA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO
MÓDULO DE ELÉCTRICA DE POTENCIA

PRESENTAN:

ARTURO ALBERTO GONZÁLEZ ESTRADA
JOSÉ EMMANUEL GARCÍA ARREDONDO



DIRECTOR DE TESIS
ING. EDUARDO CARRANZA TORRES

FEBRERO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por bendecirnos a lo largo de toda la vida. A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por brindarnos la oportunidad de ser parte de ellas, a todos nuestros profesores que compartieron con nosotros sus preciados conocimientos, ya que gracias a ellos hemos sentado las bases para este trabajo. También queremos agradecer a nuestro asesor el Ing. Eduardo Carranza Torres por habernos guiado en esta etapa tan importante para nosotros, a nuestro jurado por sus comentarios y críticas a este trabajo. Nos resta agradecer a todos los que nos apoyaron durante la realización de esta tesis.

Por sus enseñanzas y por el tiempo que nos dedicaron, gracias.

Dedicatorias

En especial quiero dedicar el presente documento a mi Madre, como mi principal apoyo, simple y sencillamente no sería la persona que soy el día de hoy, que nunca a partir del momento que me dio la vida me ha dejado sin su apoyo, en las buenas y en las malas haciéndome siempre ver que es muy fácil equivocarse y es lo que más debo cuidar de no hacer, y que a pesar de muchas dificultades por las que he pasado debido a estas equivocaciones cometidas siempre ha sido mi guía orientándome en lo que es lo correcto por hacer, ella es mi mejor consejo y una de mis principales motivaciones. Su buen juicio y crítica siempre me han ayudado a salir adelante y que a pesar de que yo ya sea una persona mayor sé que siempre me va a hacer falta escucharla, es la persona que más se alegra de mis pequeños logros como yo los considero, para ella se que siempre serán los mayores.

A mi Padre, por transmitirme a través de su disciplina su conocimiento, que en su momento no entendía. Me ha servido a lo largo de todos estos años para poder analizar, proyectar, realizar, lograr y mejorar muchas cosas y no dejar de querer hacer otras que aun tengo en mente por realizar, de fomentarme ese hábito del trabajo que hace que ambiciones y luches por lo que necesitas y por lo que quieres y ser siempre una persona de bien.

A mis Hermanas María Magdalena y Paola, que gracias a su buen juicio y paciencia he podido salir adelante habiendo tomado buenas decisiones.

A mi Abuela, que tuvo el acierto de confiar en mí y apoyarme en mis necesidades, siempre si manera de ver las cosas me ha abierto puertas que pueden verse cerradas.

A mis Amigos, “porque siempre nos hacen falta y ellos se han ganado ese título con honores”, a los que de una manera directa e indirecta han contribuido al enriquecimiento de mi pensamiento, a la organización y mis realización de mis actividades tanto dentro como fuera de esta institución de enseñanza a la que pertenezco y más por la gente que me ha involucrado para que tal cosa suceda, a darme ánimo en aquellos momentos en los que me ha faltado esa motivación importante para realizar lo que me he propuesto y aquellos que me han ayudado a ser una persona mucho más tolerante y reflexiva. Sería ambicioso citar a todos pero bien saben que sus caminos que se han cruzado con el mío son aquellos a los que es. En especial quiero agradecer a:

***Emmanuel García. Arredondo.** Por todo el apoyo que me ha brindado en la realización del presente documento, que gracias a su constancia ha sido posible llegar a este momento.*

***José Luis Santillán. Camacho.** Que su carácter me permite poder tomar las situaciones difíciles de manera positiva, de su inteligencia práctica para ver que todo tiene una solución y siempre esta es la más simple. Durante un lapso de tiempo muy*

lago tanto él como su familia fueron mi principal y único apoyo, es algo que nunca olvidaré.

***Eduardo Carranza Torres.** Desde que lo conozco siempre me ha motivado para seguir adelante y no rendirme, llegando en el momento que más difícil parecían ser las cosas. siempre buscando que nuestro quehacer y situación tienda a mejorar con el paso del tiempo, me ha apoyado de forma importante para priorizar mis ideas, mis objetivos y poder visualizar, planear, trazar, realizar y revisar de una manera muy clara mis actividades y mis metas de manera realista, medibles y en corto plazo.*

Y a Todos aquellos que saben que no les quiero perder la pista y que por causas de nuestras actividades hemos podido compartir esos momentos valiosos y, mismos menesteres también que hacen que ya nos veamos tan seguido pero que sabemos que todo se justifica por nuestro bien y éxito en nuestra vida personal y profesional.

*A todos ellos, de corazón. **Muchas gracias por todo lo compartido.***

Arturo Alberto González Estrada

Dedico la presente a mi Madre por su apoyo y consejos, por guiarme en todo momento y ser parte fundamental de mi vida. No existen palabras para describir todo el amor que me ha brindado a lo largo de todos estos años, ese amor que es incondicional y que siempre estará allí aún cuando no sea correspondido de mi parte. Aprecio por parte de ella su manera de ser, su paciencia y su total entrega a mi familia, sin duda ella es la parte medular de nuestra convivencia. Ella suele ser para mí una gran inspiración y motivación en las acciones que realizó todos los días, aunque muchas veces yo lo olvide. Agradezco su apoyo en los momentos difíciles cuando lo he requerido, su insistencia de ella para que yo salga adelante y pueda lograr mis metas. Simple y sencillamente gracias Madre por ser como eres y por eso te amo.

A mi Padre, por ser aquella persona que puedo contar para pedir un consejo, por su comprensión y su papel de amigo que a veces me brinda. Por haberme guiado en el camino de la responsabilidad y del trabajo. Gracias por brindarme las condiciones y los medios para llegar en este momento tan importante para mí.

A mis Hermanos Miriam, Jaime y Luis que sin duda fueron, son y serán mis mejores amigos de toda la vida, ellos han sido para mí un ejemplo a seguir, sus acciones son congruentes con su manera de pensar, son seres queridos que admiro por que han llegado a sus metas con trabajo duró y perseverancia. También a ellos les agradezco su apoyo y consejos.

A mis amigos, que donde quiera que estén les agradezco los momentos de dicha aun a pesar de la distancia y los pocos momentos de encuentro que tenemos, gracias por compartir conmigo sus motivaciones, consejos y puntos de vista en general. En donde quiera que estén les deseo lo mejor y mucho éxito en sus respectivas vidas.

A Arturo Alberto González por haber compartido conmigo su conocimiento, pero sobre todo su más sincera forma de ser, la de un amigo. Gracias por compartir este trabajo conmigo.

A Eduardo Carranza Torres por ser una persona que brinda apoyo a toda persona que lo necesita y lo merece, por ser aquel profesor que enseña y comparte conocimientos sin ningún recelo y que muchas veces suele ser aquella persona que aconseja en momentos difíciles. Muchas gracias a él por haberme ayudado en esta etapa tan importante para mí.

Finalmente le agradezco a Dios, por ser aquel amigo que nunca me ha dejado, me es incondicional, aunque a veces yo no le sea incondicional a él. Le agradezco por todo lo que me ha brindado sobre todo por mi salud, mi familia y en general a mis seres queridos. Eres mi pastor: nada me puede faltar. Gracias por guiarme en los momentos más difíciles.

García Arredondo José Emmanuel

Alternativa de Ahorro de Energía Eléctrica para la Iluminación en el Edificio Principal de Ingeniería

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1 TENDENCIAS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN DE INTERIORES

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. TRATADO DE KIOTO

1.1.2. AUMENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

1.1.3. DEPENDENCIA ENERGÉTICA INTERNACIONAL

1.1.4. TECNOLOGÍAS EFICIENTES

1.1.5. CONOCIMIENTO SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

1.3. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.3.1. INTENSIDAD ENERGÉTICA

1.4. TENDENCIAS PARA EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE INTERIORES

1.4.1. PERSPECTIVA CLIENTE

1.4.1.1. CAMBIO DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS LFC.

1.4.1.2. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

1.4.1.2.1. ETIQUETADO ENERGÉTICO DE PRODUCTOS DE ILUMINACIÓN

1.4.1.3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS.

CAPÍTULO 2 INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS DE ILUMINACIÓN

2.1. FÍSICA DE LA LUZ

2.1.1. NATURALEZA DE LA LUZ

2.1.2. LA LUZ COMO FENÓMENO ONDULATORIO

2.1.3. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

2.1.4. INTERACCIÓN ENTRE LA LUZ Y LA MATERIA

2.1.5 EL SISTEMA VISUAL

2.1.6 VISIÓN FOTÓPICA, ESCOTÓPICA Y MESÓPICA

2.1.7 COLOR DE LA LUZ

2.2. FOTOMETRÍA Y COLORIMETRÍA

2.2.1. CONCEPTOS: UNIDADES Y MAGNITUDES

2.2.1.1. ANGULO SÓLIDO ω (estereoradián)

2.2.1.2. FLUJO LUMINOSO Φ [lumen]

2.2.1.3. INTENSIDAD LUMINOSA I [Candela]

2.2.1.4. EFICACIA LUMINOSA [lumen / watt]

2.2.1.5. ILUMINANCIA E [lux]

2.2.1.6 LUMINANCIA L [Candela / m²]

2.2.1.7. DESLUMBRAMIENTO

2.2.1.8. VISIBILIDAD

2.3. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES Y CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

- 2.3.1. ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR [IRC o Ra]
- 2.3.2. CORRIMIENTO DE COLOR
- 2.3.3. TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA [TCC]
 - 2.3.3.1. MIRED
- 2.3.4. EFICACIA LUMINOSA
- 2.3.5. VIDA NOMINAL
- 2.3.6. VIDA ECONÓMICA
- 2.3.7. VIDA MEDIA
- 2.3.8. RANGO DE POTENCIA
- 2.3.9. TIEMPO DE ENCENDIDO
- 2.3.10. TIEMPO DE REENCENDIDO
- 2.3.11. FALLA TÍPICA
- 2.3.12. DEPRECIACIÓN DE LUMENS DE LÁMPARA [DLL]
- 2.3.13 FACTOR DE DAÑO
- 2.3.14 COSTO INICIAL DE EQUIPO (CIE)
- 2.3.15 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN

CAPITULO 3 SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE

- 3.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE
- 3.2. LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (CFL)
- 3.3. LÁMPARAS FLUORESCENTES T8 Y T12
 - 3.3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA
 - 3.3.2. OPERACIÓN DE LA LÁMPARA
 - 3.3.3 LUMINARIA TROFFER FLUORESCENTE
- 3.4. LIBERACIÓN DE MERCURIO POR LOS RESIDUOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES AL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO.
 - 3.4.1. DATOS ESTADÍSTICOS DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES EN MÉXICO
 - 3.4.2. LEGISLACIÓN MEXICANA SOBRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

CAPITULO 4 SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- 4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA
 - 4.1.1 SISTEMA DE LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR INTERNO
 - 4.1.1.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA
 - 4.1.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR INTERNO
 - 4.1.2 SISTEMA DE LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO
 - 4.1.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA
 - 4.1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO

- 4.1.3 LA TECNOLOGÍA LED: PRINCIPAL RIVAL DE LOS SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA
- 4.1.3.1 SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

CAPITULO 5 COMPARACIÓN DE SISTEMAS FLUORESCENTES Y SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- 5.1. COMPARATIVA DE SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON SISTEMAS FLUORESCENTES
 - 5.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÁMPARA
 - 5.1.1.1. PROCESO DE CONVERSIÓN DE RADIACIÓN UV-C A LUZ
 - 5.1.1.2. CÁTODOS DE LA LÁMPARA
 - 5.1.1.3. MEDIO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA A LA LÁMPARA
 - 5.1.1.4. GASES CONTENIDOS EN LAS LÁMPARAS
 - 5.1.1.5. TECNOLOGÍA DE AMALGAMA DE MERCURIO
 - 5.1.1.6. VIDA MEDIA
 - 5.1.1.7. ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR
 - 5.1.1.8. TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA
 - 5.1.1.9. EFICIENCIA LUMINOSA
 - 5.1.1.10. TEMPERATURA AMBIENTE DE OPERACIÓN
 - 5.1.1.11. TIEMPO DE ENCENDIDO
 - 5.1.1.12. OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS
 - 5.1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL INDUCTOR
 - 5.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL BALASTRO / GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA
 - 5.1.3.1. TIPO DE INTERFASE PARA LÁMPARA
 - 5.1.3.2. BALASTRO
 - 5.1.3.2.1. BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES
 - 5.1.3.2.2. BALASTRO ENCENDIDO RÁPIDO
 - 5.1.3.2.2.1. DISTANCIA MÁXIMA ENTRE LA LÁMPARA Y EL REFLECTOR DE LÁMPARA
 - 5.1.3.2.3. GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA
 - 5.1.3.4. PARÁMETROS DE BALASTRO PARA SISTEMAS FLUORESCENTES DE ENCENDIDO RÁPIDO/ GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA PARA SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

CAPITULO 6 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE SISTEMAS EFICIENTES (FLUORESCENTE Y DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA) DE ILUMINACIÓN PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

- 6.1. NORMATIVIDAD VIGENTE APLICABLE AL ANÁLISIS PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
 - 6.1.1. NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)
 - 6.1.2. NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA (NOU)
 - 6.1.3. NOM -025 STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO
 - 6.1.4. NOM-007-ENER-2004, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES
- 6.2. ILUMINACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA
- 6.3. CASO BASE DEL ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE ILUMINACIÓN PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

- 6.3.1 ANÁLISIS GENERAL DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
 - 6.3.1.1. LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO
 - 6.3.1.2 DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS
- 6.3.2 ANÁLISIS ELÉCTRICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
- 6.3.3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
- 6.4. PROPUESTA DE SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA
- 6.5. PERFIL DE CARGA Y TARIFAS ELÉCTRICAS
- 6.6. ANÁLISIS PRESUPUESTAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PRESENTES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR LOS SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

El tema del ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de Eficiencia Energética, es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generado como consecuencia de la contaminación ambiental de los gases de efecto invernadero, cuyo objeto se enmarca en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas para remediar y detener el deterioro ambiental del planeta.

En el ámbito de la Eficiencia Energética, la energía eléctrica, es uno de los principales recursos, necesarios en el desarrollo de los pueblos, que influye directamente en la calidad de vida del hombre y su aumento en el consumo; es a su vez el resultado, principalmente, del incremento en el proceso de la industrialización, del aumento poblacional y de la demanda generalizada por mas comodidades en el sector residencial, donde la iluminación ha sido y es, uno de los factores que genera el mayor incremento de la demanda energética.

Consecuentemente, la iluminación es el medio o elemento esencial para el desarrollo de las personas, que entre otras razones, permite mejorar su desempeño y prolongar sus actividades más allá de las horas de luz natural, de donde surge la necesidad de considerar el análisis y estudio sobre el ahorro y empleo racional de la electricidad para la iluminación. En México, que se caracteriza por un alto nivel de consumo energético en iluminación, en todos los sectores tanto públicos como privados, los sistemas e instalaciones destinados a este fin son determinantes para el ahorro de la electricidad y la disminución de las emisiones contaminantes; cuya importancia justifica, el estudio propuesto sobre Alternativa de Ahorro de Energía Eléctrica para la Iluminación en el Edificio Principal de Ingeniería.

La necesidad de elevar el nivel de eficiencia energética, motiva a implementar una nueva tecnología en el sector de iluminación general. Entre ellas se encuentra la del sistema de iluminación de inducción electromagnética, que afirma un mayor ahorro energético que la tecnología utilizada en el Edificio Principal de Ingeniería en la actualidad.

Para elegir esta tecnología, se debe respaldar en un estudio adecuado, análisis estandarizado que verifique la alta eficiencia de esta relativa nueva tecnología y si además provee mayores o iguales beneficios económicos. En este sentido, en el presente documento se expone los resultados de un análisis comparativo del sistema de iluminación de inducción electromagnética con el sistema fluorescente, tema principal de nuestra investigación.

En el cuerpo del trabajo, se presentarán los resultados de los análisis técnicos realizados para la comparativa de sistema fluorescente en formatos que están ya establecidos en el edificio con el equivalente de inducción electromagnética, a fin de conocer sus diferencias en sus propiedades colorimétricas, fotométricas, eléctricas y de duración.

El estudio técnico tendrá como objetivo la comparación del sistema de inducción electromagnética y fluorescente basado en la obtención del mismo nivel de iluminación para el Edificio Principal de Ingeniería. Se tomarán dos casos de estudio, es decir, un edificio con sistema de iluminación de inducción electromagnética de forma especulativa en base claro está a las necesidades que requiere el edificio y otro con un sistema de iluminación fluorescente que ya existe por supuesto.

La consecución de este objetivo permitirá determinar la potencia instalada, la iluminancia obtenida, número de luminarias empleadas, para la implementación del sistema de iluminación inducción electromagnética y Fluorescente.

En el análisis técnico se establecerá la potencia consumida, ahorro energético, número de renovaciones o reemplazos de los dos sistemas de iluminación analizados. Estos datos destacarán la eficiencia de cada tecnología.

En el estudio económico se considerarán todos los rubros necesarios para establecer la inversión inicial y los costos operativos. Con esta información se facilitará la elaboración del estado de ingresos y egresos proyectados para cada sistema de iluminación.

Como penúltimo aspecto se tendrá la evaluación del proyecto, donde se expondrá el factor de recuperación de la inversión, cuyos resultados permitirán demostrar factibilidad del proyecto y en base a esto recomendar o no la inversión.

OBJETIVOS

General

- Analizar el estado actual de los sistemas de iluminación existentes en las instalaciones del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería,
- Analizar, proponer y con un nuevo sistema mejorar las condiciones actuales de iluminación. Se propone tecnología de inducción electromagnética.

Específicos

- Levantar la información base acerca de los sistemas de iluminación existentes.
- Determinar la metodología a emplear para comparar los diferentes sistemas de Iluminación.
- Realizar el análisis comparativo entre la tecnología existente y la propuesta técnica.
- Analizar los resultados obtenidos con base a los procedimientos de análisis comparativo encontrado las disminuciones de energía, costos, etc.
- Llegar a establecer una propuesta de ahorro de energía que pueda implementarse en la Facultad de Ingeniería.

CAPÍTULO 1

TENDENCIAS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN DE INTERIORES

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. TRATADO DE KIOTO

Las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero que se generan en el mundo, producen el incremento de la temperatura del planeta. Con este antecedente, los países reunidos en Kioto (1997), tomaron medidas para detener el cambio climático a través de la reducción del 5% de las emisiones contaminantes, a nivel global, firmándose el tratado que lleva el nombre de esta ciudad. Este objetivo se debía alcanzar en el periodo 2008-2012, medido con relación a las emisiones de 1990.

A nivel mundial, del total de gases emitidos, producto de una combustión, el principal de ellos es el Bióxido de Carbono (CO₂), responsable de más del 60% del efecto invernadero, alcanzando en la actualidad cifras superiores a los 25.000 millones de toneladas, de las cuales el “21% corresponde a la generación eléctrica”.

De acuerdo con el tratado de Kioto, los países deben ser eficientes en la producción con respecto a las emisiones que pueden causar y al nivel de energía consumida.

De acuerdo con la Figura I.1, los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), eran los principales causantes de las emisiones de CO₂ y esta es una de las razones para que los mencionados países firmaran este tratado; sin embargo, en base a las proyecciones la tendencia ha cambiado y para el 2020 los países en vías de desarrollo alcanzarán y sobrepasarán al resto de países en la emisión de estos gases.

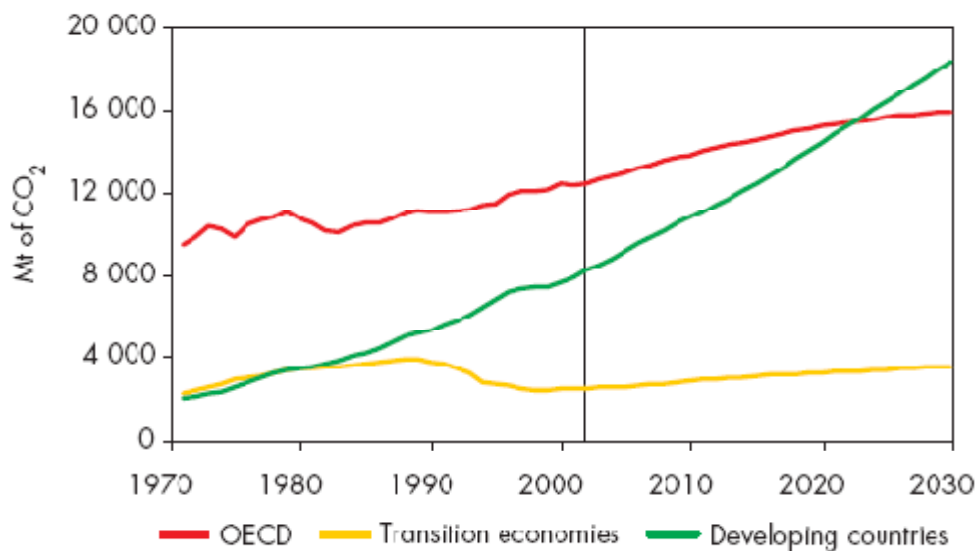


FIGURA I. 1: Emisiones de CO₂ en relación a la energía mundial

1.1.2. AUMENTO DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

A medida que la industrialización iba tomando fuerza en muchos países, la demanda de energía era cada vez mayor, no solo por el incremento industrial, sino también por el crecimiento urbanístico y el aumento de la calidad de vida de sus habitantes. Este mejoramiento en la calidad de vida se da después de la generalización del uso del refrigerador y aire acondicionado en los años cincuenta y del apareamiento del televisor en los sesenta.

Las fuentes para la producción de energía con combustibles fósiles, son el carbón, el gas natural y el petróleo; solo en América Latina, la cantidad de electricidad generada con estos carburantes es de 260.11 TWh que representa el 26,97% de su consumo¹; pero el petróleo, es uno de los principales y el que más necesitan los países, razón por la cual, la demanda energética se refleja en la demanda petrolera de cada país. En los últimos 60 años, la distribución energética no tuvo mayor dificultad, frente a la creciente sed de energía en el mundo. Exclusivamente hablando de petróleo, la demanda global subió de 31 a 85 millones de barriles diarios, solamente entre 1965 y 2007 y la producción del hidrocarburo aumentó en cantidades semejantes en esos años. Se proyecta que la

¹Calculado con datos obtenidos de la IEA en la sección Electricity/Heat Data for Latin America

demanda siga con ese patrón; sin embargo, no ocurre nada similar con la producción, que más bien alcanzará su máximo en unos años y luego caerá irreversiblemente, aunque dados los últimos acontecimientos económicos mundiales, es de esperar que la demanda proyectada tenga modificaciones. La figura I.2 muestra la evolución mundial en el consumo de petróleo.

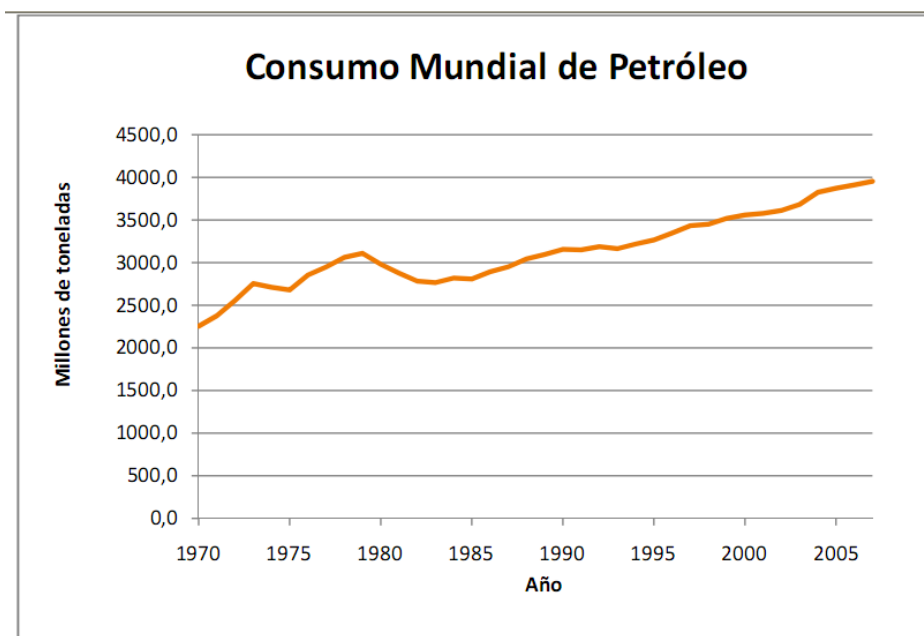


FIGURA I. 2: Consumo Mundial de Petróleo

La electricidad producida por derivados del petróleo, se distribuye para diferentes usos, como iluminación, calefacción, refrigeración, entre otros. Los consumos en iluminación est n incrementándose día a día y en el 2006 se consumieron 650 millones de toneladas equivalentes de petróleo (TOE). La cantidad de electricidad consumida en iluminación es casi la misma cantidad producida con la quema de gas y alrededor del 15% más que la producida entre la nuclear e hidroeléctrica y "si no se toman medidas urgentes, la cantidad de energía utilizada para la iluminación, será un 80% superior en el 2030; y por el contrario, si hoy utilizamos las nuevas tecnologías y técnicas de iluminación más eficientemente, la demanda energética para iluminación no será mayor que en la actualidad"².

² Claude Mandil, Director Ejecutivo de la Agencia Internacional de Energía, en la presentación del informe "Policies for Energy-efficient Lighting".

1.1.3. DEPENDENCIA ENERGÉTICA INTERNACIONAL

La escasez a nivel mundial de recursos energéticos y las limitaciones de la capacidad de producción petrolera, hace que los países que no los poseen, se vuelvan dependientes de otros, lo que trae consigo una dependencia energética, política y económica.

Las economías de los países dependientes son bastante vulnerables a los cambios volátiles en los precios internacionales del petróleo y a los precios procedentes de la importación de energía. Los altos costos de la energía eléctrica, del gas y del combustible, contribuyen a una subida de precios en todas las direcciones, desmejorando la calidad de vida humana y propiciando el caos general. El porcentaje de dependencia energética por regiones, con respecto a la importación de petróleo se muestra en la figura I.3

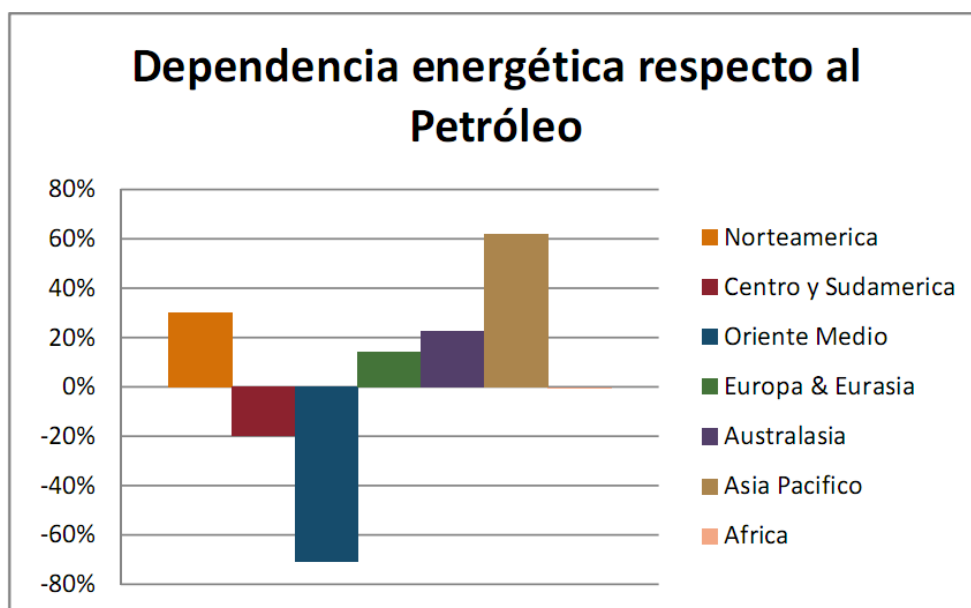


FIGURA I. 3: Dependencia energética respecto a la energía producida por petróleo.

La dependencia, se centra en países que no son totalmente estables en sus suministros energéticos, ni en sus políticas nacionales, como es el caso de estados de Oriente Medio, África, Venezuela, México y Rusia. Las perspectivas para el futuro sugieren, que el escenario energético se complicará más a mediano y largo plazo; y por lo tanto, se debe considerar el reto de diversificar la producción energética y de reducir la dependencia de los hidrocarburos.

1.1.4. TECNOLOGÍAS EFICIENTES

Los países necesitaban contar con tecnologías innovadoras y energéticamente eficientes, para consolidar su competitividad, eficiencia en la producción y uso doméstico diario adecuado.

Hace falta la capacidad para desarrollar nuevas tecnologías y promover el uso de las mismas, en otras palabras, se requerían más profesionales, más educadores, y más consultores en esta especialidad; así como, nuevas tecnologías desarrolladas mediante la investigación aplicada, que contemplen el uso eficiente de la energía, y que reemplacen las tecnologías obsoletas y costosas. La transferencia de tecnologías existentes y nuevas, mediante programas de cooperación y redes de profesionales en la especialidad, era muy deficiente.

1.1.5. CONOCIMIENTO SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA

El conocimiento de los consumidores finales sobre la necesidad del uso eficiente de la energía y de mejores prácticas para reducir el consumo, era poco o nulo; igual que sucede con el conocimiento que se maneja entre dueños, gerentes y empleados de las empresas, que no toman conciencia de que los esfuerzos e inversiones dedicadas a mejorar su eficiencia energética, redundan en disminución de costos, incremento de los ingresos, reducción de riesgos y mejoramiento de utilidades.

Existe la falta de consultores disponibles y asequibles, para identificar las oportunidades inmediatas de ahorro energético en las empresas y evaluar las ventajas de nuevas tecnologías, antes de tomar decisiones de inversión.

Además, se necesitaba divulgar el conocimiento y motivar el uso de tecnologías y actividades energéticamente eficientes, a inversionistas, promotores, gerentes generales, a los administradores de universidades, del gobierno e industria, así como los administradores de edificios, de centros comerciales, de edificios de oficinas y supervisores de los sistemas eléctricos, para que estos sean los portavoces de esta iniciativa, que sin duda representaría un beneficio de alcance global para el país y por ende para todo el planeta.

1.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

La Eficiencia Energética, es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Para contrarrestar los problemas detectados y mencionados en la sección 1.1, surgieron varias alternativas de solución, que tratan de optimizar el uso de los recursos energéticos; algunas de ellas, enfocadas en el desarrollo de energías renovables y limpias, en la automatización de industrias y en proyectos de cogeneración, todas estas son medidas muy válidas para países desarrollados; sin embargo, uno de los principales sectores que se había estado descuidando era el uso eficiente de energía en los hogares, por lo cual, los países iniciaron programas que se enfocaban a cumplir este objetivo, con miras a reducir el consumo por aire acondicionado, refrigeración, electrodomésticos e iluminación.

En los hogares y el sector terciario, en los países en los que no se tienen temperaturas extremas, la iluminación es uno de los rubros que más valor tiene. La figura I.4 muestra los resultados de un estudio realizado en Europa, donde la iluminación tiene valores entre el 16% y 42% del consumo total de electricidad, en varias dependencias del sector terciario.

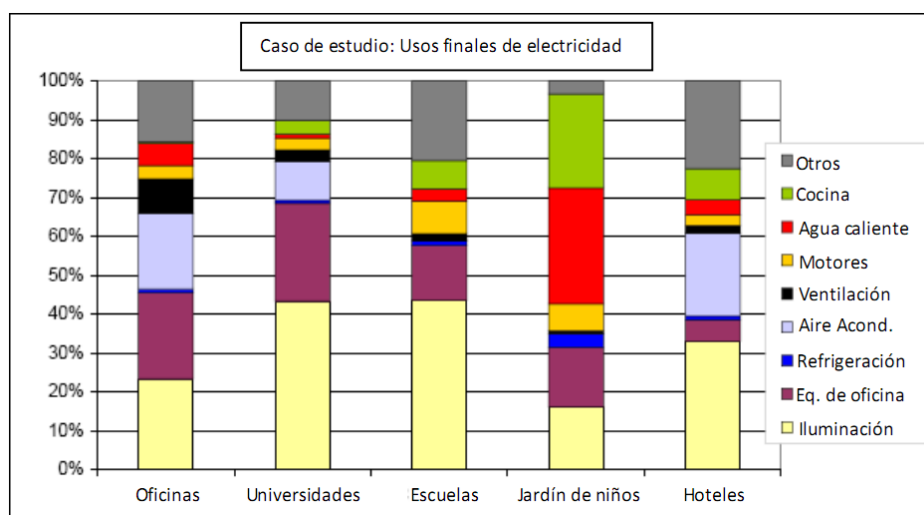


FIGURA I. 4: Uso de la Electricidad.

El consumo del sector residencial, también se ha demostrado con el estudio realizado por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en México, en el que la iluminación alcanza un 35% del rubro total. Los resultados obtenidos se muestran en la figura I.5.

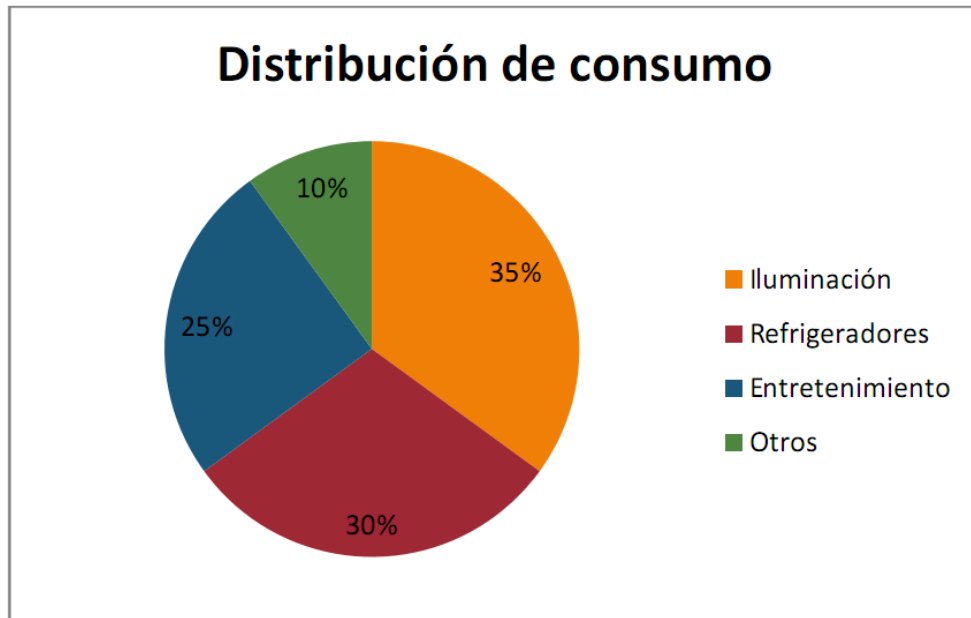


FIGURA I. 5: Distribución del consumo residencial.

Para evitar todo el gasto que muchas veces es innecesario, se han aunado esfuerzos para reducir esta carga. La iluminación es básica en el desarrollo de la sociedad, las actividades de manufactura e industriales.

1.3. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1.3.1. INTENSIDAD ENERGÉTICA

La intensidad energética está definida como el cociente entre el consumo de energía primaria y el Producto Interno Bruto (PIB). El PIB es calculado en base a la paridad de poder de compra; es decir, corregido el indicador por el poder adquisitivo de cierto año

base. Este índice relaciona la demanda energética y el crecimiento económico de un país o de un sector productivo en un año determinado.

La intensidad energética es un índice ampliamente usado para evaluar el uso racional de la energía, y su evolución en un determinado periodo, nos indica cuan eficiente es energéticamente un país y como se puede relacionar el crecimiento económico y la demanda de energía de un determinado periodo. “Si bien es cierto que la intensidad energética no es una medida de la eficiencia, su evolución refleja las mejoras en la utilización de la energía a lo largo del tiempo”. La figura I.7 resume los índices de intensidad energética hasta 2006.

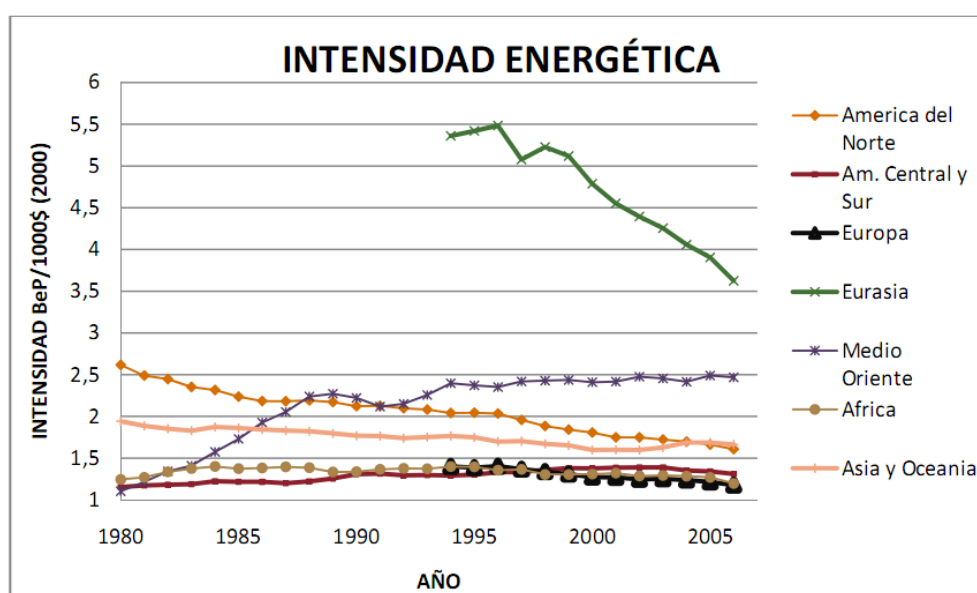


FIGURA I. 7: Intensidad energética, por regiones.

Para efectos de comparación, se recomienda hacerlo entre naciones que tengan PIB's similares, aunque existen factores exógenos que influyen en esta medida como el clima, grado de industrialización, estilo de vida, entre otros.

1.4. TENDENCIAS PARA EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN DE INTERIORES

Para lograr los objetivos del Tratado de Kioto y también otros puntos de enfoque de eficiencia energética de cada país, se necesita el compromiso de todos los sectores que

se relacionan en el proceso de iluminación, para conseguir un progreso real en el rendimiento final de la iluminación; procesos que van desde el diseño, producción de las lámparas para los fabricantes; proyecto arquitectónico para los constructores y para el consumidor final, la promoción, venta e información del uso que se debe dar para lograr eficiencia energética en iluminación. Muchos países cuentan con Planes de Eficiencia Energética en iluminación y contemplan todos o la mayoría de los procesos antes mencionados, de entre todos ellos se pueden clasificar las siguientes perspectivas.

1.4.1. PERSPECTIVA CLIENTE

1.4.1.1. CAMBIO DE LÁMPARAS INCANDESCENTES POR LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS LFC.

Las Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC's), usualmente consisten de 2 o 4 pequeños tubos fluorescentes insertados en una base y un balastro incorporado. Las LFC's están disponibles para bajas potencias (de 7 a 26 W). Estas representan una excelente opción para la modernización de instalaciones existentes, es decir el cambio de bombillas incandescentes con la ventaja de una vida mucho más larga.

De acuerdo con Philips se puede ahorrar hasta un 80% cuando se usa una LFC's en reemplazo de bombillas incandescentes; mientras que, con las lámparas encontradas en el mercado local se ha constatado un ahorro de hasta el 77% para lámparas con características lumínicas similares, las LFC's pueden generar entre 60 a 70 Lm/W y su tiempo de vida es 6 veces mayor, que la de una lámpara incandescente.

Existen diferentes iniciativas en este punto, dependiendo del país, por ejemplo en Honduras se está repartiendo sin costo 1,675,000 LFC's para abonados residenciales. En España también se los entrega de forma gratuita mediante vales de regalo en la factura de la luz, de una bombilla de bajo consumo por cada hogar en el 2009 y otra en el 2010, ya se han entregado alrededor de 49 millones de estas y se repartirán 6 millones de bombillas de bajo consumo, mediante un programa 2x1 para la sustitución voluntaria de las bombillas incandescentes.

En México, se financia la venta a crédito de lámparas ahorradoras, cuyo costo se va pagando en los recibos por consumo de energía eléctrica, de tal forma que se cubren los financiamientos, prácticamente con la disminución del consumo de energía eléctrica. Estos entre otros ejemplos, son las medidas que se están tomando, para los programas de cambio de lámparas³.

1.4.1.2. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA

1.4.1.2.1. ETIQUETADO ENERGÉTICO DE PRODUCTOS DE ILUMINACIÓN

Esta estrategia está dirigida a los usuarios finales, como una herramienta informativa y comparativa de la eficiencia energética de las lámparas y del ahorro de dinero que se puede lograr con el uso del producto. La etiqueta indica la capacidad de trabajo con menor consumo de energía, que otros de la misma clase.

Esta norma es obligatoria en la mayoría de países de la Unión Europea, así también en países de América como Estados Unidos, Canadá, Brasil, Costa Rica entre otros.

Las etiquetas energéticas, permiten que las lámparas lleven el llamado "índice de eficiencia energética". Según este índice se clasifican en 7 clases energéticas, que van desde la letra "A" con color verde, hasta la letra "G" con color rojo, siendo los primeros los de menor índice (los que menos consumen) y los últimos los de mayor índice (los que más consumen). Estas se aplican a lámparas de uso doméstico alimentadas por la red principal (Lámparas con filamento y las LFC's) y para las lámparas fluorescentes de uso doméstico incluidas las tubulares y las no compactas. Los niveles de eficiencia energética se muestran en la figura I.7.

³ Ver ANEXO I : CÁLCULOS DE AHORRO DE ENERGÉTICO Y ECONÓMICO USANDO DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE LÁMPARAS COMUNES EN EL MERCADO

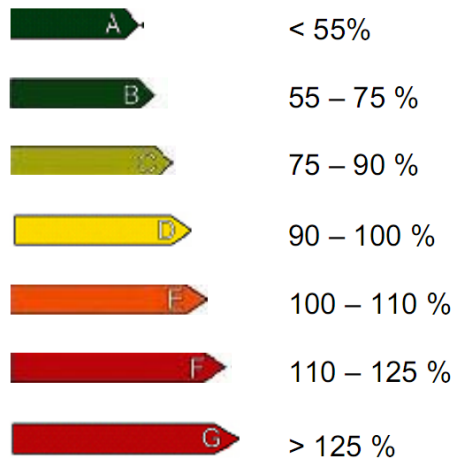


FIGURA I. 7: Índice de eficiencia energética.

I. Clase de eficiencia energética de la lámpara.

II. Flujo luminoso de la lámpara (lm)

III. Potencia usada de la lámpara (W)

IV. Tiempo de vida de la lámpara en horas

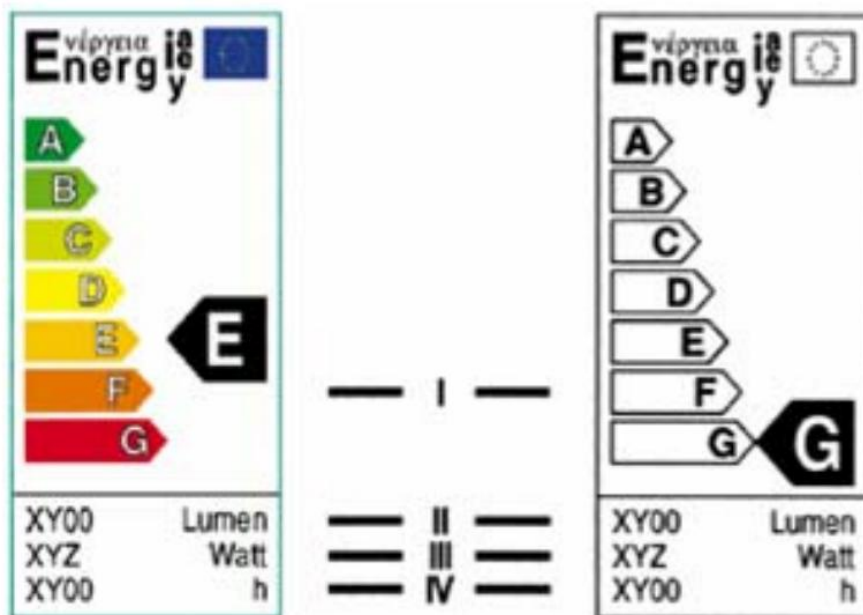


FIGURA I. 8: Información contenida en las etiquetas energéticas.

1.4.1.3. CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS.

Todos los edificios de nueva construcción obtendrán una certificación de eficiencia energética. El certificado irá acompañado de una etiqueta energética, similar a las ya utilizadas en lámparas (desde la “A” hasta la “G”). La estimación de esta escala se hará en función del CO₂ emitido por el consumo de energía de las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación del edificio.

El certificado se emitirá tanto en el momento de ser proyectados como después de ser construidos, e irá acompañado de una “Etiqueta de eficiencia energética”, similar a las ya utilizadas en otros productos de consumo doméstico, como electrodomésticos, lámparas y vehículos. Esta “Etiqueta de eficiencia energética” estará incluida, en toda la publicidad utilizada para la venta o arrendamiento del edificio.

Así en España, por ejemplo, un edificio con una clase de eficiencia energética B significará que tiene una reducción de emisiones de CO₂ como consecuencia de un menor consumo de energía entre el 35% y el 60% de las que tendría un edificio que cumpla con los mínimos que exige el Código Técnico de la Edificación de ese país. El porcentaje de ahorro debería ser superior al 60%, si la clase de eficiencia energética fuera la máxima, es decir, la clase A.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN Y FUNDAMENTOS DE ILUMINACIÓN

2.1. FÍSICA DE LA LUZ

2.1.1. NATURALEZA DE LA LUZ

Conocemos el mundo a través de nuestros sentidos, vista, oído, olfato gusto y tacto. Por medio de ellos percibimos la realidad del mundo que nos rodea. A través de la vista percibimos la forma, tamaño y color de los objetos, así como su distancia y su movimiento.

De todos los sentidos que posee el hombre, la vista es probablemente el más importante. A través de los ojos llega la mayoría de información del entorno que nos rodea. Es, por tanto, bastante natural, que los sabios de todos los tiempos se hayan hecho la pregunta ¿Qué es la luz? y por lo tanto hayan intentado dar una respuesta.

Ya los antiguos griegos desarrollaron varias teorías. Durante algún tiempo pensaron que el ojo emitía unas radiaciones encargadas de localizar los objetos que nos rodean. Posteriormente, Aristóteles demostró la falsedad de dichas afirmaciones, se llegó a la conclusión de que la luz consistía en una corriente de partículas diminutas emitidas por las sustancias incandescentes, las cuales, al llegar a los ojos, serían las causantes de la sensación de luz.

A finales del siglo XVII, Huygens desarrolló la teoría ondulatoria. Según esta teoría, la luz se propaga en forma de vibraciones de un medio hipotético llamado “éter”.

Por otra parte, Newton desarrolló lo que se conoce como teoría corpuscular. Esta teoría sostenía que las fuentes luminosas emiten partículas que, al llegar al ojo, provocan en él la sensación de luz.

Muchos de los fenómenos se pueden explicar con ambas teorías, pero hubo fenómenos que no se podían explicar mediante la teoría corpuscular, pero si con la ondulatoria, con lo que finalmente, en el siglo XIX la teoría ondulatoria fue aceptada universalmente.

Posteriormente, Maxwell desarrolló la teoría electromagnética de la luz, según la cual la luz está compuesta por ondas electromagnéticas. Planck desarrolló la teoría cuántica la cual afirma que todas las radiaciones son una emisión de energía.

Esta emisión de energía no es una emisión continua, sino que es una emisión en cantidades discretas, llamadas cuantos de luz o fotones. Con esto se volvía a introducir la teoría corpuscular de Newton.

Así apareció lo que se conoce como dualidad onda-corpúsculo, la cual se resolvió con la aparición de la mecánica ondulatoria formulada por De Broglie y posteriormente por Schrödinger. Según esta teoría, que es la que prevalece hasta nuestros días, la el concepto de luz puede expresarse como sigue:

En cuanto a materiales (incluido el ojo humano), la luz, así como cualquier radiación, se comporta como si estuviera formada por cuantos, pero los resultados se pueden calcular por medio de la teoría ondulatoria.

2.1.2. LA LUZ COMO FENÓMENO ONDULATORIO

Las ondas electromagnéticas se pueden representar por un campo magnético y un campo eléctrico que vibran en planos perpendiculares entre sí, los cuales a su vez son perpendiculares a la dirección de la onda.

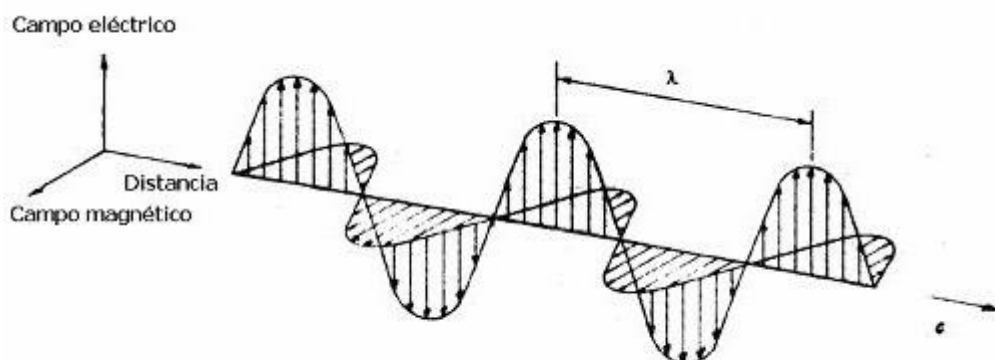


FIGURA II.1: Esquema de propagación de las ondas electromagnéticas

A continuación, se definirán las características del movimiento ondulatorio.

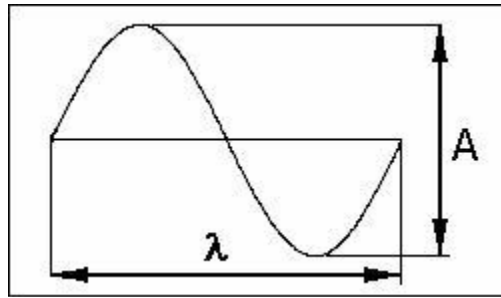


FIGURA II.2: Esquema de una onda.

- Amplitud (A): Es la máxima desviación de la posición de reposo.
- Longitud de onda (λ): Es la distancia entre la cresta de una onda y cresta de la onda siguiente.
- Período (T): Es el tiempo que tarda un punto en describir una oscilación completa.
- Frecuencia (ν): Es la cantidad de vibraciones por segundo ($\nu = 1/T$).
- Velocidad de propagación (c): Es la velocidad de propagación de la onda ($c = \lambda/T$).

La velocidad de propagación de todas las ondas electromagnéticas en el vacío es constante y vale 2.99792×10^{10} cm/s, es decir, casi 300.000 km/s. Esta velocidad de propagación en el vacío es la misma para cualquier longitud de onda, fenómeno que no ocurre cuando se mide en otros medios, es decir, según la longitud de onda de la radiación y del medio en que se propague, la velocidad de propagación de la onda no es constante.

2.1.3. EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

En la figura II.3 se puede observar el espectro electromagnético, con las distintas bandas de longitudes de onda y con los nombres por las que se conocen.

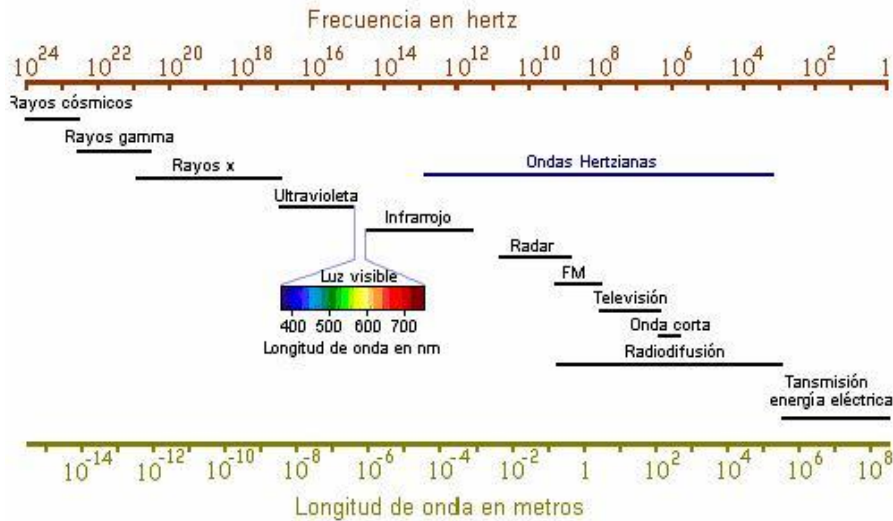


FIGURA II.3: Espectro electromagnético.

Como se puede observar, la franja que corresponde a la radiación visible es muy pequeña en comparación con el espectro completo. Dicha franja está limitada por los rayos ultravioletas a un lado y los rayos infrarrojos al otro. Aproximadamente la franja de radiación visible abarca desde una longitud de onda de 370 nm a los 780 nm. Dentro de esta franja, las diferentes longitudes de onda el ojo las capta como color, siendo el color violeta el que tiene la longitud de onda más corta y el rojo el que la tiene más larga. Se llama radiación visible a aquellas radiaciones del espectro electromagnético que son capaces de sensibilizar al ojo humano.

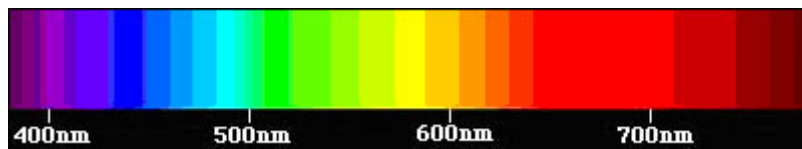


FIGURA II.4: Espectro electromagnético de la radiación visible.

Las radiaciones visibles de una única longitud de onda se conocen como radiaciones monocromáticas, aunque generalmente no se da este fenómeno, sino que se producen las mezclas de colores causadas por las diferentes longitudes de onda de la radiación.

2.1.4. INTERACCIÓN ENTRE LA LUZ Y LA MATERIA

El ser humano no distingue la luz. La luz no se ve, lo que se aprecia es la interacción de la luz con los objetos. Así pues, esta interacción entre la luz y la materia puede llevarse a cabo de tres formas diferentes:

a) Reflexión

Este fenómeno se produce cuando la luz incide sobre un cuerpo opaco. Cuando la luz llega a su superficie, rebota sobre la misma. La reflexión puede aparecer de tres formas diferentes, tal y como se muestra en la figura II.5.

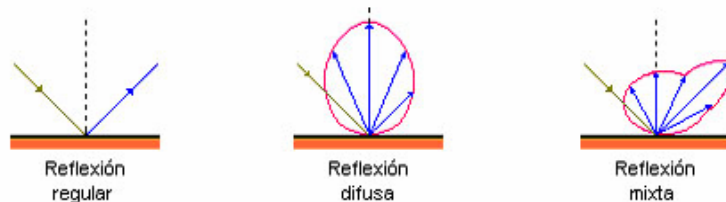


FIGURA II.5: Tipos de reflexión.

La reflexión regular se produce cuando la luz incide sobre una superficie especular, cumpliendo con las leyes de la reflexión especular:

- El rayo incidente y el rayo reflejado se encuentran en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

Ejemplos de este tipo de reflexión los podemos encontrar cuando nos miramos al espejo, en el que nos vemos perfectamente reflejados en el debido al comportamiento de la superficie de éste.

La reflexión difusa se produce debido a la rugosidad del material. Una pared blanca mate puede parecer lisa, pero si la examinamos de cerca se puede apreciar el relieve de su superficie. Esto comporta que la luz se refleje de una forma irregular. Si la superficie es perfectamente difusa, se producirá una reflexión perfectamente difusa, como la que puede existir en una hoja de papel o en una pared mate. Por el contrario, si la superficie

es en parte difusa y en parte especular, la reflexión que se produce se le conoce como reflexión mixta. Un ejemplo de reflexión mixta lo encontramos en el reflejo de la luz en el mar, donde la luz rebota en todas direcciones, pero existe una dirección preferente.

Superficie reflectora	% factor de reflexión
Plata brillante	92-97
Oro	60-92
Plata blanca (mate)	85-92
Níquel pulido	60-65
Cromo pulido	60-65
Aluminio pulido	67-72
Aluminio electro abrillantado	86-90
Aluminio vaporizado	90-95
Cobre	35-80
Hierro	50-55
Porcelana esmaltada	60-80
Espejos	80-85
Pintura blanca mate	70-80
Beige claro	70-80
Amarillo y crema claro	60-75
Techos acústicos	60-75
Verde claro	70-80
Rosa	45-65
Azul claro	45-55
Gris claro	40-50
Rojo claro	30-50
Marrón claro	30-40
Beige oscuro	25-35
Marrón, verde y azul oscuro	5-20
Negro	3-4

TABLA II.1: Factor de Reflexión para luz blanca día.

b) Refracción

El segundo fenómeno que se puede observar en la interacción de la luz con la materia es la refracción. Ciertos materiales tienen la propiedad de dejar pasar la luz a través de ellos, tales como el agua, el vidrio, etc.

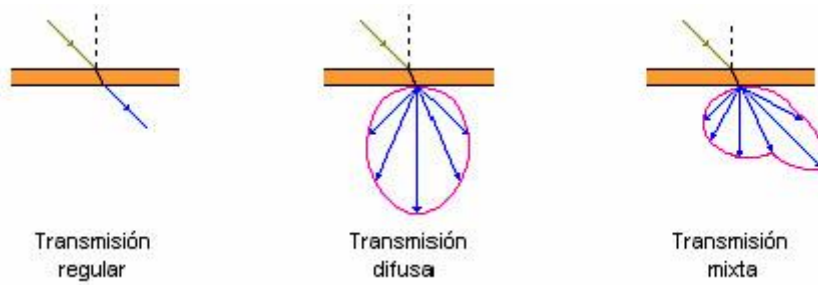
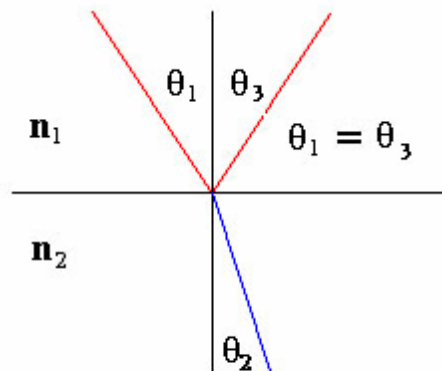


FIGURA II.6: Formas de refracción de la luz.

El comportamiento que sufre la luz es análogo al de la reflexión. Puede ser una reflexión regular si se cumplen las leyes siguientes:

- El rayo incidente y el rayo refractado se encuentran en el mismo plano.
- El ángulo de incidencia y el ángulo de refracción están relacionados en por el índice de refracción, que relaciona la velocidad de la luz en el medio respecto a la velocidad de la luz en el vacío.



$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

FIGURA II.7: Refracción regular.

Un ejemplo clásico de este tipo de refracción consiste en colocar una cuchara en un vaso de agua. Desde fuera, parece que la cuchara esté doblada.

La refracción difusa se aparece cuando el medio de transmisión es irregular. En los vidrios translúcidos aparece este fenómeno. Cuanto más granulado e irregular sea el vidrio, más difusa será la reflexión.

c) Absorción

La absorción es un fenómeno que poseen todos los materiales. Es la propiedad que tienen de absorber total o parcialmente las radiaciones que le llegan.

2.1.5 EL SISTEMA VISUAL

Si se realizara un corte horizontal por el plano del ojo, se obtendría una imagen similar a la figura II.8.

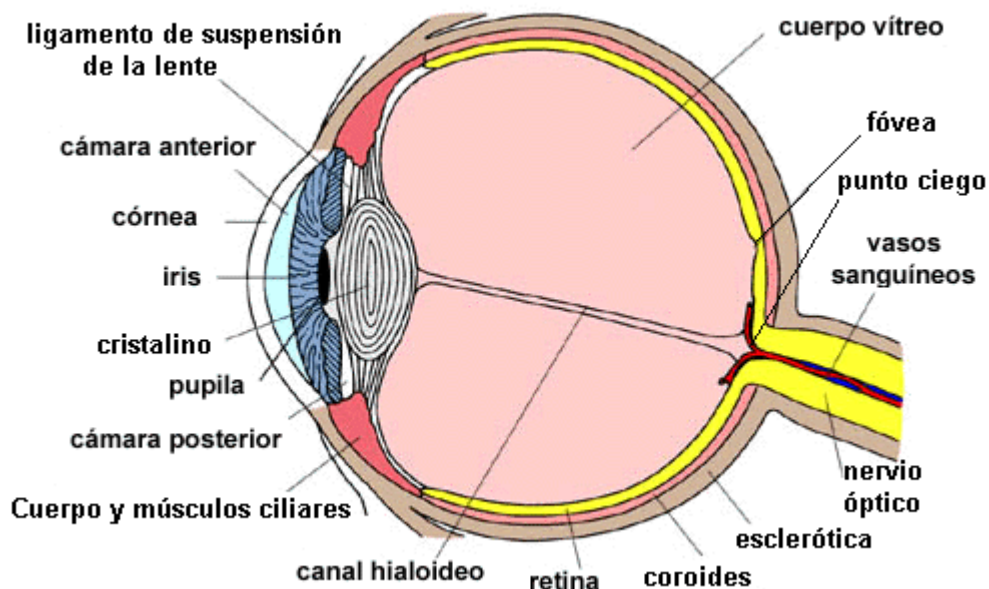


FIGURA II.8: Dibujo de una corte horizontal del ojo.

El ojo es un órgano de forma casi esférica, con un diámetro de aproximadamente 25 mm. Sus principales componentes son los siguientes:

➤ Esclerótica

Constituye la estructura exterior del ojo y soporta todos los componentes internos del ojo, es de color blanco y no es totalmente opaca.

➤ **Coroides**

Dispuesta en la cara interna de la esclerótica, su principal función es dar opacidad a la esclerótica mediante un pigmento, con la finalidad de absorber las radiaciones visibles que no se propaguen en unas determinadas direcciones.

➤ **Humor vítreo**

Es una sustancia gelatinosa de color claro que ocupa la mayor parte posterior del ojo en la cámara anterior, mantiene la forma y geometría del ojo.

➤ **Córnea**

Es la parte delantera de la esclerótica, transparente. Protuberancia translúcida en la parte anterior del ojo. La luz entra al ojo a través de la córnea y encapsula los fluidos que refractan la luz logrando un enfoque primario.

➤ **Humor acuoso**

Es un líquido transparente que llena la cámara anterior del ojo.

➤ **Pupila**

Es una abertura circular, de diámetro variable, abre y cierra entre los 2 mm y los 8 mm para regular la cantidad de luz que entra en el ojo, reacciona lentamente para adaptarse a cambios repentinos. Corresponde a la zona libre que permite el paso de la luz.

➤ **Iris**

Es una formación circular (banda) muscular lisa, la cual controla el tamaño de la pupila, la pigmentación del iris es la que da el color a los ojos. Los ojos azules tienen menor pigmentación y los de color café oscuro la máxima.

➤ **Cristalino**

Es una lente que desvía la luz que entra al ojo, de tejido transparente de potencia variable al ajustar por medio de músculos cilíndricos que modulan el grosor del lente para variar y mejorar el enfoque, situada entre el Iris y el humor vítreo.

➤ **Retina**

Es la superficie interior sensible del ojo, formada por un complejo sistema de terminaciones nerviosas. Estas terminaciones nerviosas están formadas por dos clases de células sensibles a la luz: conos y bastones. Los bastones son más numerosos y predominan en el borde de la retina, mientras que los conos están diseminados entre los bastones. Existe una zona cercana al centro de la retina que está compuesta casi exclusivamente por conos, es lo que se llama la “mancha amarilla” o fovea. Existen aproximadamente 20 bastones por cada cono.

➤ **Nervio óptico**

Es un haz de fibras nerviosas conectadas a la parte posterior de la retina. Es el componente más importante ya que su función es la de transmitir la sensación visual al cerebro.

La retina es el lugar donde se encuentran las células fotosensibles. Si se realizara un corte de la retina, tendría una estructura como la que se muestra en la figura II.9.

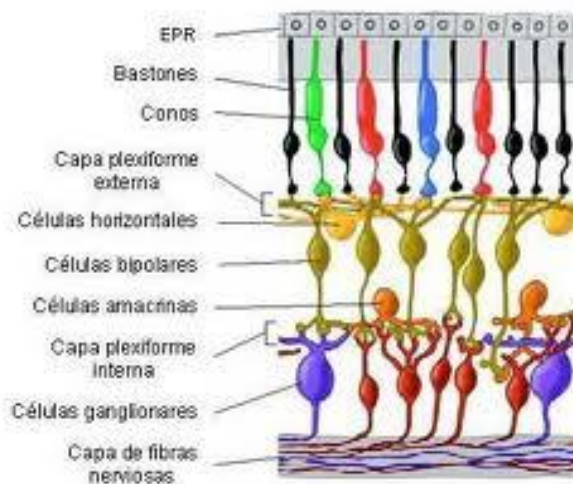


FIGURA II.9: Sección de la retina.

En esta figura se observa que existen dos tipos de células fotosensibles, estas son los conos y los bastones.

➤ **Bastones**

Aproximadamente son 130 millones de estructuras fotorreceptoras ópticas nerviosas localizadas en la periferia, con contraste 120:1. Como son de alta sensibilidad a la luz son los responsables de la visión escotópica o visión nocturna. Tienen una pobre identificación de los detalles. Son muy sensibles al movimiento e identificación de formas y virtualmente ciegos a la luz roja

➤ **Conos**

Aproximadamente son 6 a 7 millones de estructuras fotorreceptoras ópticas nerviosas localizadas principalmente en la zona de la fovea, con contraste 1:1 cerca de la fovea y 6:1 en promedio. Como son de baja sensibilidad requieren mayores niveles de luz que los bastones por los que son los responsables de la llamada visión fotópica o visión diurna. Resuelven los detalles bajo niveles de iluminación altos con muy buena identificación de los colores.

Existen tres tipos de conos, unos que son más sensibles a la radiación roja, otros que son sensibles en la zona de la radiación azul y, por último, los que son sensibles mayoritariamente a la radiación verde.

Similitud de la formación de la imagen con la cámara fotográfica

Ojo humano	Cámara Fotográfica
Cristalino (controla acomodación)	Objetivo (ajusta distancia entre objetivo y película)
Pupila (controla adaptación)	Diafragma- Obturador (adapta exposición y cantidad de luz)
Pigmento de los fotorreceptores	Emulsión de la película
Retina (crea las imágenes)	Película (crea las imágenes)

TABLA II.2: Relación ojo humano vs cámara fotográfica.

Capacidades visuales

El proceso de la visión no es una capacidad innata de los animales, sino aprendida. Este aprendizaje ocupa varios años de la vida del ser humano.

En el proceso visual entran en juego tres elementos básicos: En primer lugar, la fuente de luz como emisor de energía radiante, en segundo lugar el individuo, como receptor de dicha energía (ojo) y como formador y analizador de imágenes (cerebro), y, por último, los objetos que actúan como elementos variadores de la energía radiante. Estos tres elementos forman lo que se conoce como sistema visual. Si en un sistema visual falta cualquiera de estos elementos, no podrá llevarse a cabo el proceso de la visión.

Es conocida la similitud del ojo con una cámara fotográfica, con su óptica constituida por una córnea, cristalino y humores, su mecanismo de regulación de la luz (iris) y su mecanismo de enfoque mediante el cambio de potencia del cristalino y la retina que actúa como placa sensible.

Si se analiza el ojo como un receptor de energía radiante, se observa que la retina está formada por dos tipos de células fotorreceptoras, los conos y los bastones.

En la visión diurna, se es capaz de distinguir no únicamente las formas y los detalles, sino que además se es capaz de distinguir los colores. Esta capacidad es debida a la sensibilización de los conos, los cuales permiten distinguir las características cromáticas del entorno. A medida que disminuye la luz, llega un momento en que no se es capaz de distinguir los colores. Esto es debido a que los conos dejan de funcionar ya que no les llega suficiente energía radiante para ser activados, necesitan una cantidad de luz considerable, mientras no se alcance ese nivel mínimo, los conos no emitirán una respuesta. En ese momento únicamente funcionan los bastones, los cuales no necesitan tanta cantidad de luz para ser activados. La sensación visual que se tiene es la capacidad de distinguir formas y movimientos, pero no detalles ni colores. A este tipo de visión se la conoce como visión escotópica, mientras que a la visión diurna, en la que actúan conos y bastones, se la conoce como visión fotópica.

Agudeza visual

Es la capacidad visual que permite discriminar los detalles de los objetos, hasta el punto de poder distinguir dos puntos que forman un ángulo inferior a 30'' de arco desde el ojo. Este atributo visual está íntimamente relacionado con la densidad de fotorreceptores por unidad de superficie.

Puede cuantificarse mediante el ángulo que subtiende los límites de los detalles observados y se define como la inversa del valor del ángulo visual del menor objeto perceptible, expresada en minutos de grado.

Estadísticamente, el valor representativo de la agudeza del hombre adulto medio es de 1.6, aunque hay que tener presente que esta capacidad visual varía con la edad, creciendo hasta los 15 años, estabilizándose hasta los 45 y disminuyendo a partir de esta edad.

Visión Binocular

Es la capacidad visual que permite una percepción del entorno en tres dimensiones, situar los objetos en el espacio y tener la sensación de profundidad.

El ojo es un órgano par y la visión se efectúa normalmente con ambos ojos simultáneamente enfocando a un objeto de terminado, pero cada uno de ellos con un ángulo distinto. La fusión de las dos imágenes retinianas y la interpretación cerebral completan esta capacidad visual. La variación de esta capacidad visual con la edad sigue la misma curva que la de la agudeza visual.

La visión binocular es la responsable de la visión en profundidad y del cálculo de distancias, así como del relieve de los objetos.

Percepción Cromática

Es la capacidad visual que permite no sólo distinguir formas y movimientos, sino colores.

Este campo de la percepción aumenta considerablemente el número de mensajes diferenciables ya que se entra en el mundo subjetivo del color. Las características del tono, saturación o claridad, aspectos psicofísicos, entran en juego con aspectos físicos como la longitud de onda dominante, la pureza y la luminancia, respectivamente.

El color no es una característica de los cuerpos, sino que depende también de la fuente que los ilumina y del sujeto que lo observa.

Acomodación Visual

Es la capacidad del ojo para modificar la trayectoria de las radiaciones emitidas por un objeto, de modificar los lentes del ojo para ajustar el enfoque de una distancia a otra de modo que se proyecten directa y correctamente sobre la retina. Esta desviación de trayectorias es debida a la refracción de la luz, al pasar de un medio poco denso (aire) a un medio mucho más denso (córnea). La acomodación visual es casi instantánea, lo que permite al ser humano desviar la vista de objetos cercanos a objetos lejanos sin que el hecho de enfocarlos le cause problemas.

La edad tiende a aplanar estos lentes pero la habilidad de los ojos mejora con un incremento en el nivel de iluminación. Para distancias cercanas el cristalino se vuelve más grueso y para distancias lejanas es más delgado y relajado. Algunos de los problemas más comunes son la miopía ó vista cercana y la hipermetropía ó vista lejana.

Adaptación Visual

Es la capacidad visual o sensibilidad del ojo que permite adaptar o regular a varios niveles de iluminación. La intensidad de la respuesta en función de la magnitud del estímulo visual. En este proceso entran en juego el iris y la retina. Dependiendo de la luminosidad, el iris modifica el diámetro de la pupila. A mayor luminosidad, menor diámetro y viceversa. Por otro lado, la retina está compuesta por fotorreceptores (conos y bastones) y por otro tipo de elementos, tales como células ganglionares y bipolares, separados por unos enlaces de tipo nervioso. Para estímulos de poca magnitud, estos enlaces se unen, mientras que para estímulos altos, estos enlaces se individualizan.

La adaptación a niveles está determinada por los bastones y aumenta en función del tiempo. Para los conos se requieren unos 10 minutos y para los bastones 20 minutos, mientras que la adaptación completa se logra en 40 minutos promedio, en función de la intensidad y la duración del ambiente luminoso previo. La adaptación toma menos tiempo en lugares con poca luz.

La velocidad de adaptación es rápida en lo que al diámetro pupilar se refiere, pero mucho más lenta en lo que se refiere a la modificación de la estructura retiniana.

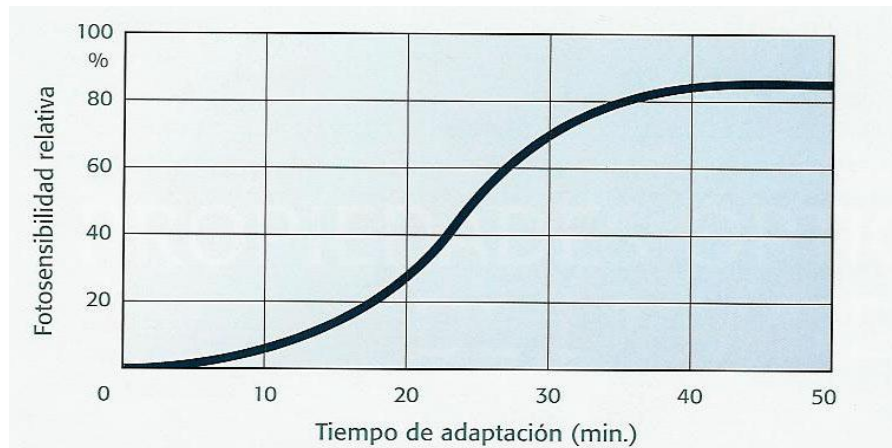


FIGURA II.10: Curva de foto sensibilidad del ojo con su respectiva adaptación.

Existen 6 factores principales que afectan la visibilidad en los seres humanos, los cuales son tan interdependientes que para mantener igual visibilidad, la deficiencia en uno de ellos puede ser compensada (dentro de ciertos límites) mediante el aumento de uno de los otros, estos son:

- a. **Contraste:** La visibilidad es máxima, cuando el contraste entre las luminancias (o los colores) de la tarea visual y su fondo es alto.
- b. **Luminancia:** Está íntimamente ligada con el contraste. Para que un objeto sea visible debe estar iluminado y diferir en luminancia de su fondo. Para una misma tarea visual, los ojos de personas mayores necesitan mayores luminancias que los de personas jóvenes.
- c. **Iluminancia:** Los niveles de iluminación están determinados por la dificultad visual. Para cada tarea visual se requiere un cierto nivel que se ubica dentro de un rango, con un valor mínimo, medio y máximo.

- d. Tamaño:** El tamaño del objeto en el que se desarrolla la tarea visual es un factor muy importante para la visibilidad. Mientras más grande es un objeto o tarea visual, más fácilmente se puede ver. Por el contrario, mientras más pequeño, es más difícil verlo.
- e. Tiempo:** Para asimilar los detalles de un objeto o tarea visual, el ojo necesita tiempo. Si la visibilidad es pobre debido a un bajo contraste, a baja luminancia o tamaño del detalle, la relación de asimilación disminuye y el trabajo visual toma más tiempo. Cuando el detalle que se requiera ver es pequeño, o las letras son muy tenues con respecto al fondo en que están escritas, entonces se necesita más tiempo para apreciar los detalles. Por lo tanto, si desea disminuir el tiempo para ver un detalle completamente, se necesita aumentar el nivel de iluminación, aumentar el tamaño del detalle o mejorar el contraste entre el detalle y su fondo.
- f. Edad:** Con la edad disminuye el tamaño de la pupila y la córnea se amarillenta; el cristalino pierde la elasticidad y su capacidad de transmisión de la luz: por lo tanto, para tener la misma visibilidad que la de ojos más jóvenes es necesario aumentar la luminancia de los objetos y la iluminación.
- g. Deslumbramiento:** La capacidad de la adaptación visual no es ilimitada. Cuando el estímulo exterior es muy elevado o se produce una variación importante en su magnitud, se produce una modificación de la capacidad de visión llamada deslumbramiento.

Existen dos tipos de deslumbramiento:

- ***Deslumbramiento de velo*** Es debido a la imperfección del ojo como instrumento óptico. En el globo ocular puede producirse una dispersión de las radiaciones que lo atraviesan, provocando un “velo de la imagen”. Es el caso del producido cuando un automóvil circula de noche en sentido contrario al nuestro.

- **Deslumbramiento por adaptación** El ojo se adapta al valor medio del estímulo visual. Si una parte de la retina recibe una cantidad mayor de estímulo, se rehace el mecanismo de respuesta, reduciéndose la magnitud de la respuesta y viceversa

En la siguiente tabla II.3 se presentan las unidades más comunes para luminancia e iluminancia y sus constantes de conversión.

ILLUMINANCE CONVERSION FACTORS

1 lumen = 1/683 light-watt
 1 lumen-hour = 60 lumen-minutes
 1 footcandle = 1 lumen/ft²
 1 watt-second = 10⁷ ergs
 1 phot = 1 lumen/cm²
 1 lux = 1 lumen/m²

Multiply number of → To obtain number of	By	Footcandles	Lux	Phot	Milliphot
Footcandles		1	0.0929	929	0.929
Lux		10.76	1	10,000	10
Phot		0.00108	0.0001	1	0.001
Milliphot		1.076	0.1	1,000	1

LUMINANCE CONVERSION FACTORS

1 nit = 1 candela/m²
 1 stilb = 1 candela/cm²
 1 apostilb (international) = 0.1 millilambert = 1 blondel
 1 apostilb (German Hefner) = 0.09 millilambert
 1 lambert = 1000 millilamberts

Multiply number of → To obtain number of	By	Footlambert*	Candela/m ²	Millilambert*	Candela/in ²	Candela/ft ²	Stilb
Footlambert*		1	0.2919	0.929	452	3.142	2,919
Candela/m ² (nit)		3.426	1	3.183	1,550	10.76	10,000
Millilambert*		1.076	0.3142	1	487	3.382	3,142
Candela/in ²		0.00221	0.000645	0.00205	1	0.00694	6.45
Candela/ft ²		0.3183	0.0929	0.2957	144	1	929
Stilb		0.00034	0.0001	0.00032	0.155	0.00108	1

* Depreciated unit of luminance.

TABLA II.3 Factores de conversión de luminancia e iluminancia.

2.1.6 VISIÓN FOTÓPICA, ESCOTÓPICA Y MESÓPICA

VISIÓN FOTÓPICA

En 1924, la CIE (Comisión Internacional de Electrotécnia) hizo los estudios correspondientes, estandarizó internacionalmente la función de eficiencia luminosa espectral (spectral luminous efficiency function) para la visión fotópica (indicada con $V(\lambda)$). La cual ha sido la base de la ciencia de iluminación durante más de 80 años, porque toda la ingeniería de iluminación gira alrededor de este elemento fundamental: el ojo humano.

Se determinó en ese tiempo una curva de sensibilidad con una distribución gaussiana donde las “colas” de la curva corresponden al azul y al rojo, teniendo su cresta en el color verde/amarillo. A cada color corresponde una frecuencia en (THz) y por lo tanto

una longitud de onda (nm), variables ligadas mediante la constante universal de la luz vista (c) vista anteriormente. El espectro visible es una pequeña zona que forma parte del espectro universal de energía con longitudes de onda que van aproximadamente de 380 nm a 780 nm con un pico de sensibilidad por los 555 nm.

Analíticamente se tiene:

Donde:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ - es la longitud de la onda [m]

c- es la velocidad de la luz [m/s]

f- es la frecuencia de propagación de la onda electromagnética [Hz] o [1/s]

Tomando como base una onda que está propagándose por el medio a una frecuencia de 540 [THz]

Sustituyendo en la expresión anterior

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]}{540 \times 10^{12} \left[\frac{1}{s} \right]} = 555 \text{ [nm]}$$

Longitud de onda que corresponde al máximo o cresta de la grafica siguiente.

Esta función se usa en fotometría para "pesar" una radiación, dando mayor "peso" a los componentes centrales del espectro y menos a los que se hallan en los dos extremos, igual que hace el sistema de la visión humana. El resultado es una valoración de las radiaciones no en términos de su potencia total sino en términos de su capacidad para estimular el ojo humano.



FIGURA II.11: Curva de sensibilidad fotópica del ojo humano.

La visión humana está directamente relacionada con la radiación electromagnética correspondiente al espectro luminoso comprendido entre las radiaciones de longitudes de onda de entre 380 nm y 780 nm. Sin embargo, el sistema sensorial visual no es uniformemente sensible a la energía proveniente de las distintas longitudes de onda del espectro visible por lo que se aprecia en la curva de eficiencia fotópica.

El mundo en el que vivimos tendría un aspecto muy distinto si nuestros ojos fueran sensibles a longitudes de onda que no fueran aquellas a las que llamamos "espectro luminoso", que se encuentra comprendido entre estos 380 a 780 nm.

La famosa afirmación de Isaac Newton de que los rayos de luz no tienen color se hace evidente cuando pensamos cómo se vería el mundo si nuestro rango de percepción estuviera entre los 4,000 y los 7,000 nanómetros de longitud de onda en vez de los 380 y 760 entre los que se cree que está.

La luz de unos 780 nanómetros de longitud de onda no es roja por ninguna propiedad intrínseca de esa longitud de onda, sino porque ese es el efecto que causa en nuestro sistema visual.

De hecho, algunas criaturas, como los pájaros y las abejas, tienen una sensibilidad visual que es diferente y, en buena medida, más amplia que la nuestra.

No está claro porque hemos evolucionado hasta ser sensible de los 380 a 780 nanómetros. Una posibilidad es que las ondas de luz que son más cortas que ese intervalo dañan los tejidos vivos, y que las que son más largas llevan asociado calor. El ojo humano contiene un pigmento llamado "pigmento macular" cuya presencia, según parecen sugerir las investigaciones, protege a los ojos de las ondas electromagnéticas menores a los 400 nanómetros aproximadamente.

VISIÓN ESCOTÓPICA

Los bastones son también células fotosensibles de una muy alta sensibilidad, cuya concentración se incrementa en el área exterior (periferia) de la retina. Su máxima concentración tiene lugar a 15° desde la dirección de la visión; el área central de la fovea no contiene apenas bastones (ver Figura II.9). Los bastones son por tanto importantes para la visión “periférica” o visión “off-line”. Debido a que muchos de los bastones están conectados entre sí, la imagen formada a través de ellos no será muy definida. Su adaptación y mayor actividad es posible en niveles de luminancias de entre 0,01 y 0,003 cd/m² e inferiores y hablaremos de visión escotópica⁴.

Con base en lo mencionado anteriormente sobre la existencia de estas nuevas estructuras encontradas, se aprecia que existe un corrimiento en la curva de apreciación del ojo humano, la expresión de longitud de onda corregida es la siguiente:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \left[\frac{m}{s} \right]}{591 \times 10^{12} \left[\frac{1}{s} \right]} = 507 \text{ [nm]}$$

La visión del color es imposible sólo con los bastones. La sensibilidad espectral con visión escotópica está representada por la curva $V'(\lambda)$ y alcanza su máxima sensibilidad en la longitud de onda del entorno de los 505 nm, correspondientes al color azul-verdoso: en comparación con la curva $V(\lambda)$ la curva esta desplazada hacia el extremo del espectro correspondiente al color azul (ver figura II.12).

⁴ La luna llena, en latitudes no tropicales proporciona una iluminancia horizontal y a nivel del mar, da alrededor de 0,3 lux. De promedio sobre una superficie asfaltada esto resulta de 0,02 a 0,03 cd/m², y por lo tanto demasiado “brillante” para la visión escotópica. En las calles débilmente iluminadas de áreas residenciales hay un nivel medio de entre 0,2 y 0,5 cd/m², demasiado brillo para la visión escotópica.

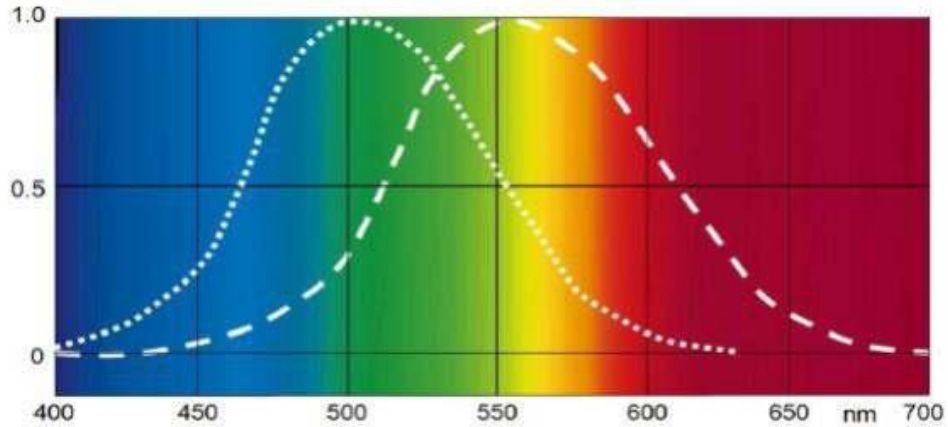


FIGURA II.12: Curva Fotópica $V(\lambda)$ - - - , y curva escotópica $V'(\lambda)$

VISIÓN MESÓPICA

En condiciones de adaptación a niveles de entre 10 y 0,003 cd/m² tanto los conos como los bastones están activos. Para la adaptación desde altos a bajos niveles de iluminación la actividad de los bastones adquiere una importancia crucial. La sensibilidad espectral total se desplaza gradualmente en la dirección de menores longitudes de onda, es decir en la dirección del color azul. Este efecto de adaptación dependiente es también llamado el “efecto Purkinje”. Con el fin de determinar las consecuencias prácticas de este desplazamiento gradual de la sensibilidad espectral, en el área de la visión mesópica tenemos que distinguir entre visión directa (“fóveal”) y visión indirecta (“periférica”).

a) Visión mesópica directa (On-line)

Debido a que la fóvea apenas contiene bastones, son los conos contenidos en ésta los que aquí juegan un papel determinante. Realmente la curva $V(\lambda)$ proporciona una buena predicción del rendimiento de la tarea visual para niveles de adaptación superiores a 0,01 cd/m². En este caso son aplicables los parámetros luminosos habituales de la visión fotópica. Incluso las calles débilmente iluminadas presentan niveles de iluminación muy superiores a 0,1 cd/m² (ver nota (a)).

b) Visión mesópica indirecta (Off-line)

Esencialmente, determinar el comportamiento real a la sensibilidad espectral de un sistema visual bajo circunstancias de visión mesópica indirecta, es tremendamente difícil, si no imposible. En consecuencia el único procedimiento posible, es tratar de determinar el efecto de diferentes espectros luminosos sobre los criterios de rendimiento.

2.1.7 COLOR DE LA LUZ

De acuerdo con el criterio de la CIE de 1924, las lámparas que producen una croma con fuerte aportación cercana al pico de 555 nm tienen por naturaleza más eficacia, ya que el ojo humano percibe mejor las radiaciones cercanas a esa longitud de onda (verde-amarillo) que longitudes de onda muy inferiores (violeta-azul) y muy superiores (naranja-rojo). Dicho en otras palabras, con niveles de iluminación altos el ojo es un poco ciego a los azules y rojos y muy sensible a los amarillos verdosos. A esa curva se le llamó curva fotópica (P) (Figura II.13)

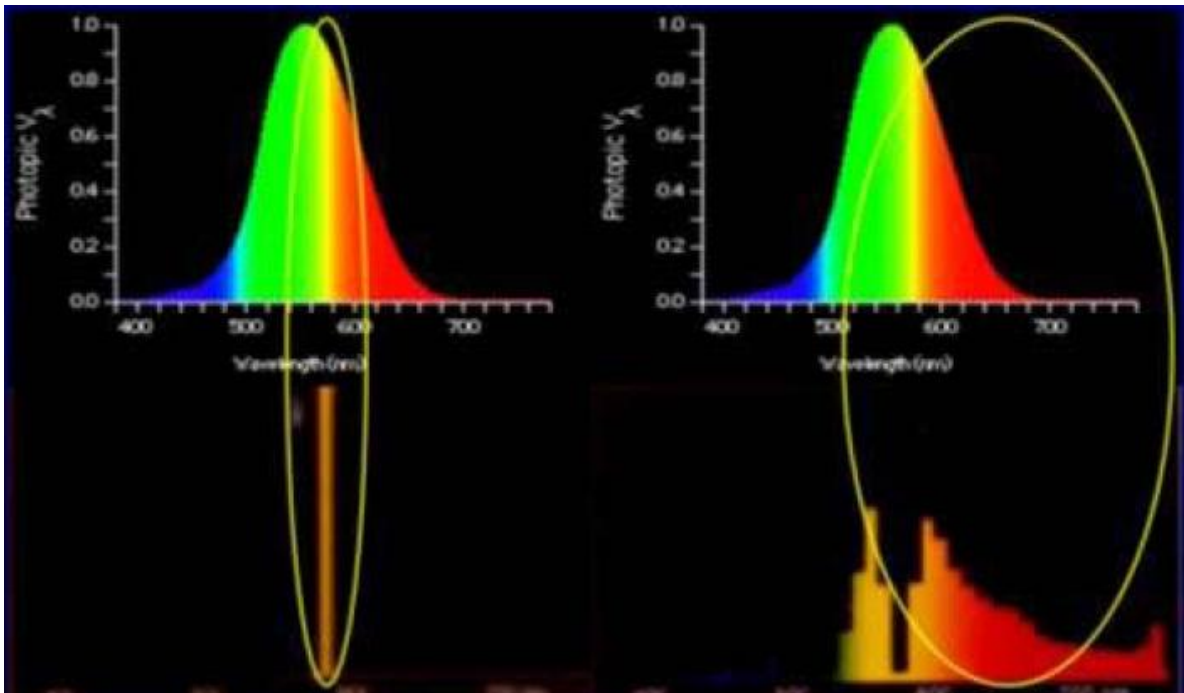


FIGURA II.13: Curva fotópica y croma de lámparas de vapor de sodio en baja presión (izquierda) y vapor de sodio de alta presión (derecha).

Desde aquellos años se encontró que la sensibilidad del ojo a los diferentes colores se modificaba cuando los niveles de iluminación se reducían notablemente. Se determinó entonces que el pico de sensibilidad y la curva en general se desplazaba 47 nm a la izquierda, ubicándose ahora en 508 nm. A esta curva se le llamó escotópica (S).

Sin embargo, a finales del año 2002 se anunció que el descubrimiento de un nuevo receptor fotosensible de la retina localizado en las regiones no centrales del ojo fue uno de los 10 descubrimientos científicos más importantes del año. El nuevo pigmento fotoreceptor lleva por nombre “melanopsina” y su pico de sensibilidad ocurre cerca de los 482 nm. Se encuentra dentro de una clase de grandes células retínales ubicadas fuera de la fóvea central. Dichas células han recibido el nombre de “células ganglionales retínales intrínsecamente fotosensibles” (RGC’s por sus siglas en inglés). La función principal de estas células (a pesar de ser 1000 veces menos numerosas que los conos) es que afectan directamente las regiones del cerebro responsables de funciones de la visión sin imágenes, tales como la regulación circadiana y la variación del tamaño de la pupila.

Además de la regulación circadiana, estos descubrimientos son importantes porque ofrecen una explicación a muchas observaciones encontradas en la práctica de la iluminación pero frecuentemente descartadas por falta de sustento científico. Por ejemplo, existe evidencia concluyente de que estos receptores pueden explicar la bien conocida percepción de brillo, que visto en condiciones naturales y en niveles típicos de áreas interiores, la luz más rica en tintes azules (mayor temperatura de color correlacionada ó TCC) es percibida con más brillo que la luz con menos tinte azul (menor TCC), ambas vistas bajo los mismos niveles de lúmenes. En la calibración de los luxómetros convencionales que comúnmente se usan, la respuesta de los nuevos receptores del ojo humano a la luz donde predominan los azules no han sido incluidas. Por lo tanto, en los últimos 100 años se han estado cometiendo errores de medición al evaluar la cantidad total de luz, tanto la radiada (lúmens) como la incidente (luxes).

Para una medición completa en la región fotópica, no hay una sino dos funciones espectrales sensitivas y para la medición de iluminación interior y exterior nocturna en lugar de tradicionalmente dos, habrá una familia de tres funciones espectrales sensitivas, que se llaman fotópica, escotópica y cirtópica. Estas funciones son caracterizadas generalmente por sus picos de longitud de onda que ocurren a los 555 nm, 507 nm y

491 nm respectivamente. Cuando son tomadas en conjunto como familia fotométrica, estas funciones de sensibilidad se adaptan a la definición del lúmen, dando el valor de 683 lumens por watt a 555 nm. La nueva o tercera función normalizada es llamada aquí “cirtópica” en referencia a su relevancia por la regulación del ciclo circadiano.

En la época en que los primeros estudios fueron llevados a cabo, el nuevo fotorreceptor no había sido aún descubierto. Sin embargo, se fundamentaron los datos en el tamaño de la pupila, en la percepción del brillo y en el desempeño visual. Dado que el pico de longitud de onda del espectro escotópico de 507 nm es cercano al pico de longitud de onda del nuevo fotorreceptor retinal de 491 nm la sensibilidad real del ojo es notablemente diferente a la tradicional.

Como las sensibilidades fotópica y escotópica son diferentes, incorporar el nuevo receptor en la práctica de la iluminación se convierte en un problema cuando la aplicación de la iluminación implica la consideración de múltiples espectros. Si hay sólo un espectro a considerar, entonces la percepción de brillo y el desempeño visual seguirán las lecturas relativas de los medidores estándar. Sin embargo, cuando se comparan fuentes de diferentes espectros para la percepción del brillo espacial o agudeza de la visión, las diferencias relativas entre las contribuciones fotópica y cirtópica aumentarán. Dado que los medidores estándar están basados únicamente en el criterio antiguo, depender únicamente de esos valores da un resultado inexacto.

Más aún, la corrección de los errores permite una mejora en la eficiencia energética en iluminación porque la luz azulosa contendrá una entrada relativa mayor por el nuevo receptor.

Por lo tanto, el descubrimiento de un nuevo fotorreceptor no centrado en la fovea afirma la necesidad de un nuevo conteo más exacto del cómo la luz afecta el sistema visual bajo las condiciones de visión integrales encontradas comúnmente en la práctica de la iluminación. Incorporar el nuevo conocimiento provee a esa práctica de una valiosa mejora, permitiendo la obtención de ambos beneficios; mejor eficiencia visual y mejor eficiencia energética y económica.

De acuerdo con lo expuesto, las curvas de sensibilidad a los colores deben ser modificados, porque en condiciones de bajos niveles de iluminación (figura II.14) la

respuesta del ojo a las diferentes cromas de las lámparas es radicalmente diferente. Dicho en otras palabras, el ojo se vuelve virtualmente ciego a los rojos e hipersensible a los azules, haciendo que las lámparas con fuerte aportación de naranjas y rojos tengan una eficacia real baja, mientras que las lámparas con fuerte aportación en azules y violetas tienen una eficacia real muy alta.

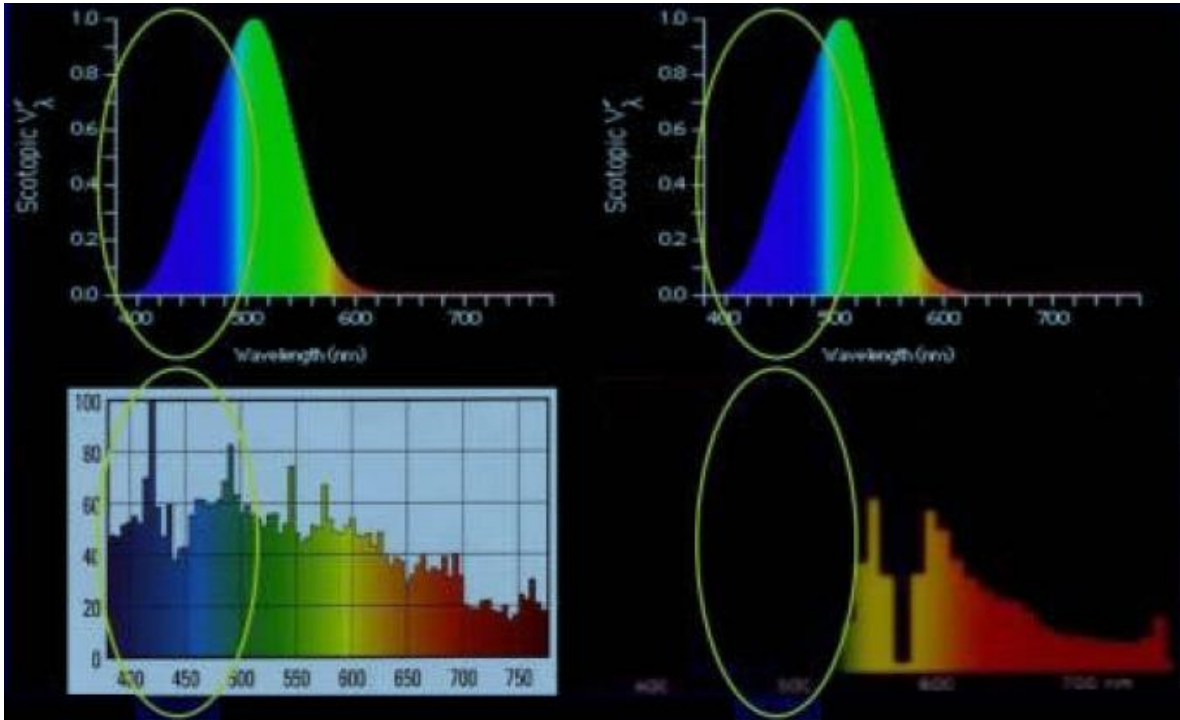


FIGURA II.14: Curva escotópica y croma de lámparas de aditivos metálicos (izquierda) y vapor de sodio de alta presión.

En vista de la necesidad de evaluar la luz de una manera más integral, en los últimos años los profesionales de iluminación con más experiencia en todo el mundo miden la luz con radiómetros y no con luxómetros convencionales. Un radiómetro típico mide los luxes fotónicos (P), los escotópicos (S), la relación S/P y los luxes efectivos (luxes realmente percibidos por el ojo). Las mediciones con radiómetro se ven influenciadas principalmente por 2 factores: la temperatura de color correlacionada (TCC) y el índice de rendimiento de color (CRI). En la medida en que ambos valores se incrementan, la relación S/P aumenta y con ella la cantidad de lúmenes percibidos, en el futuro denominados “lúmenes verdaderos” ó tLm y “luxes verdaderos” ó tLx, haciendo analogía con los valores verdaderos raíz cuadrática media ó trms (true root mean square) tan útiles y conocidos en ingeniería eléctrica.

En la tabla II.4 se presentan los valores de TCC y CRI para diferentes fuentes luminosas, así como la relación S/P. Para hacer más útil la información se propuso como referencia la lámpara de vapor de sodio de baja presión (VSBP), en teoría la lámpara más eficaz pero de más bajo rendimiento de color. Su relación S/P es de 0.23 contra el máximo valor de 2.47 de la luz natural. Asumiendo ahora un valor adimensional de 1 para VSBP, todas las demás lámparas presentan valores superiores, donde el valor más alto lo alcanza nuevamente la luz natural (3.278).

Lúmenes Convencionales entre Lúmenes Verdaderos											
	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión (35 W)	Sodio Alta Presión (35 W)	Sodio Alta Presión (150 W)	Vapor de Mercurio (Fosforado)	Led Blanco Cálido	Sodio Blanco	Incandescente Standard	Fuorescente Blanco Frío	Aditivos Metálicos (Fosforado)	Halogeno
TCC	1,800	1,900	1,950	2,050	3,000	3,000	2,500	2,650	4,100	3,200	3,000
Mr	556	526	513	488	333	333	400	377	244	333	333
IRC	0	21	21	22	41	80	83	95	62	72	98
S/P	0.23	0.4	0.52	0.55	0.8	1	1.14	1.41	1.46	1.49	1.5
FC Lm	1	1.319	1.642	1.83	1.865	2.086	2.227	2.476	2.52	2.546	2.554

	Fuorescente 741	Fuorescente 841	Fuorescente 850	Aditivos Metálicos Claro	Fuorescente 765	Inducción Electromagnética	Fuorescente 763	Luz Solar CIE	Lámpara de Azufre	Luz Solar con Boveda	Fuorescente 875
TCC	4,100	4,100	5,000	4,200	6,500	5,000	6,300	6,200	6,400	7,000	7,500
Mr	244	244	200	238	154	200	159	161	156	143	133
IRC	72	82	82	65	72	90	75	95	84	99	82
S/P	1.57	1.62	1.96	2.1	2.14	2.21	2.22	2.28	2.32	2.47	2.47
FC Lm	2.588	2.654	2.92	3.022	3.051	3.061	3.107	3.149	3.176	3.278	3.278

TABLA II.4: Factores de Corrección para diferentes Fuentes de Luz.

Una aplicación práctica se explica con un ejemplo: si en una instalación se tuviera iluminación con lámparas fluorescentes con CRI de 75 y TCC de 4100K, el nivel de iluminación se incrementaría 26.6% ($3.278/2.588$) si se usaran lámparas fluorescentes con CRI de 85 y TCC de 7500K, manteniendo constantes otras variables como el color de las paredes, el tipo de balastro, el luminario, etc. Otro ejemplo sería pasar de lámparas de vapor de sodio en alta presión con 1900K y CRI de 21 a lámparas de inducción de alta calidad con 5000K y CRI de 90, donde los lúmenes percibidos se incrementarían 67% ($3.061/1.83$), lo que se podría trasladar a un notable ahorro de energía en instalaciones de alumbrado.

Debe aclararse que el buen uso de la TCC permite crear ambientes idóneos para cada aplicación y necesidad. Por lo tanto, aunque la percepción de la luz blanca azulada sea mayor que la luz amarilla ó la luz rojiza, su aplicación debe ser selectiva. En un hotel 5 estrellas, por ejemplo, las habitaciones, los restaurantes y los bares nunca deberían iluminarse con luz fría, aunque el nuevo criterio sí sería aplicable en ese mismo hotel para áreas como la cocina, la lavandería y los estacionamientos.

2.2. FOTOMETRÍA Y COLORIMETRÍA

2.2.1. CONCEPTOS: UNIDADES Y MAGNITUDES

2.2.1.1. ANGULO SÓLIDO ω (estereorradián)

En geometría plana, se define un ángulo, como la parte de un área o superficie plana comprendida entre dos líneas que se encuentran en un punto (vértice). La magnitud de un ángulo puede indicarse de dos modos diferentes, a saber:

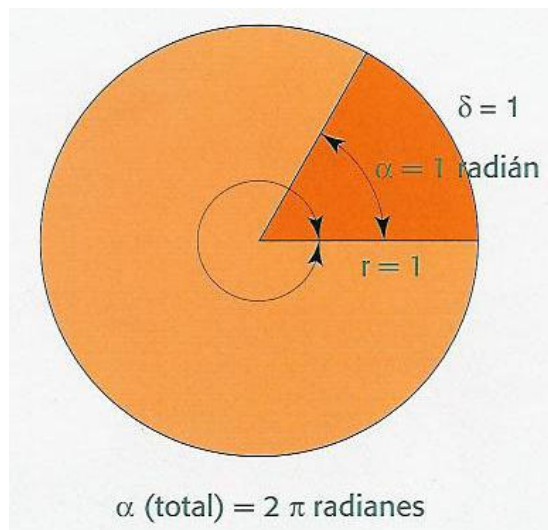


FIGURA II.15: Angulo en el plano.

- El área o superficie plana total puede ser dividida (Por líneas que pasan a través del vértice del ángulo) en 360 partes iguales (grados), en este caso, el ángulo se expresa en grados.
- Empleando el vértice del ángulo como centro, puede trazarse un círculo de radio cualquiera. Como el arco del círculo contenido entre las dos líneas que forman el

ángulo, es proporcional al ángulo, se emplea como medida del ángulo, la longitud del arco, expresada en función del radio. La unidad es el ángulo subtendido por un arco de la misma longitud que el radio del círculo, denominada radian:

$$1 \text{ radian} = 57^{\circ} 17' 44,8''.$$

Cualquier ángulo plano es igual a la longitud del arco en radianes. Como la circunferencia de un círculo es 2π veces el radio, un ángulo de 360° contiene 2π radianes.

Explicado para la geometría plana, a continuación se explican los mismos conceptos a la geometría de sólidos o estereometría.

Angulo sólido se emplea por analogía a la idea de un ángulo en geometría plana, en vez de las dos líneas que encierran a un ángulo plano, habrá una superficie cónica y el espacio encerrado en esta superficie es el ángulo sólido, usualmente designado por la letra ω .

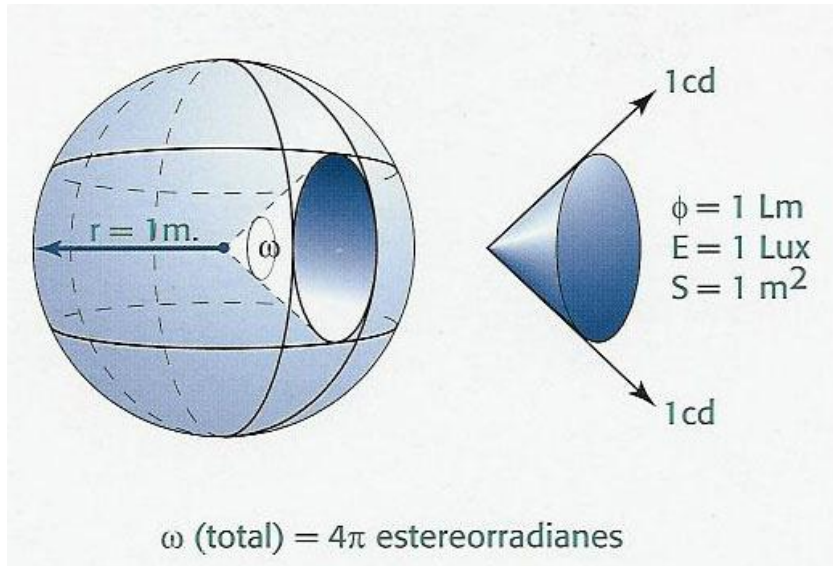


FIGURA II.16: Angulo Sólido.

Las superficies cónicas pueden presentar formas irregulares; en la práctica consistirán a menudo en una superficie cónica regular o en los lados de una pirámide. La magnitud de un ángulo sólido se expresa de modo similar a la medida de un ángulo plano en radianes.

Imagínese una esfera de radio r desde el vértice del ángulo sólido (véase figura II.6). La parte de la superficie esférica encerrada por la superficie cónica límite del ángulo sólido es proporcional al ángulo sólido.

Cuando la magnitud de la parte de la superficie esférica es igual a r^2 , se dice que el ángulo sólido es 1 estereorradián. Si la parte subtendida de la superficie esférica no es igual a r^2 , pero puede designarse por S , entonces:

La superficie de una esfera de radio r es $4\pi r^2$, el ángulo sólido encerrado por la esfera total es por tanto 4π .

Significado del Ángulo sólido en Luminotecnia

Cuando aparece una cierta superficie a una distancia dada del ojo, dicha superficie se ve como consecuencia de un haz de rayos luminosos que alcanza el ojo. Pero si la superficie está suficientemente lejos del ojo, puede considerarse el ojo como un punto; el haz luminoso constituye entonces un ángulo sólido, cuya magnitud dependerá del tamaño de la superficie y de la distancia del ojo. Entonces se dice que esta superficie subtende un cierto ángulo sólido.

Similarmente, un haz luminoso emitido por una fuente luminosa que puede considerarse como puntual, ocupa un ángulo sólido.

2.2.1.2. FLUJO LUMINOSO Φ [lumen]

Las fuentes luminosas emiten energía en forma de ondas electromagnéticas que dispersan en todas direcciones. La cantidad de energía irradiada durante una unidad de tiempo (potencia), puede ser expresada en unidades físicas, tales como el watt.

En términos generales, tan sólo una parte de la energía que entra en el ojo, produce una impresión de luz, aquella parte cuyas longitudes de onda se encuentran entre 400 y 700 nm. La sensación luminosa inducida en los ojos por una cierta cantidad de energía en forma de ondas electromagnéticas no es la misma para todas las longitudes de onda, por lo que en lugar de expresar la energía luminosa en watts, se expresa en términos de sensación de luz producida en los ojos.

La energía irradiada así evaluada sobre la base de la impresión de luz que induce en los ojos, es denominada flujo luminoso. La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm.).

Un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad (1 estereorradián) por una fuente puntual uniforme de una intensidad luminosa de una candela.

Fuente de luz	Flujo Luminoso (lm)
Efluvio	0.6
Vela de Cera	10
Quinqué	18
Incandescente 100W	1360
Fluorescente	2800
Mercurio a alta presión	22000
Halogenuros metálicos	32000
Sodio a alta presión	48000
Sodio a baja presión	32000

TABLA II. 5: Valores orientativos del flujo luminoso dependiendo del tipo de fuente de luz.

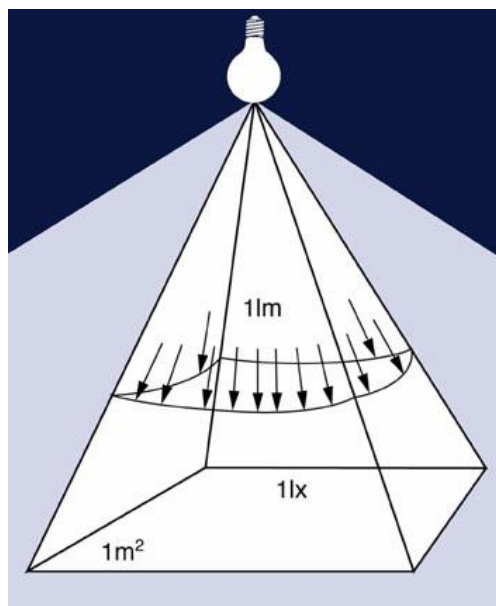


FIGURA II. 17: Flujo Luminoso.

2.2.1.3. INTENSIDAD LUMINOSA I [Candela]

El modo en que el flujo luminoso está distribuido en el espacio, es de considerable importancia para el luminotécnico, ya que un conocimiento de esto, le permite dirigir la luz hacia los objetos de la manera más eficaz y económica. Por ello, resulta necesario medir valores del flujo luminoso en diferentes direcciones y expresarlos en una cierta unidad.

La solución a esta necesidad planteada, procede de la analogía con la velocidad como concepto físico.

La velocidad = d/t , y si se toma el cociente del flujo luminoso dividido por el ángulo sólido, se puede conocer de qué modo es irradiado el flujo en un cierto ángulo sólido.

El valor límite de Φ/ω cuando el ángulo sólido se aproxima a cero, es denominado intensidad luminosa, cuya fórmula es:

$$I = \text{lum } \Phi/\omega$$

La unidad de la intensidad luminosa es la candela (cd), donde una candela es la intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de $1/600,000$ metros cuadrados de un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino, bajo la presión de 101,235 Newton por metro cuadrado.

2.2.1.4. EFICACIA LUMINOSA [lumen / watt]

Las fuentes luminosas eléctricas consumen una cierta cantidad de energía eléctrica por segundo (watts) y emiten un determinado flujo luminoso. La eficacia de una fuente luminosa es mayor cuanto mayor sea la emisión luminosa por watt consumido, es decir el cociente del flujo luminoso por la potencia consumida.

La eficacia luminosa de una fuente luminosa es el cociente del flujo luminoso dividido por la potencia consumida, y se expresa en lúmenes / watt (lm/w).

Tipo de lámpara	Eficacia Luminosa (lm/w)
Incandescente	8 a 20
Halógena	18 a 22

Fluorescente Lineal	51 a 104
Fluorescente Compacta	50 a 82
Vapor de Mercurio	40 a 58
Halogenuros Metálicos	60 a 95
Vapor de sodio alta presión	66 a 130
Vapor de sodio baja presión	100 a 183

TABLA II.6: Valores orientativos de la eficacia luminosa dependiendo del tipo de fuente de luz.

2.2.1.5. ILUMINANCIA E [lux]

La cantidad de flujo luminoso que incide sobre un objeto que no emite luz por sí solo, es muy importante desde el punto de vista de observación de ese objeto.

Se desea conocer por ello, cuan fuertemente está iluminada la superficie de un objeto, y el camino normal es expresar la intensidad de iluminación o iluminancia esa área en términos del flujo luminoso por unidad de área de la superficie así iluminada.

Designando el flujo luminoso y el área, la fórmula que expresa el valor de iluminancia esa área es:

$$E = \text{Flujo} / \text{Superficie}$$

El flujo luminoso que incide sobre una superficie, se halla multiplicando la iluminancia por el área. Hablando en términos generales, la iluminancia sobre una superficie será diferente entre dos puntos, de modo que la división del flujo luminoso incidente por el área total de la superficie, es la iluminancia media de esa superficie.

Si se toma una parte de la superficie solamente, puede decirse que cuanto menos sea el área, menor será la variación de iluminación en esa área y, si se continúa este proceso hasta llegar a un área que sea puntual, la iluminación de ese punto será uniforme.

- 1 Lux es la iluminación producida por 1 lumen, que incide sobre una superficie de 1 m²

Situación	Iluminancia (lux)
Mediodía verano aire libre, cielo despejado	100,000
Mediodía verano aire libre, cielo nublado	20,000
Puesto de trabajo bien iluminado, recinto interior	1,000
Excelente alumbrado público	20-40
Noche de luna llena	0.25
Noche de luna nueva (luz de las estrellas)	0.01

TABLA II.7: Valores orientativos de la iluminancia dependiendo de la situación.

2.2.1.6 LUMINANCIA L [Candela / m²]

Cuando dos fuentes luminosas de la misma intensidad luminosa, una de las cuales tiene mayor área que la otra, son miradas sucesivamente, la menor aparece más brillante que la otra.

En la menor de dos fuentes luminosas, la intensidad luminosa por unidad de área es más elevada que en la mayor y consiguientemente se dice que la luminancia de la primera es mayor que la de la otra.

Luminancia (L) es el cociente del flujo luminoso que sale, alcanza, o atraviesa un elemento de superficie en este punto y se propaga en direcciones definidas por un cono elemental, que contiene la dirección dada y el producto del ángulo sólido del cono por el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular a la dirección dada.

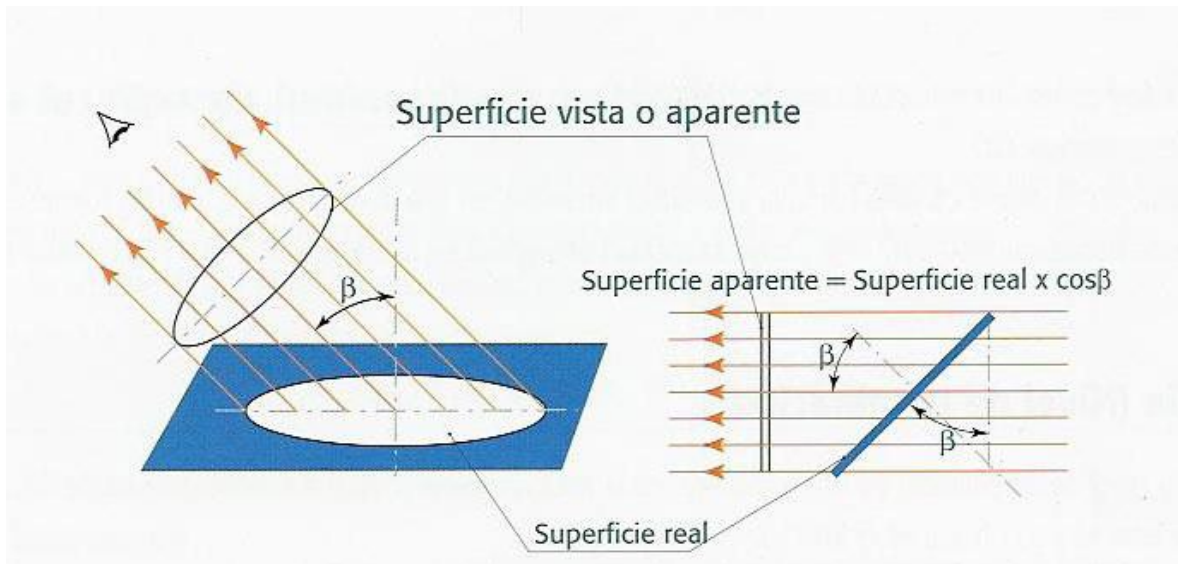


FIGURA II.18: Luminancia.

Su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Aplicada a sus tres acepciones diferentes, la luminancia adopta una serie de expresiones que se exponen a continuación:

- En un punto de la superficie de una fuente luminosa, en una dirección dada (intensidad luminosa por unidad de área proyectada).
- En un punto de la superficie de un receptor en una dirección (iluminancia normal por unidad de ángulo sólido).

Situación	Luminancia (cd/m^2)
Sol	15×10^8
Cielo despejado	3000 a 5000
Lámpara incandescente	10^6
Lámpara fluorescente	7500

TABLA II.8: Valores orientativos de la luminancia dependiendo la situación.

2.2.1.7. DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento, en términos fisiológicos de visión, se define como una pérdida de sensibilidad más o menos larga (falta de adaptación). Proviene, bien de un exceso de luminancia de una fuente luminosa o bien de un contraste demasiado violento.

La duración del deslumbramiento es función del nivel más o menos elevado de la luminancia de la fuente en cuestión.

Puede ser directo (visión de la fuente), o reflejado (provocado por una superficie reflectante de luminancia demasiado elevada).

Según la Comisión Internacional de Iluminación, el deslumbramiento puede ser de dos clases: molesto y perturbador.

- a) El deslumbramiento molesto es el producido cuando el denominado efecto de “velo” no resulta peligroso. Su efecto ha sido evaluado con un simulador dinámico de alumbrado público. Su evaluación se da en términos del índice G.
- b) El deslumbramiento perturbador es el efecto de reducir la aptitud de distinguir los objetos, asimilable a la producción de un velo provocado por un haz luminoso más brillante, situado en el campo visual al que está adaptado el ojo. Este haz, parcialmente difundido sobre toda la retina, se superpondría así a todo el campo visual.

Los efectos de este tipo de deslumbramiento, se evalúan en función de la reducción de contrastes de dos objetos, debido al efecto de la denominada “Luminancia de velo”.

2.2.1.8. VISIBILIDAD

La tarea básica visual del ojo humano, es la detección de un objeto con luminancia uniforme, visto contra un fondo que también posee una luminancia uniforme.

La visibilidad, depende entre otros parámetros, de: la luminancia del fondo; el tamaño del objeto, y de la diferencia de luminancias entre el objeto y el fondo.

En términos más concretos, se dice que un objeto es visible a un observador, si éste puede detectar la más mínima diferencia si el objeto es retirado de la escena visual. Aún siendo ésta una definición poco rigurosa, si ofrece una sencilla comprensión del concepto.

2.3. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES Y CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

Los sistemas de iluminación se pueden clasificar de distintas maneras, ya en la vida práctica es fundamental hacer análisis comparativos de evaluando el sistema de iluminación completo lámpara-balastro-luminario-control y no solamente la fuente de luz, pero la clasificación por tipo de fuente luminosa arroja información muy relevante que sirve como punto de referencia para hacer un análisis más completo, considerando los siguientes parámetros.

2.3.1. ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR [IRC o Ra].

Conocido generalmente por sus siglas en inglés CRI [Color Rendition Index], que es un parámetro de calidad de luz, una medida utilizada para clasificar la capacidad de una lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos o las personas, o mejor dicho, la calidad con la que el ojo humano los percibe de la manera más natural. A mayor IRC (basado en una escala adimensional de 0 a 100), mejor será la reproducción de colores en general. Las luces con un IRC elevado son necesarias en aplicaciones donde son importantes los colores, tales como por ejemplo la fotografía y el cine, pero no significa que por ejemplo nuestra comida o la forma en la que nos vemos en el espejo o simplemente toda actividad en la que se involucre nuestra vista y veamos o no lo que apreciamos de una manera por así decirlo “más real o no”, ya que la carne se puede ver naranja, rosada o verde, o nuestra cara tenga un tono “extraño” ante el espejo, esto depende que tan cercano se este de un 100, Algunas lámparas como el caso de vapor de sodio de baja presión tienen un CRI negativo. En lámparas convencionales

cuando el CRI aumenta la eficacia disminuye y la lámpara alcanza un costo mayor. Se define por la Comisión Internacional de la Iluminación como:

Reproducción Cromática: Efecto de una iluminación sobre la percepción del color de los objetos, de forma consciente o subconsciente, en comparación con su percepción del color bajo una iluminación de referencia (por ejemplo una muy práctica es la del sol). Las clasificaciones de IRC de varias lámparas pueden compararse, pero una comparación numérica sólo es válida si estas lámparas son de las mismas características y tienen una temperatura de color [TCC] [K] similar. Los ICR aceptables para calidad van de 60 hasta 100, siendo 80, 90 de los mejores, aunque hay que considerar que si se quiere llevar a un valor alto se tiende a sacrificar la eficacia luminosa y consumo energéticos. En la figura II.19 se puede observar diferentes escalas de ICR en una imagen de un arreglo floral, donde se puede observar con claridad la importancia de dicha medida.



FIGURA II.19: Ejemplo de variación de escala de ICR en una imagen.

El IRC también se relaciona directamente con el precio de la lámpara, entre más alto el coeficiente más costosa será, la razón de ser de este incremento en el precio es que

para su elaboración se utilizan más tipos de materiales y estos así mismo son de una calidad superior.

Todas las fuentes lumínicas (lámparas) poseen esta clasificación, es importante el conocerla, de este factor depende que tan cercana la forma de reproducir el color posee esta fuente en comparación con la luz solar, la cual tiene un IRC de 100.

2.3.2. CORRIMIENTO DE COLOR

Se produce en algunas lámparas por su propia construcción y puede acentuarse con el uso. Es muy apreciable en lámparas de vapor de aditivos metálicos convencionales y virtualmente se presenta en todas las lámparas. Este corrimiento es indeseable y depende de muchos factores, y solo se puede evaluar con precisión en laboratorio bajo el método de McAdam. Puede expresarse en Kelvin o en % con respecto al valor central de diseño.

2.3.3. TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA [TCC]

Es una temperatura virtual, que no tiene relación con la temperatura real de las lámparas. Se le llama correlacionada porque está en relación a un cuerpo sólido usado en laboratorios de Física llamado “cuerpo negro”, formado por distintos metales cuyo color en conjunto depende de la temperatura a la que se encuentre por acción de calentarlo. Análogamente para el caso de una lámpara cuando esta se prueba, el cuerpo negro se calienta artificialmente hasta que su aspecto cromático se iguala con el de la lámpara bajo la prueba. En ese momento se le mide en grados Kelvin la temperatura real al cuerpo negro y esa es la temperatura de color de la lámpara. La TCC es un parámetro importante al seleccionar las lámparas, porque mediante la selección de diferentes TCC se pueden dar distintos ambientes en interiores.

La temperatura de color correlacionada (TCC) mide el grado de frialdad o calidez de la tonalidad de una fuente de luz. Se mide en Kelvin. Existe una sensación subjetiva inversa en cuanto a la temperatura de color. A menor temperatura mayor sensación de calidez y a mayor temperatura mayor sensación de frialdad. La convención es opuesta a la de fenómenos naturales porque las lámparas que producen luz fría que tienden a los

azules y violáceos tienen mayores Kelvin mientras que las que las lámparas producen luz cálida que tienden a los amarillos y rojos tienen menores Kelvin.

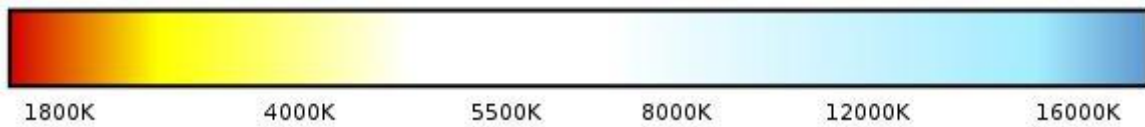


FIGURA II. 20: Colores que van de acuerdo con la temperatura de color correlacionada.

La TCC representa el color y “no la temperatura que debe alcanzar por ejemplo de una lámpara incandescente (no confundir con la temperatura del o los filamentos) para imitar el color del cuerpo negro con la cual está referenciada. Las fuentes de luz roja-amarillenta ("cálidas"), por ejemplo las lámparas incandescentes y las incandescentes halógenas, tienen temperaturas de color inferiores, por ejemplo se les denomina blanco cálido o “warm white” en inglés, [2700 K a 3000 K]; las fuentes lumínicas blancas y blancas azuladas ("frías"), como las fluorescentes y las de inducción magnética (algunas caen dentro del caso anterior y dentro de los siguientes) blanco frío [4100 K] y la luz diurna natural como por ejemplo la de los led's “daylight” (5000 a 6000K), tienen temperaturas de color más altas. Por lo tanto a mayor TCC, más blanca o azul será la luz, a menor TCC será más amarilla o rojiza la luz. Lo anteriormente expresado se puede observar en la figura II.21.

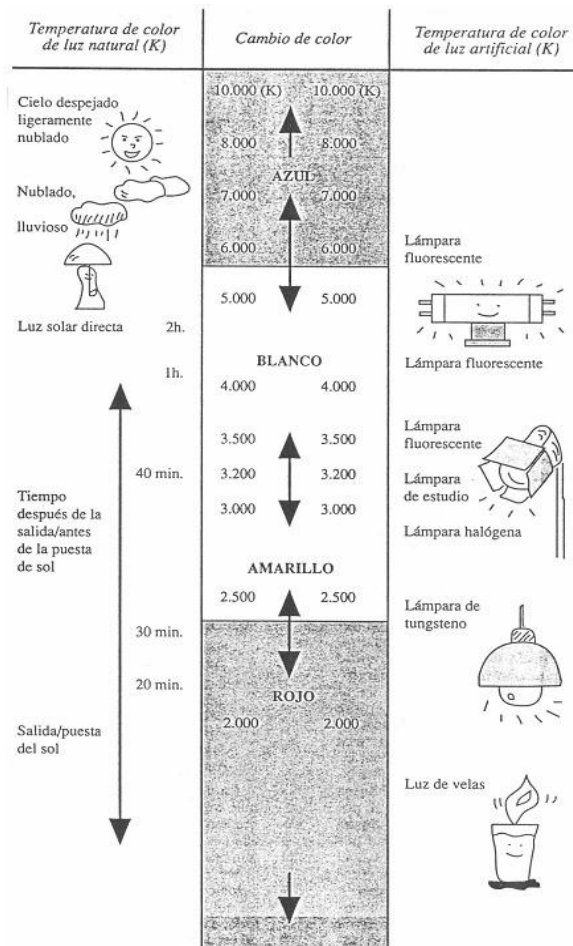


FIGURA II.21: Temperatura de color correlacionada.

Cabe dejar muy claro que llevar la TCC a valores superiores de [7000 K] puede traer afectaciones en la salud de las personas, ya que se rompe directamente el ciclo circadiano en personas y animales y existe un riesgo extremadamente alto en mediano o largo plazo de desarrollarse cáncer en la piel por lo cual no se recomienda para aplicaciones relacionadas con las especies mencionadas.

2.3.3.1. MIRED

Dado que la convención relativa al cuerpo negro causa confusión, algunos especialistas han utilizado la escala del MIRED como medida de la TC, el nombre deriva del inglés “Micro Reciprocal Degree” (Microgrado reciproco). El mired es una escala de temperatura de color especialmente conveniente en fotografía, donde puede ser usado para indicar la densidad de los filtros correctores de color para un tipo dado de película

fotográfica y fuente de luz. Algunas veces se prefiere en lugar de usar temperaturas de color correlacionadas porque puede ser considerado más intuitivo si se comprende su escala.

El Mired (M) es una unidad de medida equivalente a 1,000,000 (un millón) dividido por la temperatura de color dada, de acuerdo con la fórmula:

$$M = \frac{1 \times 10^6}{K}$$

donde M es el valor mired deseado y K es la temperatura de color expresada en grados Kelvin.

Con esta nueva unidad las lámparas de luz cálida por ejemplo, tienen más MIRED que las de luz fría, esto es, que a una mayor TCC [K], la TC [MIRED] es menor y viceversa.

2.3.4. EFICACIA LUMINOSA

Desde el punto de vista de eficiencia energética es el parámetro más importante, es la razón entre el flujo luminoso emitido por la lámpara, que es la energía irradiada evaluada sobre la base de la impresión de luz que induce en los ojos donde la unidad de flujo luminoso es el lumen (lm)⁵, con respecto a la potencia demandada por la lámpara (la potencia que consume), expresándose por tanto como se puede ver a continuación:

Eficacia Luminosa [Lumens/Watt] = Luz Emitida [Lumens] / Potencia Demandada [Watts]

La eficacia nominal se calcula rápidamente a través de los catálogos de fabricantes pero la eficacia promedio es mucho más importante y más difícil de calcular, ya que el flujo luminoso y la potencia eléctrica cambian a lo largo de la vida de las lámparas.

En el caso de lámparas conectadas a la red de alimentación a través de equipos, la potencia absorbida por estos no está incluida en este concepto y como consecuencia, estas pérdidas tienen que tenerse en cuenta en cualquier proyecto, para tener cálculos más precisos.

⁵ Un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad (1 estereorradián) por una fuente puntual uniforme de una intensidad luminosa de una candela.

A mayor eficacia luminosa la lámpara generalmente es mejor, ya que se obtiene mucho más luz por demanda de potencia.

2.3.5. VIDA NOMINAL

Es el número de horas que se encuentra en los catálogos de los fabricantes. Está establecida bajo ciertas condiciones de laboratorio óptimas de operación (Voltaje, Corriente, Potencia, Humedad y Presión Ambiental, Temperatura, por ejemplo), por lo que en la práctica difícilmente todas se llegan a cumplir, pero sirven como punto de partida para hacer estimaciones y correcciones posteriores.

2.3.6. VIDA ECONÓMICA

Las lámparas y balastos se deprecian y baja su desempeño, no pueden seguir manteniendo sus condiciones de operación como al inicio de su vida por la cuestión más sencilla de pensar, que se desgastan a lo largo de su vida hasta que esta se termina. En las lámparas donde la depreciación es mayor, el replazo debe hacerse aún cuando la lámpara encienda, porque la eficacia medida en ese momento puede ser tan baja que es mucho más recomendable reemplazarla por una nueva.

2.3.7. VIDA MEDIA

La vida media se define como el número de horas de funcionamiento para el que han fallado el 50% de las lámparas correspondientes a una muestra suficientemente representativa después de funcionar en condiciones de prueba de un lote de lámparas trabajando en condiciones determinadas por el fabricante.

Es lógico pensar que en el momento que las lámparas fallan su flujo ha depreciado, esto nos obliga a pensar en reponer las lámparas antes del final de su vida media.

Si la depreciación de las lámparas que sobreviven puede ser tan alta en los límites de la vida media no es económicamente aceptable dejarlas en funcionamiento con una eficacia tan baja con la que operan.

Por tanto, definimos el concepto de vida útil como el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación a mantenerlas. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.

2.3.8. RANGO DE POTENCIA

Son las potencias en las que cada lámpara se fabrica y por lo tanto son las que se encuentran disponibles comercialmente hablando en el mercado.

2.3.9. TIEMPO DE ENCENDIDO

Es el tiempo que tarda una lámpara en emitir el 90% de su flujo nominal. El tiempo de estabilización depende del tipo de lámpara y de su potencia.

2.3.10. TIEMPO DE REENCENDIDO

Es el tiempo que tarda una lámpara en dar el 90% de su flujo nominal cuando es apagada voluntaria o involuntariamente. En aplicaciones comerciales, industriales y deportivas, los sistemas de lento reencendido deben instalarse con sistemas de respaldo con encendido muy rápido.

2.3.11. FALLA TÍPICA

La falla se puede presentar prematuramente o al final de la vida pero cada sistema tiene una forma diferente de hacerlo. Así, por ejemplo una lámpara incandescente no enciende, una fluorescente parpadea y sus extremos se oscurecen por el desgaste, a una de alta intensidad de descarga [HID] cambia su color y reduce su flujo luminoso, una de vapor de sodio de alta presión sufre un efecto llamado “drop out”, que se enciende y parpadea intermitentemente.

2.3.12. DEPRECIACIÓN DE LUMENS DE LÁMPARA [DLL]

Es un proceso progresivo de envejecimiento que sufren todos los tipos de lámparas y se establece como la razón de los lúmenes al 70% de la vida nominal y los lúmenes nominales. Debe tenerse cuidado porque algunos fabricantes los reportan al 40% de la

vida nominal. Los casos extremos los pueden alcanzar las lámparas de aditivos metálicos que se deprecian hasta el 60% a las 18,000 horas contra el 5% de depreciación de una lámpara fluorescente T5 a las 24,000 horas o una lámpara de inducción electromagnética con depreciación de 10% a las 50,000 horas.

2.3.13 FACTOR DE DAÑO

Todas las fuentes de luz emiten diversas radiaciones y las lámparas no son la excepción. Las emisiones pueden ser desde imperceptibles rayos X hasta peligrosas emisiones de radiación ultravioleta (UV), pasando por radiaciones infrarrojas (IR). Estas radiaciones afectan a los materiales que iluminan en general y el daño depende de las áreas de exposición, el nivel de iluminación al que sea sometido el material y el tiempo de exposición. Se mide usualmente en (kHr/kLx).

2.3.14 COSTO INICIAL DE EQUIPO (CIE)

Es medido desde el punto de vista económico, es el desembolso inicial de capital de luminario(s), es el parámetro que debe considerarse en cualquier proyecto, pero es mucho más importante compararlo con el costo total de operación (CTO), así se emite la conclusión de cual tipo de lámpara es mejor.

2.3.15 COSTO TOTAL DE OPERACIÓN

Se hace con respecto a un intervalo de tiempo, que por lo general puede ser a un mes, bimestre, semestre y más preciso a un año. Este costo depende de muchas variables, entre ellas la eficiencia de los equipos, y su vida útil. Para el cálculo del CTO debe considerarse el costo directo de la factura eléctrica y aquí es dónde entra el hacerlo de preferencia anual, ya que toca todos los costos de energía a lo largo de todos los meses del año, más el costo correspondiente al material, equipo y mano de obra necesarios para el mantenimiento.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE ILUMINACION FLUORESCENTE

3.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN FLUORESCENTE

La iluminación fluorescente es un sistema de iluminación eficiente y conocido en el mundo.

Es más complejo que el sistema incandescente, además está disponible en colores fríos, que lo limita para algunas aplicaciones. Existen diversos tipos de lámpara fluorescente de acuerdo a su aplicación, donde las más comunes son las lámparas fluorescentes lineales o clásicas y las lámparas fluorescentes compactas (CFL). En la figura III.1 se muestran los distintos tipos, ya sea en tamaño o funcionalidad de lámparas fluorescentes que existen en el mercado.

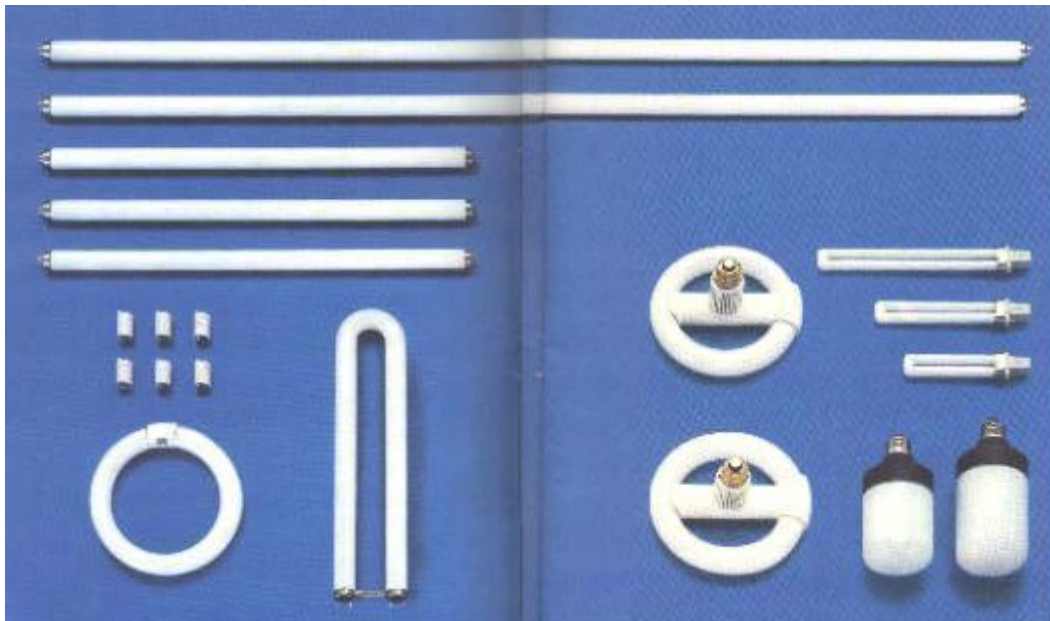


FIGURA III.1: Tipos de Lámparas Fluorescente

Su vida útil es también mucho mayor que la de las lámparas incandescentes, pudiendo variar con facilidad entre 12,000 horas 30,000 horas (entre 12 y 30 veces más), lo que

depende de diversos factores, tales como el tipo de lámpara fluorescente o el equipo complementario que se utilice con ella.

Hay en el mercado distintos modelos con diferentes temperaturas de color. Su temperatura de color correlacionada está comprendida generalmente entre los 2700 K y los 6500 K (del Blanco Cálido a Luz Día Frío). Sin embargo, en la actualidad se pueden conseguir tubos con una amplia gama de temperatura de color, lo que permite encontrar con relativa facilidad modelos que van desde los 2700 K hasta los 8000 K.

Su índice de rendimiento de color habitualmente va de 62 a 85, siendo el valor de 100 la representación correcta de colores en los objetos iluminados y 70 un valor considerado aceptable.

Las lámparas fluorescentes necesitan de unos momentos de calentamiento antes de alcanzar su flujo luminoso normal, por lo que es aconsejable utilizarlas en lugares donde no se están encendiendo y apagando continuamente (como pasillos y escaleras). Por otro lado, como se ha dicho, los encendidos y apagados constantes acortan notablemente su vida útil.

3.2. LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (CFL)

El funcionamiento de una lámpara fluorescente compacta es el mismo que el de un tubo fluorescente común, excepto que es mucho más pequeña y manejable.

En comparación con las lámparas incandescentes, las CFL tienen una vida útil mayor y consumen menos energía eléctrica para producir la misma iluminación. “De hecho, las lámparas CFL ayudan a ahorrar costos en facturas de electricidad, en compensación a su alto precio dentro de las primeras 500 horas de uso”⁶.

⁶ Van der Plas, R. J., y A. B. de Graaff: «Comparación de lámparas domésticas en países en desarrollo», Energy Ser. Pag. 6, Industry & Energy Department, World Bank, Washington DC, 1988.

Cuando se enrosca la lámpara CFL en un portalámparas (tipo Edison E27 o E14, igual al que utilizan la mayoría de las lámparas de incandescencia) y se acciona el interruptor de encendido, la corriente eléctrica alterna pasa por el balastro electrónico, donde un diodo rectificador de onda completa la convierte en corriente continua. A continuación un circuito oscilador, compuesto fundamentalmente por un circuito de transistores que funciona como amplificador de corriente, una bobina, condensador de flujo o transformador (reactancia inductiva) y un condensador (reactancia capacitiva), se encarga de originar una corriente alterna con una frecuencia de entre 20 y 60 kHz.

El objetivo de esa alta frecuencia 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 tiene una frecuencia de tan sólo 50 ó 60 Hz, que es la de la red eléctrica a la que están conectadas.

Cuando los filamentos de una lámpara CFL se calientan por el paso de la corriente, el aumento de la temperatura ioniza el gas inerte que contiene el tubo en su interior, creándose un puente de plasma entre los dos filamentos. A través de ese puente se origina un flujo de electrones que aporta las condiciones necesarias para que el balastro electrónico genere una chispa y se inicie un arco eléctrico entre los dos filamentos. En este punto del proceso los filamentos se apagan (cesa su incandescencia) y su misión es actuar como electrodos para mantener el arco eléctrico durante todo el tiempo que permanezca encendida la lámpara. El arco eléctrico no produce directamente la luz en estas lámparas, pero su existencia es fundamental para que se produzca ese fenómeno.

Una vez que los filamentos de la lámpara se han apagado, 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 dentro de tubo dan lugar a que los átomos de mercurio se exciten y comiencen a emitir fotones de luz ultravioleta en la desexcitación subsiguiente. La luz ultravioleta no es visible para el ojo humano, pero al ser absorbidos por la capa fluorescente de sustancia fluorescente que recubre la pared interna del tubo, provoca

que los átomos de flúor se exciten y que emitan fotones de luz visible al desexcitarse. El resultado final es que la lámpara emite luz visible hacia el exterior. En la figura III.2 se muestran las partes de una lámpara fluorescente compacta.

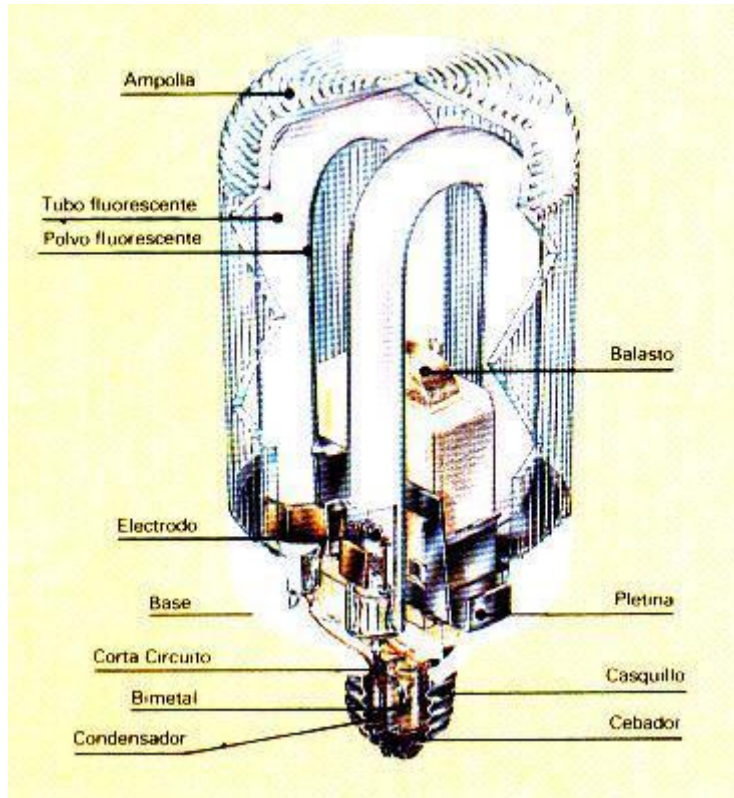


FIGURA III.2: Lámpara fluorescente compacta.

3.3. LÁMPARAS FLUORESCENTES T8 Y T12

Hasta la década de 1980, gran parte de las instalaciones utilizan lámparas T12 con balastos magnéticos. Sin embargo, esta antigua tecnología ha sido en gran parte desplazada por la delgada lámpara T8 con balastos electrónicos de mayor eficiencia. Fabricantes de lámparas y balastos continúan mejorando el flujo luminoso, eficacia, vida útil y calidad de color de las fluorescentes lineales. En este sentido, los fabricantes han logrado avances significativos en eficiencia y control óptico del sistema fluorescente. En la Figura III.3 se muestra un ejemplo de tamaño de las lámparas fluorescentes T12, T8 y T5.



FIGURA III.3: Ejemplo de tamaño de las lámparas fluorescentes T12, T8 y T5.

En el caso de las lámparas T12, sus aplicaciones suelen ser diversas como por ejemplo es el caso de iluminación urbana, en luminarias abiertas y especialmente dónde la temperatura ambiente es baja. Para luminarias dónde las lámparas T8 de ahorro de energía no resultan adecuadas. Es muy usual ver este tipo de lámparas en industrias, oficinas, hospitales, supermercados, bibliotecas, comercios etc. pero principalmente en locales con alturas superiores a 3 metros.

Las lámparas T8, como se ha mencionado ya anteriormente, sustituyen a las lámparas T12 convencionales en diversas aplicaciones o en diversos ámbitos de uso pero además tienen un menor costo de funcionamiento, consumen 10% menos que las T12, la reducción del volumen de almacenamiento es alrededor de 40% y por lo tanto la reducción del costo de transporte es menor ya que pesan un 25% menos que las T12.

3.3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA

A diferencia de las lámparas fluorescentes compactas, estas están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, con un par de bases, una en cada extremo con doble alfiler; un cátodo por cada base con tungsteno de doble o simple arrollamiento espiral y recubierto de bario, estroncio y óxido de calcio. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y cierta cantidad de un gas

noble (Argón, Neón o Kriptón) que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones como lo muestra la figura III.4.

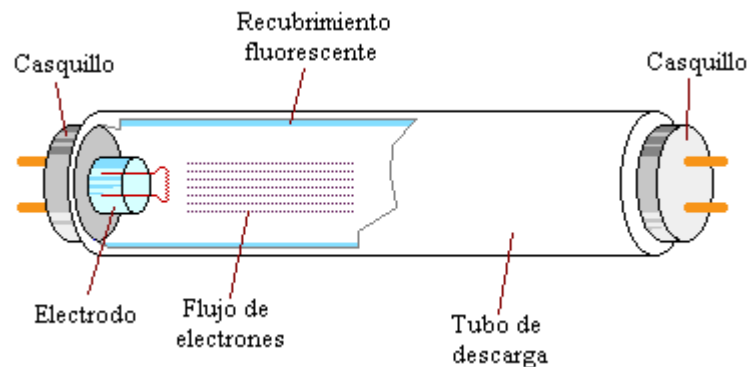


FIGURA III.4: Construcción de la Lámpara Fluorescente

En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Los electrodos (también llamados cátodos) están cubiertos con un material, que se calienta y comienza a emitir electrones estableciendo una corriente (de arco) a través de la lámpara. La radiación ultravioleta (UV) generada por el arco de mercurio se irradia sobre un recubrimiento de fósforo en la pared interior del tubo, al igual que las ya mencionadas lámparas fluorescentes compactas, con la finalidad de que la energía ultravioleta se convierta en radiaciones visibles. Las lámparas fluorescentes lineales son fuentes bidireccionales. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de sustancias fluorescentes o tipo de fósforo; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación de estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo. En la figura III.5 se muestra un esquema del funcionamiento interno de la lámpara fluorescente tubular promedio.

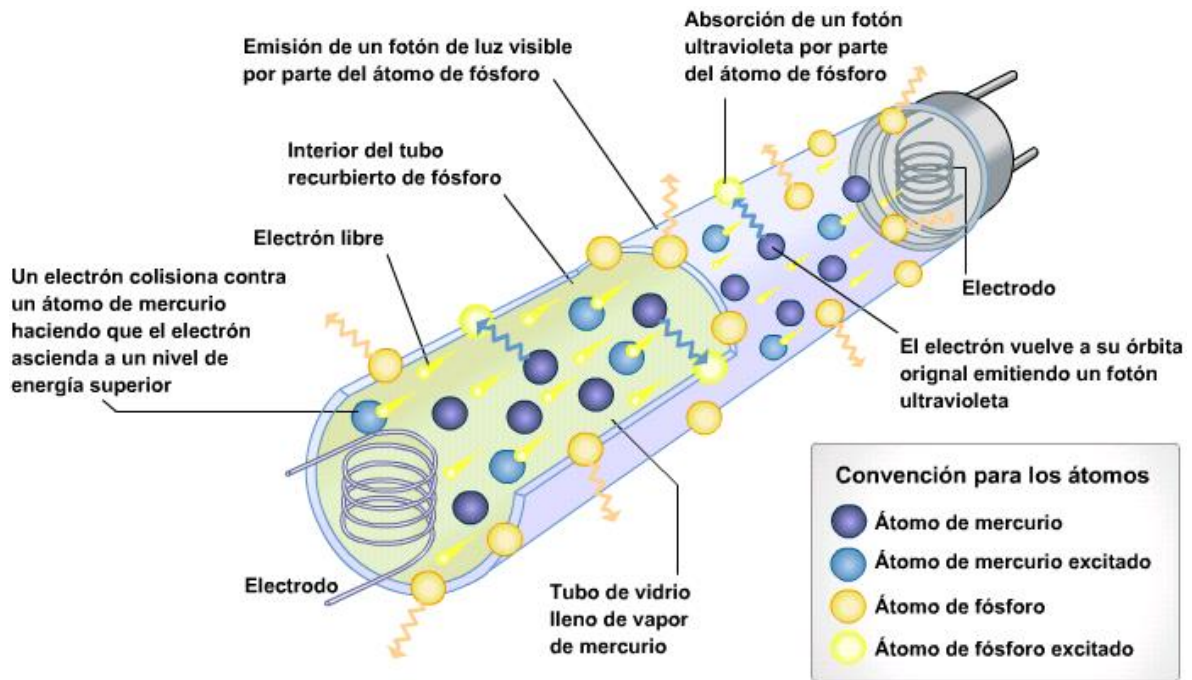


FIGURA III.5: Funcionamiento de un tubo de luz fluorescente.

Aunque las lámparas fluorescentes son disponibles en numerosas longitudes, diámetros y configuraciones, este análisis se centra en lámparas tubulares de cuatro pies de largo con diámetros de 12/8 pulgadas (T12) y 8/8 pulgadas (T8). Las lámparas fluorescentes también son clasificadas por el tipo de fósforo y apariencia de color. Las lámparas tradicionales T12 usan un único revestimiento halofósforo, formulado para producir una apariencia de color deseada, por ejemplo, blanco frío (CCT = 4100 K) o blanco cálido (CCT = 3000 K). En cambio, las lámparas T8 usan fósforos raros en una mezcla trifósforo, que combinan la luz de los colores primarios (es decir rojo, azul y verde) en la obtención de la luz blanca, en una amplia gama de valores CCT nominales. Aunque son más costosas, las lámparas trifósforo ofrecen una mayor eficacia luminosa, mejor flujo luminoso, y mejor reproducción de color que las lámparas tradicionales de halofósforo.

3.3.2. OPERACIÓN DE LA LÁMPARA

Las lámparas fluorescentes requieren un balastro para el suministro adecuado del voltaje inicial como también del control de corriente operativa de la lámpara. Los sistemas fluorescentes T12 más antiguos generalmente tienen balastros magnéticos, que usan simplemente componentes metálicos pesados para regular la corriente de la lámpara, y un mínimo de componentes electrónicos para ajustar la calidad de potencia. Los balastros magnéticos operan en las lámparas fluorescentes a una frecuencia de línea (es decir 60 Hz), que puede resultar en un parpadeo de luz visible y una vibración audible del balastro. En la figura III.6 se presenta el esquema de conexión de una lámpara fluorescente con un balastro magnético.

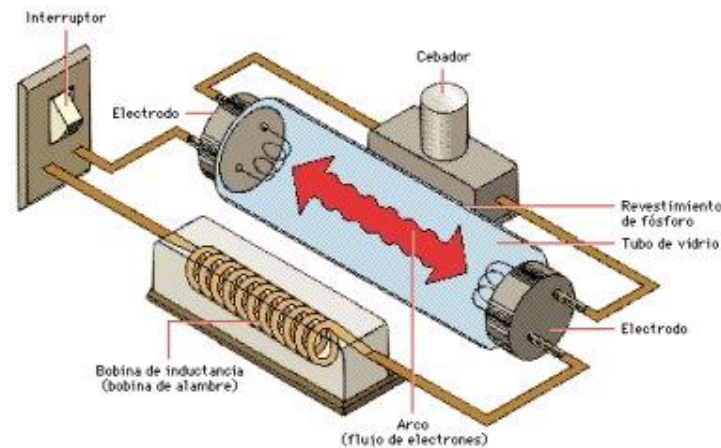


FIGURA III.6: Conexión de una lámpara fluorescente con un balastro magnético.

Las lámparas T8 están diseñadas para balastros electrónicos, los mismos que usan componentes de estado sólido, más pequeños, más ligeros, silenciosos y con un enfriamiento más rápido que los del balastro magnético. Es importante, destacar que los balastros electrónicos funcionan a una frecuencia muy alta (>20 KHz), permitiendo un incremento en el tiempo de encendido, y por ende, incremento del flujo luminoso y eficacia luminosa que las T12.

Los sistemas Lámpara – balastro son además caracterizados por el tipo de circuito de la lámpara, que describe el método de inicio de la lámpara. La puesta en marcha y frecuencia de inicio de la lámpara son importantes, porque el revestimiento de emisión

en los cátodos es disminuido con cada ciclo de inicio, resultando eventualmente en fallas de la lámpara. Para la iluminación general de interiores, los dos tipos de circuito/balastro más comunes son:

- Rápida puesta en marcha.- El balastro de rápido arranque proporciona una baja tensión en los cátodos de la lámpara que emiten calor, antes de aplicar una tensión inicial mayor, y continúa la calefacción del cátodo hasta dar un voltaje para la operación normal de la lámpara. La continuación de calefacción del cátodo no es necesaria para la operación normal de la lámpara, por eso la potencia extraída del balastro es considerada una pérdida. Sin embargo, precalentando los cátodos de la lámpara disminuye el voltaje de inicio necesario y el desgaste del cátodo, permitiendo más ciclos de inicio y más duración de la lámpara. Los fabricantes además ofrecen balastros de rápido arranque programados, que optimizan el precalentado del cátodo para extender especialmente la vida de la lámpara en aplicaciones de conmutación frecuente (por ejemplo, con sensores de ocupación).

- Inicio Instantáneo.- El balastro de inicio instantáneo ofrecen un voltaje inicial alto para encender la lámpara sin precalentamiento de los cátodos. Este método de arranque de las lámparas degradan los cátodos de las lámparas más pronto; sin embargo, eliminando la potencia perdida en el precalentamiento del cátodo normalmente hace sistemas de arranque instantáneo más eficientes.

Los sistemas fluorescentes lámpara-balastro pueden ser sintonizados para un flujo luminoso y potencia utilizada a través de la especificación de un factor de balastro apropiado (FB), que en términos sencillos es el porcentaje de entrega de lúmenes nominales de la lámpara (lm) producidos por un sistema lámpara-balastro.

Actualmente, los balastros electrónicos de T8 están disponibles con valores FB desde 0.82 hasta 0.95. Como un ejemplo, una lámpara de flujo nominal 2800 lm (inicial) operada en un balastro con un FB de 0.88 producirá 2464 lm, o 88% de su flujo luminoso nominal, con una reducción proporcional del uso de energía. Si los niveles de luz aumentan, la misma lámpara puede ser operada en un balastro con un mayor FB y un aumento de la energía gastada del sistema. Las lámparas fluorescentes pueden ser

además atenuables tan bajo como el 1% de su flujo luminoso total usando balastos electrónicos atenuables y controles asociados. Las lámparas fluorescentes son sensibles a la temperatura ambiente, que afecta a la temperatura límite y presión interna de funcionamiento de la bombilla.

Generalmente, las lámparas T12 y T8 son diseñadas para un flujo luminoso máximo a una temperatura ambiente de 25 °C (77 °F), y los valores nominales de los fabricantes son basados en esta condición. Las temperaturas debajo o por encima de la óptima 25 °C puede significativamente disminuir el flujo luminoso de la lámpara. En muchos casos, la temperatura del aire cerca de la lámpara dentro de una luminaria es mayor a los 25 °C, resultando un flujo luminoso y eficacia menor a los valores nominales del fabricante para un sistema lámpara – balastro. Con menos frecuencia, las corrientes de aire pueden enfriar la lámpara, disminuir su flujo luminoso, e interferir en el arranque y operación normal de la lámpara.

3.3.3 LUMINARIA TROFFER FLUORESCENTE

Una troffer fluorescente es un canal invertido de metal que encaja y sirve como reflector de un sistema fluorescente lámpara-balastro, tomando la luz omnidireccional de la lámpara y reflejándola en un hemisferio. Las dimensiones estándar de los troffers incluyen 1x4- pies y 2x4-pies para lámparas nominales de 4-pies (lámparas T12, T8 y T5); 1 las troffers de 2x2-pies para lámparas fluorescentes en forma de U y LFC's biaxiales. La luz es dirigida fuera del troffer por los lentes o por el difusor parabólico (figura III.7).

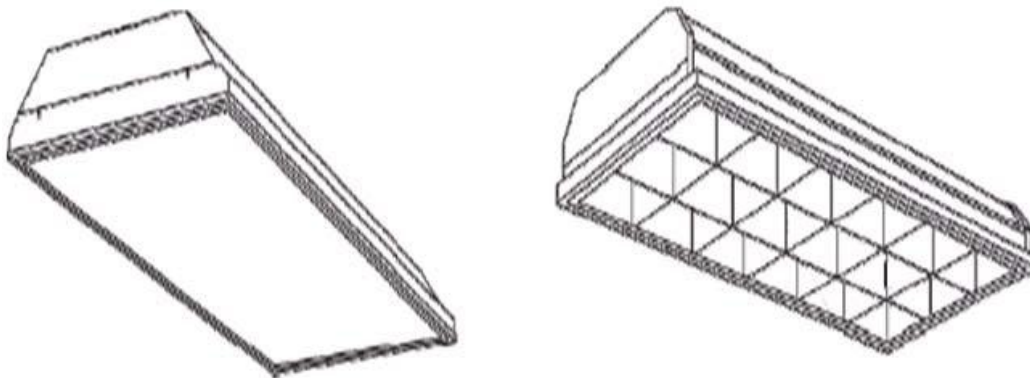


FIGURA III.7: Estructura de la luminaria troffer de óptica normal (izquierda) y parabólica (derecha).

Los lentes en los troffers fluorescentes son lentes acrílicos para difundir la luz de la lámpara y reducir el deslumbramiento. El flujo luminoso del troffer tiene generalmente una distribución en forma de coseno, similar a una lágrima (figura III.8).

Porque los lentes actúan como difusores.

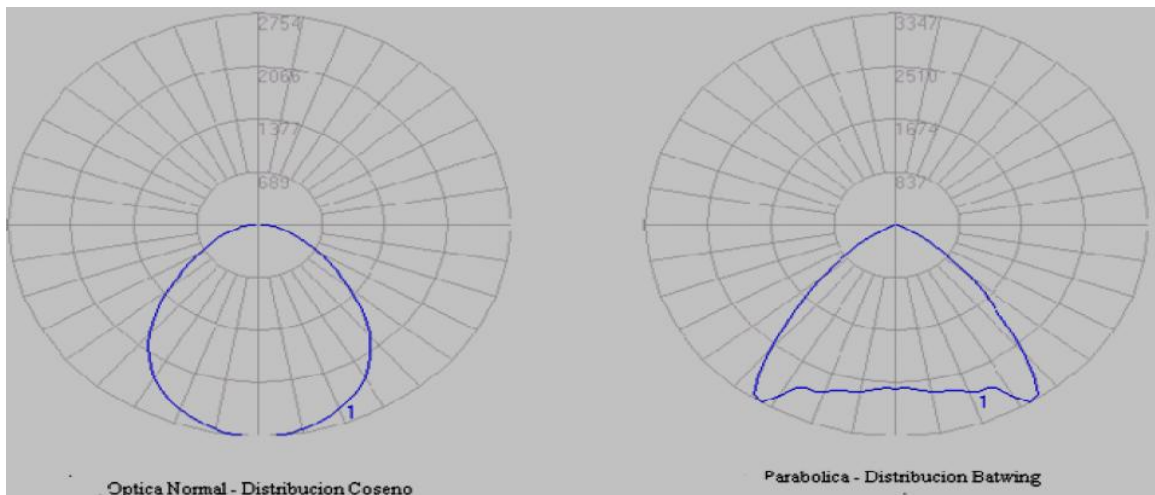


FIGURA III.8 Distribución de luz luminaria troffer de óptica normal y persianas parabólicas.

En una troffer de difusor parabólico, el difusor al mismo tiempo que distribuyen la luz y ayudan a proteger las lámparas de la visión directa, reduce el deslumbramiento.

El difusor previene la visión directa de la lámpara, y mientras permite que la luz deje la luminaria, va reduciendo el área superficial luminosa total, lo cual ayuda a controlar las

reflexiones opacas en ambientes de uso intensivo de equipamientos de video (como por ejemplo salas de cómputo). Recomendada por su nombre, las difusores actúan como reflectores parabólicos, cuya característica única es reunir la luz de una fuente omnidireccional y redirigir esta en rayos paralelos. Las troffers de difusor parabólico frecuentemente son conocidas por tener una distribución batwing (figura III.8), ideal para proveer iluminación uniforme en aplicaciones de iluminación general.

3.4. LIBERACIÓN DE MERCURIO POR LOS RESIDUOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES AL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO

En los residuos urbanos es común encontrar mezclados residuos de lámparas fluorescentes con contenido de mercurio, los cuales históricamente han sido dispuestos en los rellenos sanitarios en el mejor de los casos o en los tiraderos al aire libre donde se llevan a cabo emisiones a la atmósfera por la volatilización del mercurio y también a la introducción de residuos de mercurio a los depósitos de agua subterránea.

A diferencia de otros metales, el mercurio está continuamente recirculando en los distintos compartimientos ambientales, a lo cual se agrega su metilación a través de procesos biológicos y su bioacumulación en diferentes organismos vivos lo cual provoca serios daños a la salud a los seres vivos que en este caso podemos mencionar concretamente al ser humano.

El inventario preliminar elaborado para la Comisión para la Cooperación Ambiental en el año 2001 sobre emisiones de mercurio, estima que al romperse una lámpara fluorescente, el 25% de su contenido de mercurio es emitido al aire. De acuerdo con estas cifras, las emisiones de mercurio generadas por la rotura de lámparas fluorescentes en México representan en promedio 0.229 ton/año.



FIGURA III.9: Emisiones de mercurio al medio ambiente en México.

La figura III.9 muestra que las emisiones de mercurio provenientes de lámparas fluorescentes son menores que las generadas por las emisiones en plantas carboeléctricas que transforman carbón y otros combustibles sucios en energía eléctrica. Las lámparas fluorescentes compactas representan una oportunidad de reducir las emisiones de mercurio provenientes de estas centrales, debido a que en promedio, una planta de carbón emite 10 mg de mercurio para producir la electricidad requerida para hacer funcionar una lámpara incandescente, comparada con 2.4 mg de mercurio que se emiten para hacer funcionar una lámpara ahorradora compacta como se muestra en la figura III.10.

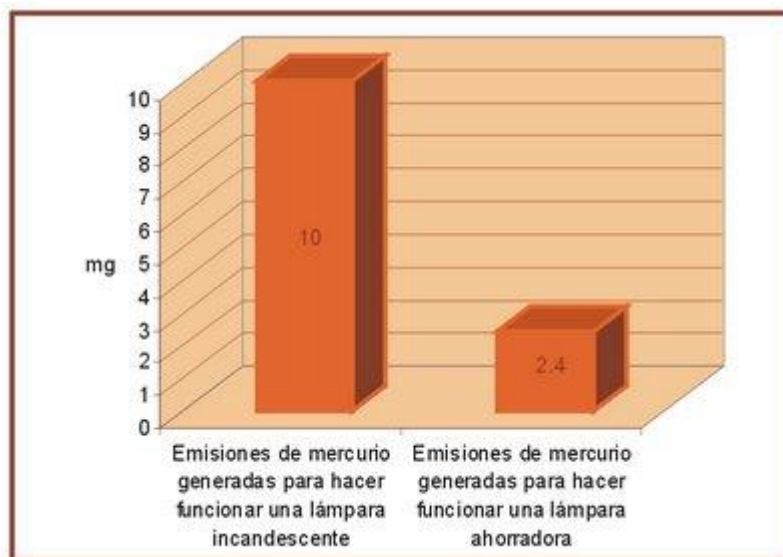


FIGURA III.10: Emisiones de mercurio generadas por lámparas incandescentes y fluorescentes.

En México, las lámparas fluorescentes que se consumen son mayoritariamente de procedencia china, aunque se encuentran resguardadas bajo marcas con reconocimiento internacional, en el país no existen parámetros oficiales plasmados en una normatividad que establezca límites máximos permisibles de contenido de mercurio en lámparas, tampoco existe regulación alguna que exija a los fabricantes que proporcionen información a los consumidores acerca del manejo del producto, o de disposición final del mismo una vez que éste ha terminado su vida útil.

La NEMA (National Electrical Manufacturers Association) establece que el contenido de mercurio máximo en una lámpara debe ser 5mg, esta misma disposición debe agregarse a la actual norma mexicana que regula las especificaciones técnicas de estos productos en el país, la NOM-017-ENER/SCFI-2008: Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas.

Esta misma norma oficial debe obligar a los fabricantes a que den información al usuario acerca de la disposición final de las lámparas fluorescentes compactas una vez que éstas concluyeron su vida útil. De hecho, varios productos que existen en el mercado ya cuentan con esta información en sus empaques. Sin embargo, no es aplicable, ya que la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales no cuenta con planes de reciclado ni de manejo de desechos de estos productos.

Lo dicho anteriormente se ve reflejado en la creación del “Taller nacional sobre la situación del mercurio en México” organizado el 6 y 7 de junio del 2011 por la

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Relaciones Exteriores, Economía y Salud, donde el objetivo primordial era el de recopilar información sobre los diferentes ciclos de vida del mercurio en México y por ende analizar su problemática, respecto a las medidas que en nuestro país se implementan para la reducción de los riesgos a la salud humana y el medio ambiente, así como fomentar la toma de conciencia sobre el tema.

3.4.1. DATOS ESTADÍSTICOS DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES EN MÉXICO

En México operan fabricantes de lámparas fluorescentes de carácter mundial como lo son General Electric, Osram y Phillips, donde los datos de producción de lámparas que tienen como componente el mercurio, se presentan en la tabla III.1.

Año	Tipo de Lámparas	Producción (millones)	Contenido Hg/Unidad	Contenido total de Hg (kg)	Producción Nacional (%)
1996	Fluorescentes	22	40 mg	880	100
	Compactas (112/T8)	4	10 mg	40	20
1997	Fluorescentes	25	40 mg	1000	95
	Compactas (112/T8)	5	10 mg	50	20
1998	Fluorescentes	27	35 mg	945	80
	Compactas (112/T8)	6	10 mg	60	20

1999	Fluorescentes	30	30 mg	900	75
	Compactas (112/T8)	7	5 mg	35	20

TABLA III.1: Información de la producción de lámparas con componente de mercurio proporcionada por la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME) del año 2000.

Al igual que ocurre en el resto del mundo, se ha ido reduciendo o eliminando el empleo de mercurio en ciertos usos como es su utilización en la producción de lámparas de acuerdo con la tabla III.2 de los años de 1996 a 1999.

Año	Contenido total de Hg (kg)	Kg de Hg/ Unidad producida
1996	920	0.035
1997	1050	0.035
1998	1005	0.030
1999	935	0.025

TABLA III.2: Consumo de mercurio por lámpara producida (1996-1999).

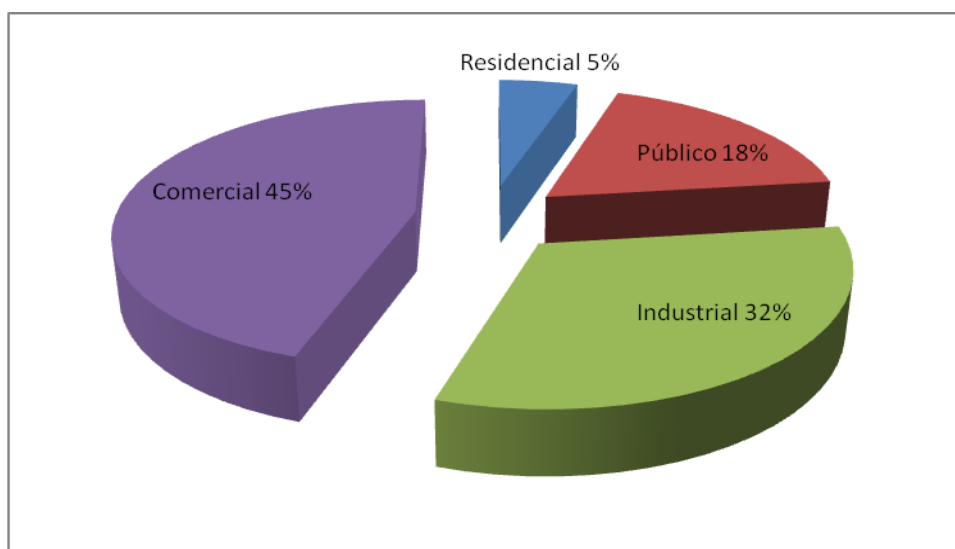


FIGURA III.11: Uso de lámparas fluorescentes en México.

Según información proporcionada por el Instituto Nacional de Ecología en mayo de 1997, el volumen de producción de lámparas con contenido de mercurio fue:

Producción anual 8,700,000 unidades

Contenido promedio de mercurio 20-25 mg/unidad

Ventas al mercado mexicano: 95%-97%

Ventas de exportación: 3%-5%

Lo anterior se ve también reflejado a lo expuesto en la figura II.13, donde se puede observar las diversas áreas donde existe el uso de lámparas fluorescentes en nuestro país hasta antes del año 2000.

De acuerdo con datos proporcionados por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) en el año 2000, el 50% de la demanda nacional de lámparas está en tan sólo siete estados de la república, donde tan solo el Distrito Federal participa con un 11% por ciento de la demanda total.

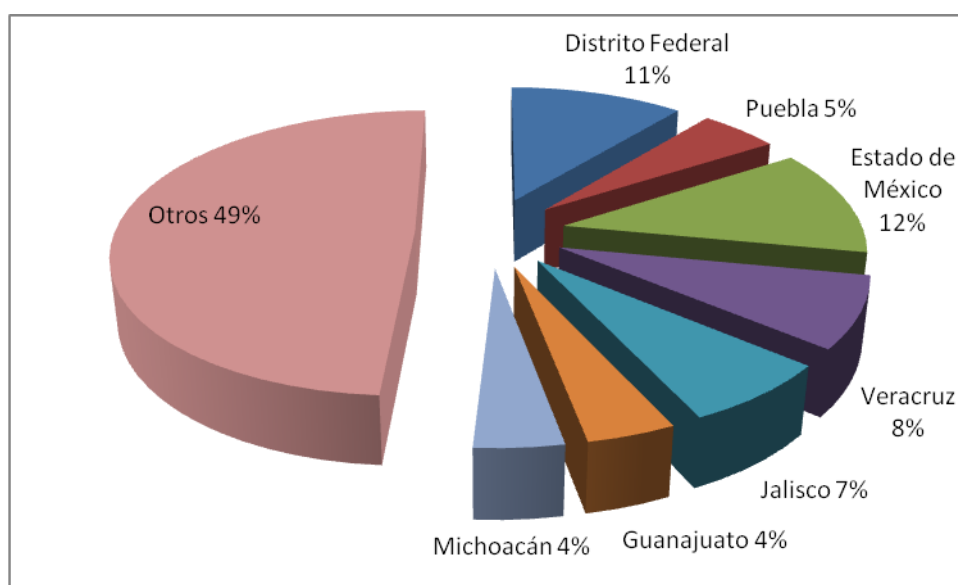


FIGURA III.12: Demanda nacional de lámparas fluorescentes en el año 2000.

En cuanto al consumo que existen en la vida cotidiana de los mexicanos, existe un agran cantidad de productos que integran la utilización de mercurio en su fabricación, como lo requieren las lámparas fluorescentes, como lo muestran la tabla III.3 y la figura III.13:

tabla y gráfica: Consumo de Mercurio en México en el año 2000

Producto	Cantidad Hg (ton/año)
Cloro- álcal	5.658
Termómetros y esfigmanómetros	2.4
Odontología	1.51
Termostatos	0.152
Lámparas Fluorescentes	1.0
Usos Culturales	1.0
Total	11.72

TABLA III.3: Consumo de mercurio en México en el año 2000.

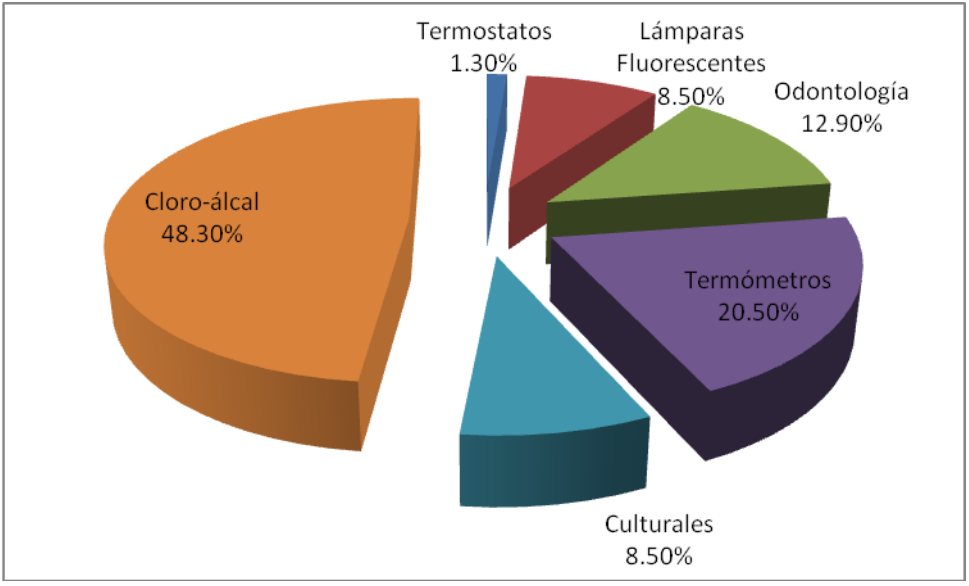


FIGURA III.13: Porcentaje de mercurio de acuerdo a sus aplicaciones en México en el año 2000.

3.4.2. LEGISLACIÓN MEXICANA SOBRE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

La percepción de los riesgos del mercurio no ha sido muy amplia en México, y aún no se han desarrollado normas muy precisas en cuanto al manejo de residuos específicos de

las lámparas fluorescentes, sin embargo, hay elementos en las leyes que derivan de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que permiten regular este tipo de residuos nocivos para la salud como lo muestra la tabla III.4:

Ley	Reglamento	Normas Oficiales Mexicanas	Entidad Responsable
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Reglamento de Residuos Peligrosos	NOM-052-ECOL-1993 NOM-053-ECOL-1993	SEMARNAP, INE, PROFEPA
Ley de Aguas Nacionales	Reglamento de Aguas Nacionales.	NOM-031-ECOL-1993 NOM-071-ECOL-1994	SEMARNAP, INE, PROFEPA
Ley General de Salud	Reglamento para el Control Sanitario de las Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios	NOM-071-ECOL-1994 NOM-118-SSA1-1994	SSA
Ley Federal del Trabajo	Reglamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo.	NOM-010-STPS-1994	STPS
Ley Federal de Sanidad Animal		NOM-016-ZOO-1994	SAGAR
Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal	Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.	NOM-002-SCT2/1994	STC

Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos	Reglamento de Armas de Fuego y Explosivos	No existe un reglamento oficial mexicano. Sin embargo, el Art. 41 indica que el fulminato de mercurio está sujeto a los reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.	SEDENA
Ley de Industrias Mineras	Reglamento para las Actividades Mineras.	No existe un reglamento oficial mexicano. Sin embargo, el Art. 41 indica que el fulminato de mercurio está sujeto a los reglamentos de la Secretaría de la Defensa Nacional.	SECOFI

TABLA III.4: Normatividad del Mercurio en México.

De las leyes y los reglamentos, se derivan las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que son de aplicación federal y son redactadas con la participación de los diferentes sectores de gobierno, academia e industria y sometidas a consulta pública antes de su publicación definitiva; hasta la fecha se han publicado las normas listadas en la tabla III.5.

Norma	Tipo de Reglamento
NOM-052-ECOL-93.	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-93.	Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-001-ECOL-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
NOM-002-ECOL-1996.	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas

	residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
NOM-117-SSA1-1994.	Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
NOM-048-SSA1-1993.	Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales.
NOM-118-SSA1-1994.	Bienes y servicios. Materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza. Colorantes y pigmentos inorgánicos. Especificaciones sanitarias.
NOM-016-ZOO-1994.	Análisis de mercurio en hígado, músculo y riñón de bovinos, equinos, porcinos, ovinos y aves, por espectrometría de absorción atómica.
NOM-010-STPS-1994.	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
NOM-002-SCT2/1994	Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.

TABLA III.5: Normas oficiales mexicanas para regular el uso del mercurio.

La entidad encargada de vigilar el cumplimiento de estas normas, es la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y cuenta con las oficinas generales en la Ciudad de México y representaciones en cada estado de la República Mexicana.

CAPÍTULO 4

SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

4.1. SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

El sistema de iluminación de Inducción Electromagnética es un nuevo concepto de alta tecnología para el ahorro energético en la iluminación, desde finales del siglo XX, basado en los principios de “gas de descarga de las lámparas fluorescentes” y en la “inducción electromagnética de alta frecuencia”.

Muchas veces a las lámparas de inducción electromagnética se les denomina como "lámpara sin electrodos" (electrodless en inglés), ya que no tiene filamentos ni electrodos, como por ejemplo, las lámparas incandescentes. El filamento de incandescencia o el electrodo es el elemento fundamental para las lámparas incandescentes y la vida útil de estas depende de la vida útil del filamento o de los electrodos utilizados. La vida útil de la lámpara de inducción electromagnética (sin electrodos) es ilimitada por no existir elementos que se desgasten, por lo que la vida útil puede prolongarse de manera indefinida. La vida útil de las lámparas de inducción electromagnética es sólo determinada por el nivel de calidad, el diseño de los circuitos y demás componentes electrónicos de todo el sistema de iluminación.

La luz puede ser generada en las lámparas de inducción por la descarga en gas al liberar o radiar un campo magnético, esto se hace con arreglos de vueltas de conductor (bobinas) que se arman en núcleos de metal no magnetizable (normalmente aluminio), obteniendo un solenoide, estos crean un campo magnético alrededor del tubo de vidrio que contiene gas en su interior, usando una alta frecuencia que es proporcionada por un generador de alta o muy alta frecuencia según sea el caso.

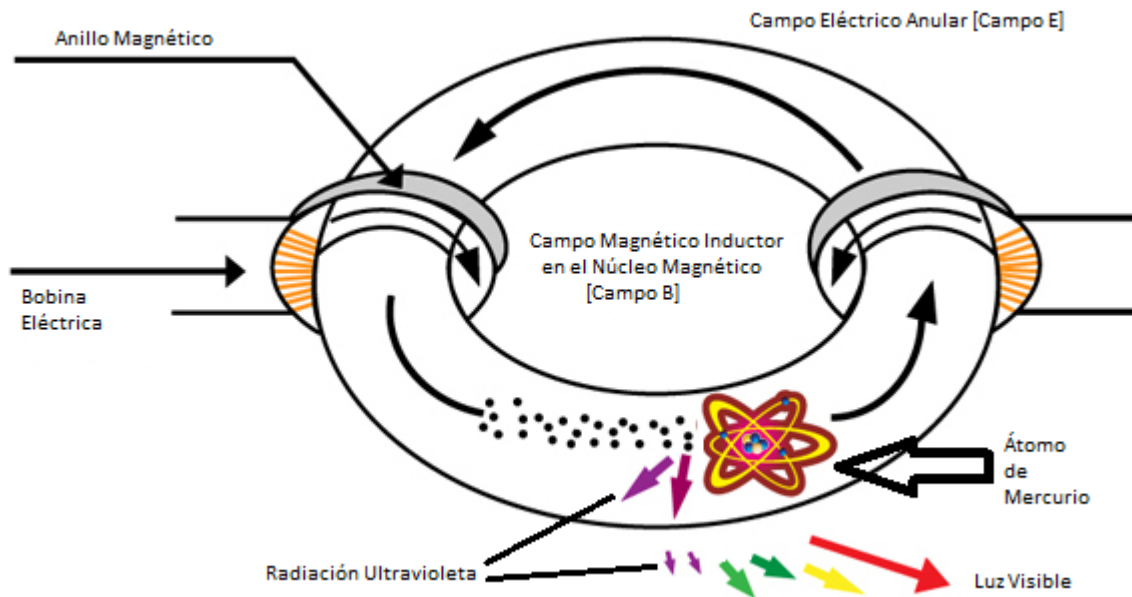


FIGURA IV.1: Modelo de funcionamiento básico de una Lámpara de Inducción electromagnética de Inductor Externo.

El efecto acción de descarga, inducido por los solenoides, forma un circuito cerrado causando la excitación del gas de relleno y por consiguiente causa la aceleración de sus electrones libres, que chocan con los átomos de mercurio y así de esta manera se excitan los electrones. Cómo los electrones excitados de estos átomos de caen de nuevo a partir de este estado de energía más alto, pasando a un menor nivel, lo que se dice que efectúa un salto cuántico, estos emiten radiación ultravioleta, como lo muestra la figura IV.2.

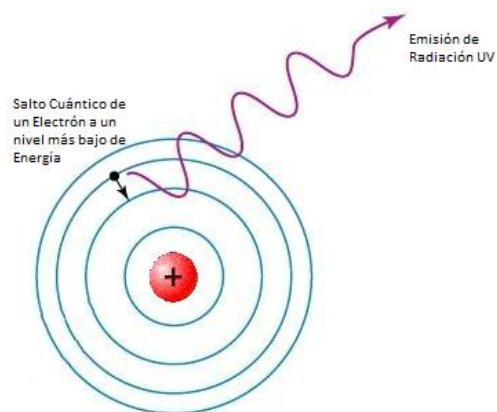


FIGURA IV.2: Excitación por colisión.

La radiación UV emitida debido a los cambios de orbitas de los electrones del átomo de mercurio recibe el nombre de fotón. Existen dos formas de lograr estos brincos o saltos cuánticos, la que nos interesa, se debe al choque de electrones entre sí en el interior del tubo (excitación por colisión, ver figura IV.2), y cada choque provoca una pequeña contribución de emisión de la mencionada radiación UV, la otra manera resulta de bombardear al átomo con radiación UV (proceso inverso, conocido como foto excitación, ver figura IV.3). La radiación UV obtenida al efectuar este proceso es convertida a luz visible al momento de cruzar la capa de polvo fosfórico que se encuentra adherido a la superficie interna del tubo (capa blanquecina). La extraña e inusual geometría de la lámpara de inducción maximiza la eficiencia de los campos que son generados en su funcionamiento.

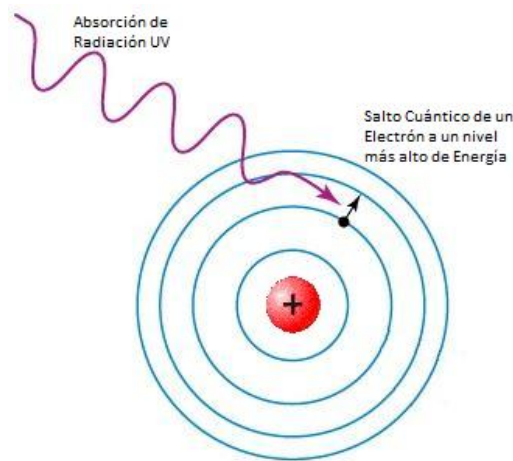


FIGURA IV.3: Proceso de foto excitación.

Así de esta manera ambos procesos se llevan a cabo en el interior del tubo de la lámpara, de esta forma se hace que los electrones estén saliendo y entrando en sus orbitas emitiendo y absorbiendo esta radiación UV, necesaria par excitar la capa fosfórica que se encuentra en el interior del tubo y se obtiene la luz que observamos.

Aunque no es un gran avance científico, hasta hace poco, su viabilidad comercial se ha dado, nuevos desarrollos como este están rompiendo las barreras de costos y estancamientos tecnológicos, tales como interferencia electromagnética, eficacia, depreciación de lumens, dimmeo y disponibilidad en un amplio rango de potencias. Hoy día son claros los beneficios de optar por este tipo de tecnología para muchas aplicaciones en iluminación, sobre otras tecnologías tradicionales.

A lo anterior se suma una sobresaliente eficiencia lumínica tanto en potencia, como en calidad de luz, sin perder su excelente eficiencia energética. En la figura IV.4 se puede observar la comparativa que existe entre los distintos tipos de lámpara con respecto a su vida útil teórica, donde se puede ver que la lámpara de inducción electromagnética llega a las 100,000 horas y en promedio por sobre las 60,000 horas, 25 años aproximadamente, donde este sistema puede durar mucho más tiempo que 100 lámparas incandescentes, 5 lámparas de alta intensidad de descarga o 5 cambios típicos de lámparas fluorescentes. La vida útil de la lámpara incandescente es de alrededor de 1,000 horas, la lámpara fluorescente alrededor de 20,000 horas, la lámpara de sodio alrededor de 30,000 horas y la lámpara de haluometal de alrededor de 15,000 horas, por mencionar algunas lámparas.

Vida útil en horas

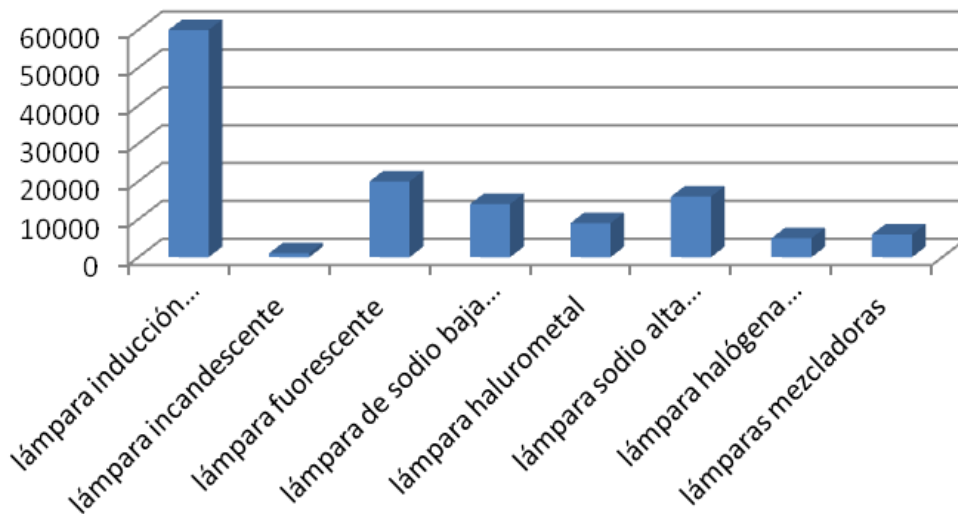


FIGURA IV.4: Vida útil teórica de lámparas, según estudio realizado en la Universidad de Navarra, España.

Las lámparas de inducción electromagnética presentan características que resultan atractivas a simple vista como por ejemplo: una vida útil larga, alta eficiencia luminosa, factor de alta potencia, flujo luminoso continuo, alta fiabilidad, bajo contenido de armónicos, baja generación de pérdidas, amplio rango de temperatura de los colores,

encendido rápido, libre de efecto estroboscópico y deslumbramiento como a veces lo presentan las lámparas fluorescentes.

En razón de sus características, puede beneficiar a los usuarios en los siguientes factores: eficiencia energética, ahorro energético, ahorro de de costos de cambiar las lámparas, reducción sustancial de los costos de mantenimiento, etc.

4.1.1 SISTEMA DE LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR INTERNO

4.1.1.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Este tipo de sistema está formado por un bulbo de vidrio de alta transmitancia con forma oval, esférica, etc. que es recubierto internamente con una mezcla fosfórica o de tierras raras, con una depresión inferior y una oquedad central para la ubicación de un inductor independiente en forma de antena con bobina de cobre y núcleo de ferrita sinterizada alimentado con cable coaxial en muy alta frecuencia por un generador de XHF (generador de muy alta frecuencia). La respectiva composición de gases inertes que se encuentran alojados dentro de dicho bulbo son argón, kriptón y neón a una presión de 0.1 a 1 Torr en una atmósfera de vapor de mercurio y amalgama de mercurio. En la figura IV.5 se muestra la construcción del sistema de inducción electromagnética de inductor interno.

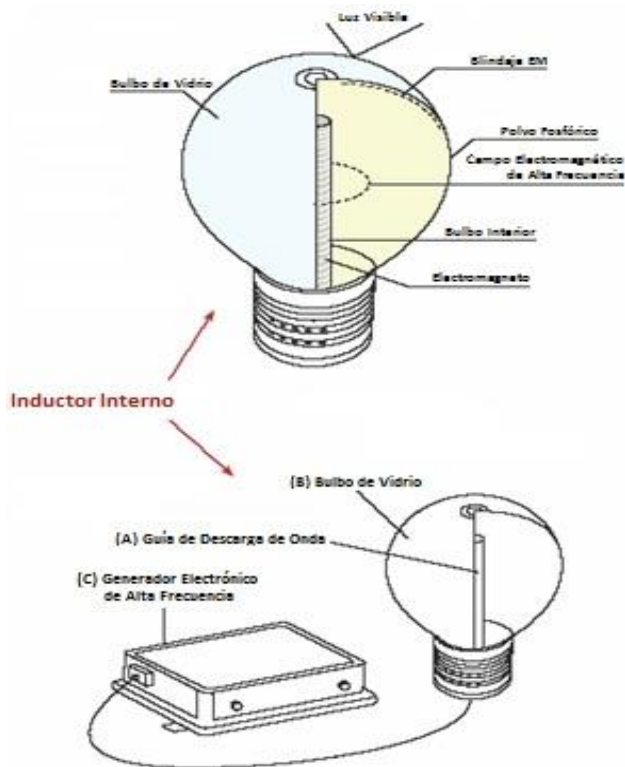


FIGURA IV.5: Construcción del sistema de inducción electromagnética de inductor interno.

4.1.1.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR INTERNO

El sistema de inducción electromagnética de muy alta frecuencia funciona de manera que una vez que exista llegada de energía al generador, este envía un voltaje constante con 2.65MHz hacia la antena (inductor con bobina de cobre y núcleo de ferrita) que está instalada en la oquedad del bulbo y conectada a un generador de XHF (generador de muy alta frecuencia) de la lámpara a través de un cable de alta frecuencia. La antena crea un fuerte campo magnético estático dentro del bulbo, generando una reacción de ionización del gas que se encuentra al vacío dentro de las 2 paredes del bulbo, formando un plasma. Cuando los átomos de plasma reaccionan, la energía obtenida anteriormente se irradia en forma de 253.7nm de radiación ultravioleta, cumpliendo con el proceso de transformación de la energía. Entonces, el fósforo tricolor que posee el bulbo en su superficie interna, será estimulado lo que permitirá emitir una luz visible. En cuanto al

diseño de la fuente de poder y gracias a que su factor de potencia llega a niveles mayores de 0.98 donde el generador de alta frecuencia puede enviar una tensión constante y una alta frecuencia constante cuando la lámpara está encendida. Así que, aunque la tensión de entrada de la fuente de alimentación fluctúe dentro de cierto rango (170v – 270v), el brillo de la lámpara y su luminosidad no va a cambiar. En la figura IV.6 se puede observar el funcionamiento del sistema de la lámpara con inductor interno.

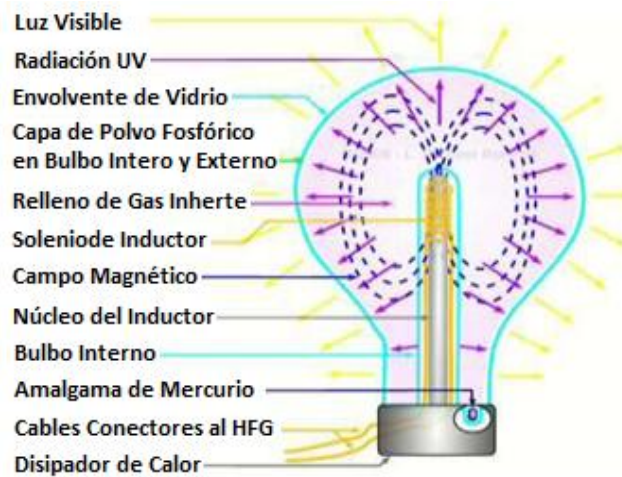


FIGURA IV.6: Funcionamiento del sistema de la lámpara inducción electromagnética inductor interno.

4.1.2 SISTEMA DE LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO

4.1.2.1 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

El sistema cuenta con un bulbo tubular con sección circular de vidrio de alta transmitancia de forma circular, rectangular o cuadrada donde la trayectoria es cerrada y continua.

Este tipo de bulbo está diseñado con 2 depresiones desplazadas 180° geométricos entre sí y recubierto internamente con fósforos o tierras raras en una atmósfera de vapor de mercurio líquido y de amalgama de mercurio con gases inertes (argón y kriptón) a una presión menor de 0.5 Torr.

El sistema también tiene un transformador primario bipartido de diseño toroidal que envuelve al bulbo en las secciones deprimidas, con devanados de cobre y núcleo de

ferrita sinterizada para alta frecuencia alimentado por un generador de HF (alta frecuencia). En la figura IV.7 se muestra la construcción del sistema de inducción electromagnética de inductor externo.

Sistema de Inductor Externo

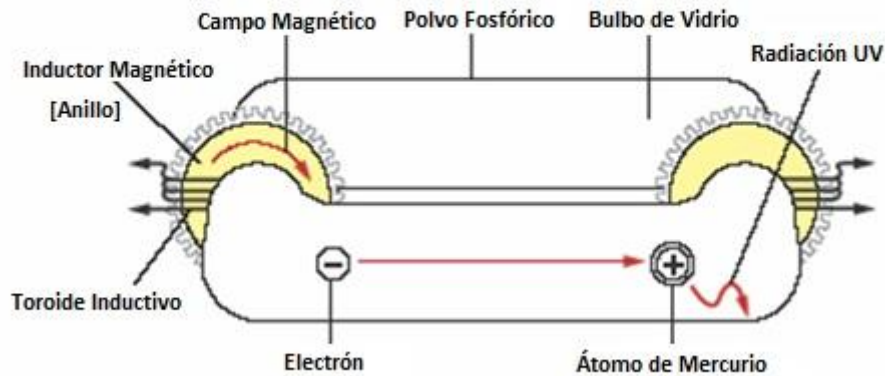


FIGURA IV.7: Construcción del sistema de inducción electromagnética de inductor externo.

En la figura IV.8 se muestra las diversas formas en que podemos encontrar este tipo de sistema, donde de acuerdo con lo ya mencionado se pueden encontrar los bulbos de forma circular, rectangular o cuadrada.



FIGURA IV.8: Presentaciones de sistemas de inducción electromagnética inductor externo.

4.1.2.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO

El sistema de inducción electromagnética de alta frecuencia funciona de tal forma que después de la llegada de energía a la fuente de alimentación, el generador de alta frecuencia envía una onda acondicionada hacia el inductor bipartido de diseño toroidal, a través de un cable de alta frecuencia. Este inductor es el encargado de producir el campo magnético adecuado alrededor del bulbo. En otras palabras, el acoplador de energía (el inductor primario bipartido de diseño toroidal), que se instala en el exterior del bulbo y conectado con el generador de HF (alta frecuencia) de la lámpara (bulbo) a través del cable de alta frecuencia, va a crear un fuerte campo magnético estático en el espacio de descarga del bulbo. Así, la ruta circular del campo magnético, forma un circuito cerrado, lo que genera la aceleración de los electrones libres.

Entonces, estos electrones libres que chocan con los átomos de mercurio, permiten que el gas que se encuentra al vacío dentro del bulbo genere una reacción e ionización del mismo, formando un plasma. Cuando los átomos de plasma reaccionan, la energía obtenida anteriormente se irradia en forma de 253.7nm de radiación ultravioleta, cumpliendo con el proceso de transformación de la energía. Entonces, el fósforo tricolor que posee el bulbo en su superficie interna, será estimulado lo que permitirá emitir una luz visible. En la figura IV.9 se puede observar el funcionamiento del sistema de la lámpara con inductor externo.

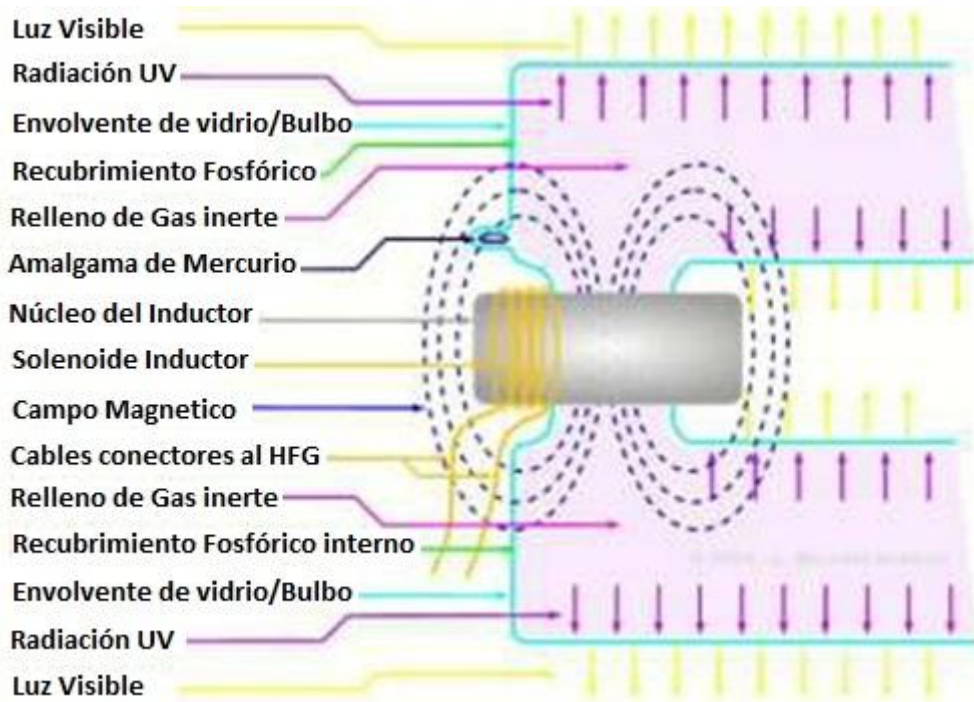


FIGURA IV.9: Funcionamiento del sistema de la lámpara inducción electromagnética inductor externo.

4.1.3 LA TECNOLOGÍA LED: PRINCIPAL RIVAL DE LOS SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Si bien la tecnología de la lámpara de inducción ha madurado en los últimos años, es a menudo pasado por alto o minimizado en aplicaciones de iluminación, ya que ninguno de los principales fabricantes promociona lámparas de inducción de manera significativa. La iluminación LED parece conseguir más "boom" en el mercado. La tecnología LED es promocionada como la mejor alternativa a la iluminación convencional, debido a su longevidad y ahorro de energía eléctrica. De lo anterior, cabe señalar que las lámparas de inducción tienen una vida útil de 60000 a 100000 horas (dependiendo del tipo y modelo) como se mencionó en el inicio de este capítulo, que es mucho más que la típica lámpara LED blanco de alta potencia donde su vida útil se encuentra en el rango de 50,000 a 55,000 horas. En la figura IV.10 se puede observar la curva de depreciación lumínica de los diversos tipos de principales lámparas en el mercado.

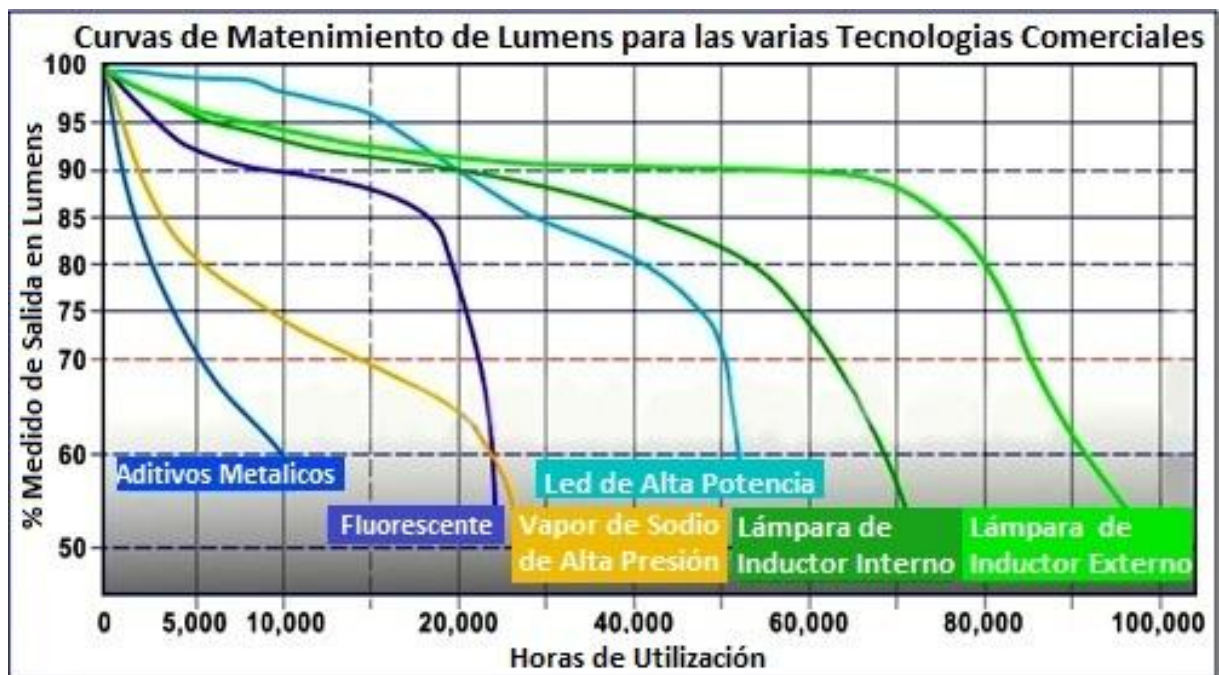


FIGURA IV.10: Curva de depreciación lumínica de los diversos tipos de principales lámparas en el mercado.

La principal diferencia entre las tecnologías (que no sea la vida útil) se encuentra en la eficiencia convencional (utilización de la energía), los costos e índice de rendimiento de color, por mencionar algunas.

La mayoría de las lámparas LED disponibles hablando comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia convencional entre los 35 a 60 lm/W. Existen también elementos LED con una eficiencia convencional de 70 a 75 lm/W que están disponibles, pero siguen siendo bastantes caros. Hay informes de lámparas LED con una eficiencia convencional de hasta 100 lm/W en funcionamiento en los laboratorios de investigación, pero aún no están disponibles en el mercado.

Las lámparas de inducción electromagnética tienen una eficiencia convencional que van desde 76 a 95 lm/W en el sistema de inductor externo y de 63 a 72 lm/W en el sistema de inductor interno. Las investigaciones en curso de algunos fabricantes pueden optimizar estas cifras que de por sí ya son alentadoras. Por ejemplo, al considerar la iluminación comercial o industrial y el uso de una lámpara de 200 W, la versión de la

lámpara de inducción electromagnética produce 16,000 lúmenes, mientras que una versión LED sólo produce 11,000 lúmenes (31% menos aproximadamente) con la misma energía requerida.

Con respecto al índice de rendimiento de color, las lámparas LED tienen este índice pero muy por debajo de los sistemas de inducción electromagnética, tanto inductor interno como externo, donde fácilmente exceden el índice de 80.

Cabe mencionar que el costo de los LEDs más potentes en la actualidad es bastante alto y que necesitan disipadores térmicos para la gestión térmica. Las lámparas de inducción tienen una construcción bien definida, lo que da como resultado costos de fabricación más bajos y un rendimiento más alto que los LEDs de alta potencia hasta ahora.

Una de las áreas en la que la tecnología LED ofrece una ventaja significativa respecto a las lámparas de inducción electromagnética es la robustez; los LEDs son dispositivos de estado sólido, que son más resistentes a la vibración y el impacto en comparación con las lámparas de inducción electromagnética, debido a sus bulbos que son de vidrio. Las lámparas LED son por lo tanto más adecuadas para aplicaciones donde existe alta vibración, como por ejemplo, en el transporte y aplicaciones de maquinaria industrial.

4.1.3.1 SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

Las lámparas de inducción electromagnética sin duda han demostrado que pueden utilizarse en diversos aspectos de la vida cotidiana, entre ellos está el del alumbrado público, que es un rubro de suma importancia que ha sido homogenizado por las lámparas de vapor de sodio en alta presión, una lámpara que ha cumplido con el objetivo específico requerido del alumbrado público, pero que sin duda es importante mejorar de acuerdo con los nuevos avances tecnológicos en cuestión de iluminación.

Por razones difíciles de entender, en México se dio a finales del año 2009 una campaña mediática contra las lámparas de inducción en el alumbrado público. Una de las razones es el hecho de que dichas lámparas producen luz bajo el mismo principio que las

fluorescentes, donde cabe señalar que las lámparas fluorescentes de acuerdo con la norma NOM-001-SEDE-1999 en su artículo 930-4, no se permite el uso de lámparas fluorescentes; otro argumento es el hecho de que tienen mucho mercurio que obviamente es nocivo para la salud. En diversos periódicos se ha llegado a mencionar de manera aventurada que: “las lámparas de inducción están prohibidas por la Norma Oficial Mexicana 001 emitida por la Secretaría de Energía, porque usan focos fluorescentes con mercurio y no proporcionan la iluminación adecuada para usarse en la vía pública”⁷. Lo anterior mencionado, junto con otros reportajes de diversos periódicos, han hecho afirmaciones que sin duda en ninguna parte de la NOM-001 se hace referencia a los sistemas de iluminación de Inducción Electromagnética, por lo tanto si no son mencionados dichos sistemas, no existe en realidad prohibición alguna y donde también cabe aclarar que tanto los sistemas de inducción electromagnética y el sistema fluorescente son totalmente diferentes en la mayoría de sus características y por supuesto comparaciones que se tocarán más a fondo más adelante en el capítulo 5, donde se tendrá la comparativa de dichos sistemas.

A pesar de que existe un cierto conocimiento del costo de las lámparas LED y de que todavía es una tecnología que se encuentra en desarrollo, hoy en día en México se han puesto en marcha proyectos de alumbrado público que han implementado esta tecnología, como es el caso de el sistema de iluminación instalado en el Periférico de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco, con la nueva tecnología de luminarias de LED por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano (Sedeur)⁸. La sustitución de luminarias tuvo un costo de 36 millones de pesos, tan sólo en dos tramos del Periférico en los que se instalaron 948 luminarias de LED (lo que da un precio de casi 38 mil pesos por cada luminaria instalada). En la figura IV.11 se observa el tipo de luminaria LED instalada en el Periférico de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco.

⁷ Serrano Íñiguez, Sonia. “Tribunal suspende compra de luminarias en Tonalá”. Diario Milenio. [En línea]. www.impreso.milenio.com. Noticia del día 14 de Noviembre 2009. Ver ANEXO II.

⁸ Ver ANEXO III: Iluminación del Periférico con LED es deficiente: CIMEJ



FIGURA IV.11: Luminaria LED instalada en el Periférico de la Ciudad de Guadalajara, Jalisco.

El proyecto en cuestión es señalado por expertos en la materia, entre ellos el presidente del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Jalisco (CIMEJ), Gustavo Oropeza García, quién afirma: “Es tecnología de punta, pero aún no está lista para la aplicación en el alumbrado público, debido a que la curva de distribución de luz no es tan eficiente como la de los sistemas convencionales, entonces requerimos un mayor número de luminarias en una misma longitud en Periférico para lograr el mismo nivel de iluminación que se requiere con las luminarias convencionales”.⁹

Los expertos señalaron que el sistema LED es ineficiente para el alumbrado público, pues cada watt produce 70 lúmenes (la potencia luminosa percibida) y con el anterior sistema de vapor de sodio de alta presión, cada watt produce 130 lúmenes, por ello, aunque las lámparas LED consumen menos energía (hasta 90 por ciento menos, según sus promotores) y duran más (hasta 50 veces más que una lámpara normal), se requieren más para iluminar una misma zona, por lo que aseguran que no hay ningún ahorro.

El especialista en temas de iluminación advirtió que las luminarias aumentan el riesgo de accidentes, porque generan zonas de sombra y pueden producir una ceguera momentánea en los conductores: “Se da un efecto de luz-no luz que se conoce como

⁹ P.e : Oropeza García, Gustavo. “Iluminación del Periférico con LED es deficiente: CIMEJ”. En Reportaje del periódico Milenio. [En línea]. www.jalisco.milenio.com. Noticia del día 8 Febrero 2010

efecto cebra o efecto escalera y que da una especie de deslumbramiento a las personas que manejan y baja su agudeza visual”.¹⁰

Sin duda este tipo de proyectos que no son bien llevados a cabo avalan lo dicho por el Ing. Alex Ramírez Rivero quien afirmó para la revista Iluminet en su artículo de portada del día 12 de Diciembre del 2009: “Aunque todavía no es el mejor momento de usar LEDs en alumbrado público, indudablemente que ahí está el futuro. Actualmente hay productos en México de gran calidad, como los equipos que se están probando en el viaducto del Distrito Federal, que han mostrado resultados muy favorables, aunque aún son caros y con rentabilidad menor que otras alternativas como los sistemas de inducción”¹¹.

¹⁰ P.e : Oropeza García, Gustavo. “Iluminación del Periférico con LED es deficiente: CIMEJ”. En Reportaje del periódico Milenio. [En línea]. www.jalisco.milenio.com. Noticia del día 8 Febrero 2010

¹¹ P.e; Ramírez Rivero, Alex. “Todavía no es el momento para los LED’s en alumbrado público: Alex Ramírez”. En Tomo de la Revista Iluminet. [En línea]. www.iluminet.com.mx. Artículo del día 12 de Diciembre 2009.

CAPÍTULO 5

COMPARACIÓN DE SISTEMAS FLUORESCENTES Y SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

5.1. COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON SISTEMAS FLUORESCENTES

Desde hace muchos años ha existido en los usuarios una severa confusión acerca de si las lámparas de inducción electromagnética son realmente otro tipo de lámparas fluorescentes, con semejanzas en cuanto al principio de funcionamiento, rendimiento de la lámpara, vida útil, etc.

Lo anterior se debe en gran medida al hecho de que a simple vista las lámparas de inducción electromagnética y las lámparas fluorescentes son similares en cuanto a apariencia física, la cual se puede notar a simple vista de acuerdo al punto de vista de un usuario no conocedor de dichas lámparas, mostrándole la figura V.1, afirmando este último diciendo que pueden ser las mismas pero con diferente forma.

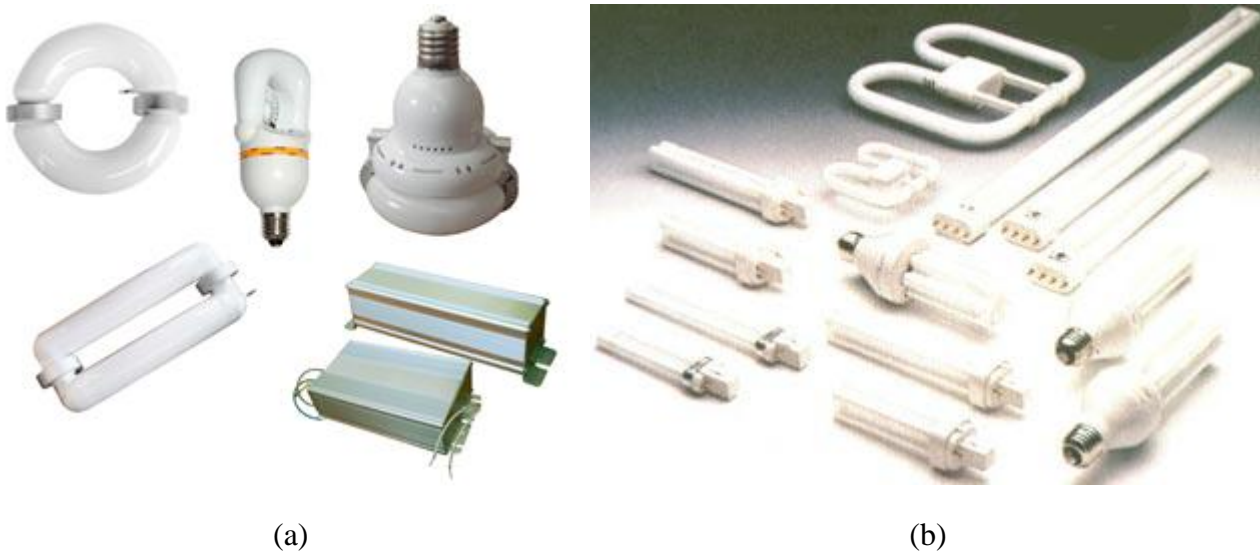


FIGURA V.1: (a) Modelos de lámparas de inducción electromagnética existentes en el mercado. (b) Modelos de lámparas fluorescentes existentes en el mercado.

También es importante señalar que ambas lámparas tienen algunas semejanzas en cuanto a los gases contenidos en dichas lámparas, los cuales han sido mencionados en los capítulos 3 y 4, incluyendo por si fuera poco el contenido de mercurio en ambos tipos de lámparas, esto último ha contribuido a la confusión de que las lámparas de inducción y fluorescente son las mismas o tienen características idénticas en cuanto a su principio de funcionamiento y por ende su principio de producción de luz a lo cual deriva un serie de características propias de las lámparas fluorescentes que no tienen las lámparas de inducción.

Lo anterior a llevado al hecho de que en México se han tomado decisiones erróneas en cuanto a confundir las lámparas de inducción con las fluorescentes, donde el caso típico es el del municipio de Tonalá en el estado de Jalisco, donde en un principio se tenía la idea de poner alumbrado público con luminarias de inducción electromagnética, pero por diferentes circunstancias de origen mediático, ignorancia y falta de interpretación de las normas, el proyecto en cuestión fue cancelado, señalando que las luminarias eran fluorescentes y que por lo tanto estaban prohibidas por la NOM-001-SEDE-2005 para el alumbrado público.

Considerando lo anterior es preciso dar a conocer información acerca de las diferencias que existen entre los sistemas fluorescentes, en concreto sistemas fluorescentes lineales RS (rapid start o encendido rápido), y de inducción electromagnética, motivo por el cual es la razón de la presente tesis, ya que son totalmente diferentes ambos sistemas a pesar de que existen algunas semejanzas ya antes descritas.

A continuación se presenta una comparación del sistema fluorescente lineal RS con los sistemas de inducción electromagnética, inductor externo e inductor interno, en 3 partes de acuerdo con las partes que conforman los sistemas:

- 1) Características principales de la lámpara
- 2) Características principales del Inductor
- 3) Características principales del balastro / generador

5.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÁMPARA

5.1.1.1. PROCESO DE CONVERSIÓN DE RADIACIÓN UV-C A LUZ

En principio la radiación ultravioleta tipo C es una radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 283 nm y los 200 nm. Su nombre proviene debido a su rango de longitud, por que está empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta. Esta radiación puede ser producida por los rayos solares o diversas fuentes artificiales como las lámparas fluorescentes y de inducción.

Tanto las lámparas fluorescentes como de inducción utilizan el proceso de fluorescencia para convertir las radiaciones ultravioletas generadas durante su principio de funcionamiento, ya descritas en capítulos anteriores, en luz. Lo anterior es de resaltar debido a que tanto las lámparas fluorescentes y de inducción comparten esta misma característica que sin embargo no es motivo de confusión.

5.1.1.2. CÁTODOS DE LA LÁMPARA

Una de las características que no comparten las lámparas fluorescentes y las de inducción electromagnética es la presencia de cátodos, debido a que las lámparas fluorescentes dependen de estos cátodos para su arranque y operación, mientras que las lámparas de inducción simplemente no tienen estos debido a que su principio de funcionamiento no los requiere (inducción electromagnética).

Los cátodos de las lámparas fluorescentes por lo regular son de tungsteno y de diversos materiales termoemisores que favorecen el arranque y operación de la lámpara, donde estos tienen una temperatura promedio de 600 °C a 700 °C.

En la Tabla V.1, se puede observar las características generales que existen en los cátodos de las lámparas fluorescentes lineales RS.

Materiales en cátodos	Tungsteno y Materiales Termoemisores
Calentamiento de cátodos	Continuo durante toda la operación de la lámpara
Temperatura Promedio del Filamento o cátodo	600 °C a 700 °C
Temperatura de cátodos óptima para máxima emisión	1,100 °C a 1,300 °C

TABLA V.1: Características de los cátodos en las lámparas fluorescentes.

Otra característica que tienen las lámparas fluorescentes con respecto a su modo de arranque es el hecho de que puede darse de manera rápida o instantánea, de acuerdo con el tipo de balastro que compartan en el sistema.

5.1.1.3. MEDIO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA A LA LÁMPARA

De acuerdo con el tipo de lámpara es como se da el medio de conexión para que está tenga un arranque y una operación optima, es por ello que en el caso de la lámparas fluorescentes lineales RS se tiene que tener una conexión eléctrica en el casquillo con alfileres y portalámparas.

Casquillo o Base	G5-G13, Coaxial al eje de la Lámpara +/- 2o, desplazamiento máximo 6o entre planos
Portalámparas	G5-G13 cuerpo termofijo, conectores de cobre tipo cuchilla, de media vuelta opresión

TABLA V.2: Medio de conexión eléctrica a lámparas fluorescentes.

Es importante destacar que no se aplica el medio de conexión eléctrica a las lámparas de inducción debido a la construcción de la lámpara, sea de inductor externo o interno.

5.1.1.4. GASES CONTENIDOS EN LA LÁMPARA

Tanto en las lámparas de inducción como fluorescentes existe una gran similitud con respecto a los gases contenidos dentro del bulbo para la generación de luz. La presencia de dichos gases explicada en los capítulos 3 y 4 es relevante debido a que también es una de las pocas características que comparten ambos tipos de lámpara. Es por ello que características como tipos de gases, tipo de la descarga en los gases, presión de los gases, etc., se presentan en la Tabla V.3 tanto en lámparas fluorescentes como en lámparas de inducción (inductor interno y externo).

Característica	Lámparas Fluorescentes Lineales RS	Lámpara de Inducción (Inductor Externo)	Lámpara de Inducción (Inductor Interno)
Gases contenidos en la Lámpara	Gases inertes, Argón, Neón y/o Kriptón	Gases inertes, Argón, Neón y/o Kriptón	Gases inertes, Argón y Neón
Descarga en Gases a Baja Presión	Sí	Sí	Sí
Tipo de la descarga en los gases	Bidireccional	Continua	Discontinua
Presión de los Gases	2 a 5 Torr	< 0.5 Torr	0.1 a 1 Torr
Contenido de Mercurio	Sí	Sí	Sí

TABLA V.3: Características de los gases en lámparas fluorescentes e inducción.

El contenido de mercurio en ambas lámparas es importante para su funcionamiento de modo que es importante señalar la cantidad que tienen cada una de las lámparas. En la figura V.2 se muestra el contenido de mercurio que tiene cada lámpara respectivamente.

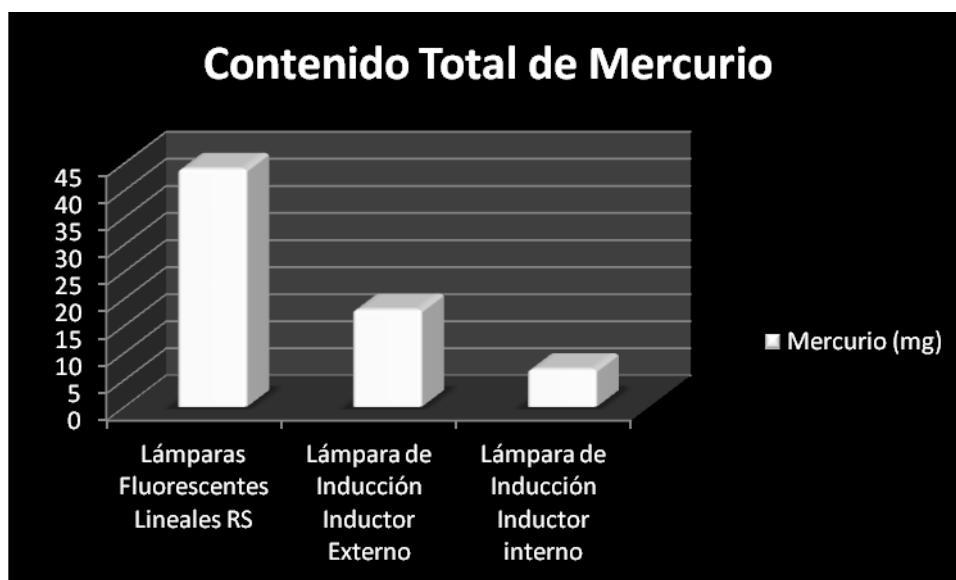


FIGURA V.2: Contenido de mercurio en lámparas fluorescentes y de inducción.

La cantidad de mercurio presente en las lámparas fluorescentes oscila entre 1.7 mg a 44 mg de mercurio, mientras que las lámparas de inducción inductor externo e interno son de 2.4 mg a 18 mg y 5.4 mg a 7 mg respectivamente.

5.1.1.5. TECNOLOGÍA DE AMALGAMA DE MERCURIO

Hablar de la tecnología de amalgama de mercurio es única y exclusivamente de las lámparas de inducción, debido a su construcción de la misma, lo cual excluye a las lámparas fluorescentes que no tienen este tipo de tecnología.

Con lo anterior mencionado, las lámparas de inducción, inductor externo e interno, tienen una amalgama de arranque, aunque en algunos modelos de lámparas de inducción inductor interno no exista dicha tecnología. En ambos tipos de lámpara de inducción existe la amalgama de estabilización por temperatura.

La ubicación óptima de la amalgama en la lámpara depende del tipo de lámpara de inducción, en el caso de las lámparas de inducción inductor externo la amalgama la tienen en la parte inferior de la lámpara, sin embargo las lámparas de inducción inductor interno la tienen ubicada alejada del inductor.

5.1.1.6. VIDA MEDIA

La vida media, como se ha definido en el capítulo 2, es el número de horas de funcionamiento para el que han fallado el 50% de las lámparas correspondientes a una muestra suficientemente representativa después de funcionar en condiciones de prueba. En el caso de las lámparas que se encuentran en estudio en esta tesis (lámparas de inducción y fluorescentes), se tienen valores totalmente diferentes como se ha mencionado ya en anteriores capítulos, pero que se muestra en figura V.3.

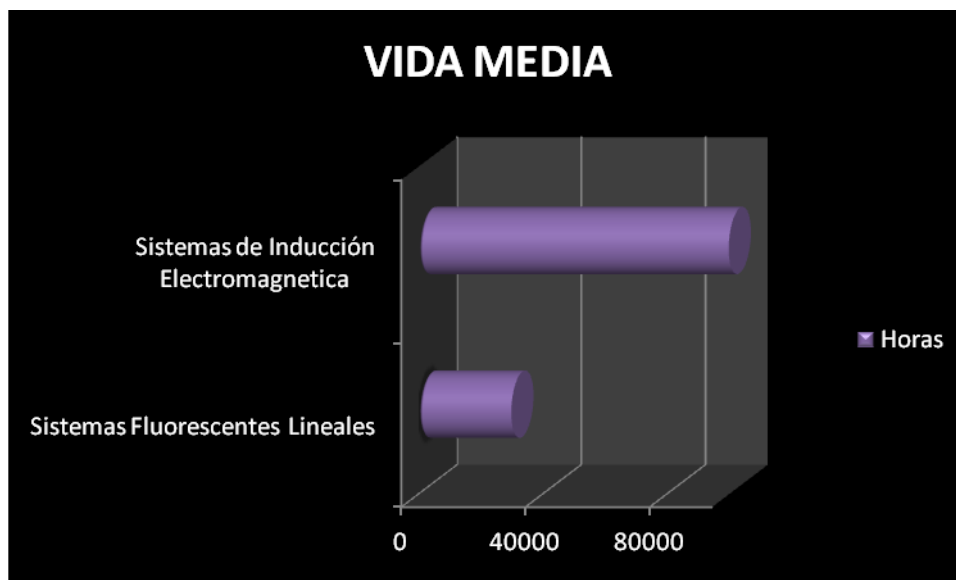


FIGURA V.3: Vida media de lámparas fluorescentes lineales RS y de inducción electromagnética.

La vida media de las lámparas considerada en la figura V.3 es la máxima, donde las lámparas de inducción electromagnética (inductor interno e inductor externo) tienen una vida media de 60,000 a 100,000 horas y las lámparas fluorescentes lineales tienen una vida media de 12,000 a 30,000 horas.

Es lógico pensar que en el momento que las lámparas fallan su flujo ha depreciado, esto nos obliga a pensar en reponer las lámparas antes del final de su vida media.

La depreciación de las lámparas que sobreviven puede ser tan alta que no es económicamente aceptable dejarlas en funcionamiento con una eficacia tan baja.

Por tanto, definimos el concepto de vida útil como el número de horas de funcionamiento después del cual el flujo total de una instalación, bajo condiciones especificadas, sufre una depreciación del 30% aproximadamente.

Otro aspecto importante es el impacto de los ciclos de encendido en la vida media donde en las lámparas de inducción electromagnética es totalmente despreciable debido al propio principio de funcionamiento de las mismas, en tanto que las lámparas fluorescentes lineales RS presentan un impacto de media a alto, lo cual afecta de manera significativa a la vida media de la lámpara.

5.1.1.7 ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR

El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el Índice de rendimiento del color (IRC o Ra) que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color.

Esta característica es sumamente importante a la hora de elegir una lámpara para una aplicación donde la reproducción de los colores sea un factor decisivo (museos, tiendas de tejidos, tiendas de alimentos frescos, exposiciones, etc.).



FIGURA V.4: Índice de Rendimiento de Color alto (a), Índice de Rendimiento de Color bajo (b).

Las lámparas fluorescentes lineales RS por lo regular presentan un índice de rendimiento de color de 62 a 85, donde el índice de rendimiento de color máximo, y por

ende óptimo, es de 100, mientras que el valor en lámparas de inducción con inductor externo es de 80 a 93 y las lámparas con inductor interno es de 80 a 85.



FIGURA V.5: Alumbrado público con lámparas de inducción en el país de Canadá, donde se puede observar que existe un alto índice de rendimiento de color.

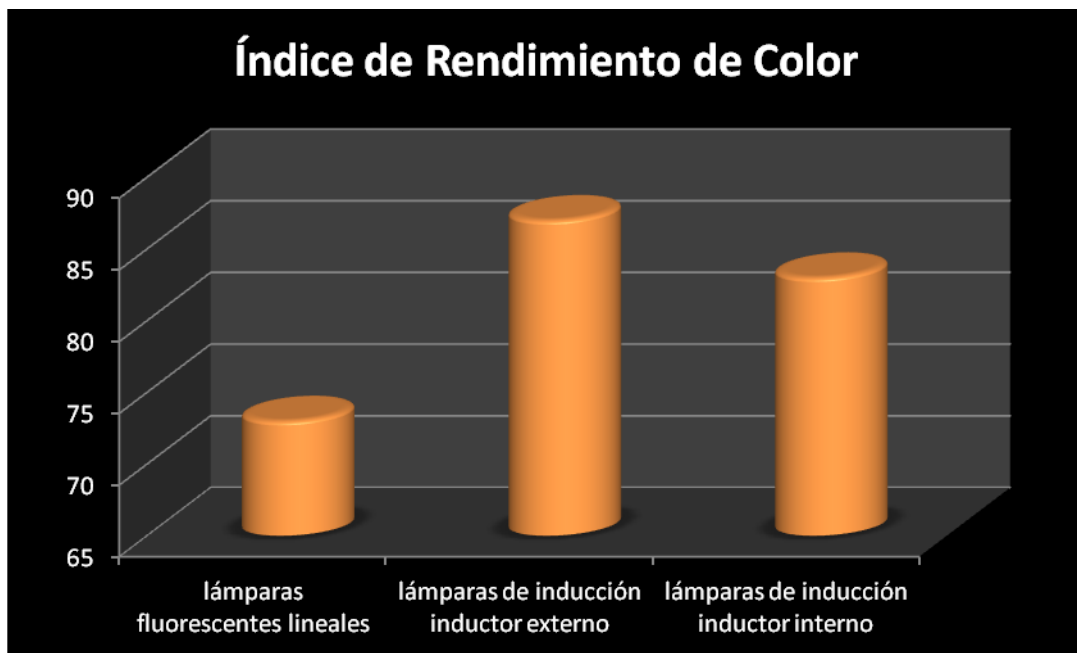


FIGURA V.6: Índice de rendimiento de color en lámparas fluorescentes y de inducción electromagnética.

5.1.1.8 TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA

En el caso específico de las lámparas fluorescentes lineales RS, la temperatura de color varía de los 2,700 ° K a 6,500 ° K, lo cual está dentro de los colores fríos (azul y blanco), esto es similar al caso de las lámparas de inducción con inductor externo pues sus valores de color de temperatura son las mismas que las lámparas fluorescentes, donde por otra parte, las lámparas de inducción con inductor interno tiene una temperatura de color de 2,700 ° K a 4000 ° K lo que hace que tenga colores intermedios (entre blancos y amarillos). Lo anterior se puede constatar con la figura V.6.

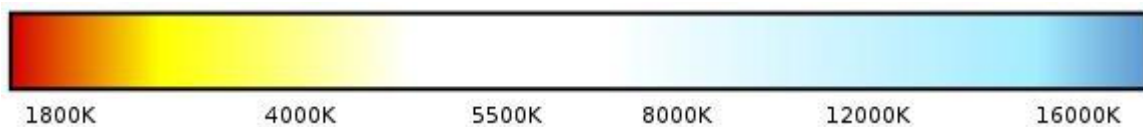


FIGURA V.7: Temperatura de color correlacionada.

Otro aspecto importante que va muy ligado a la temperatura de color correlacionada es la de la medida de los Mired, que como ya se había mencionado antes, es una escala de temperatura de color especialmente conveniente en fotografía, donde puede ser usado para indicar la densidad de los filtros correctores de color para un tipo dado de película fotográfica y fuente de luz. En el caso de las lámparas de inducción y fluorescentes existe una relación totalmente similar a la de temperatura de color correlacionada, donde las lámparas fluorescentes tienen un valor de 154 a 370 Mireds, similar al valor que tienen las lámparas de inducción inductor externo, sin embargo las lámparas de inducción inductor interno tienen un valor de 154 a 250 Mireds.

5.1.1.9 EFICACIA LUMINOSA

La eficacia luminosa de las lámparas fluorescentes lineales RS oscila entre los valores de 51 [lm/W] y 104 [lm/W], lo cual nos habla de ciertos factores que intervienen y que por lo tanto afectan de manera significativa al amplio rango de eficiencia convencional (tipo de balastro: magnético o electrónicos) que tienen estas lámparas. Por otra parte, las

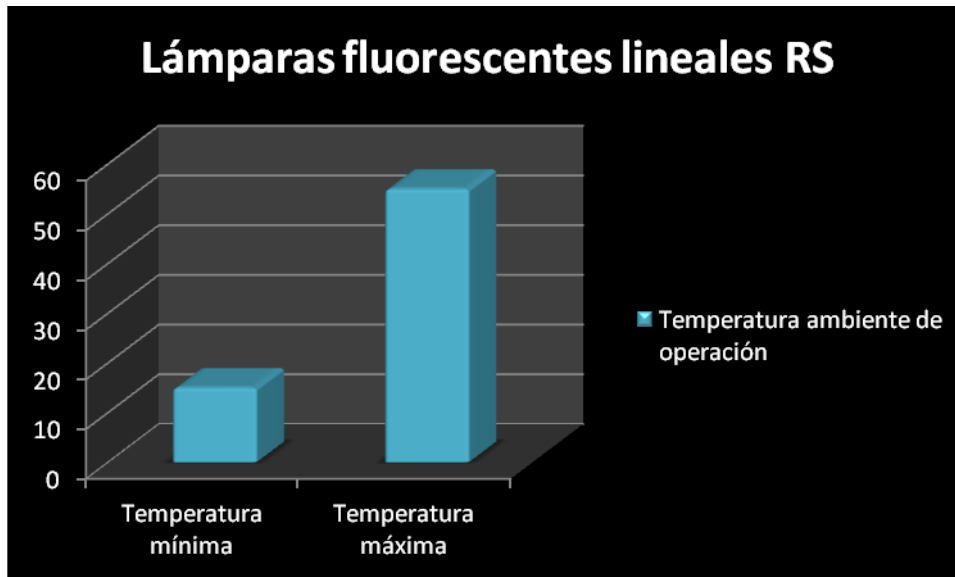
lámparas de inducción inductor externo tienen una eficiencia convencional de 76 [lm/W] a 95 [lm/W] y las lámparas de inducción inductor interno tienen 63.5 [lm/W] a 72.5 [lm/W].



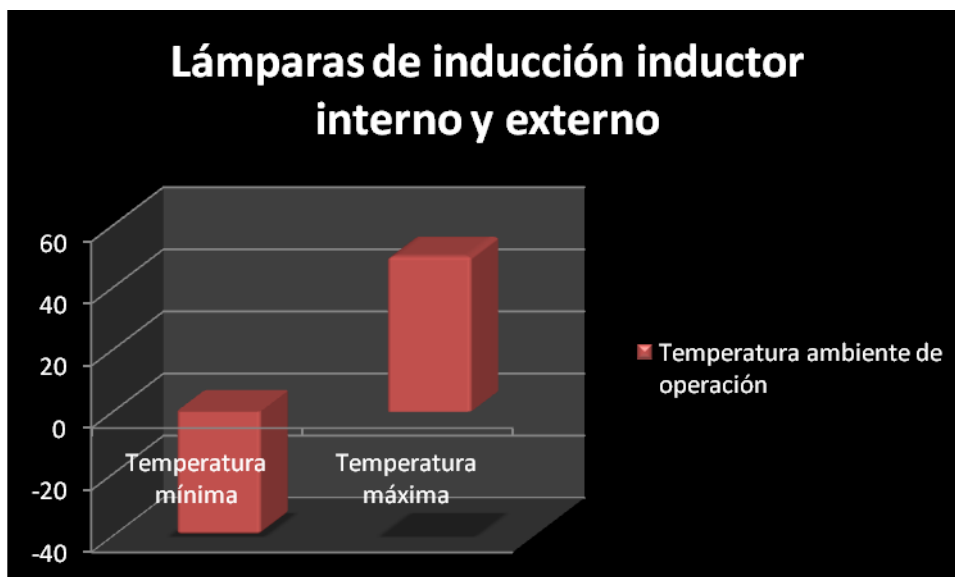
FIGURA V.8: Eficiencia convencional de lámparas fluorescentes RS y de inducción con valores promedio.

5.1.1.10 TEMPERATURA AMBIENTE DE OPERACIÓN

Tanto las lámparas fluorescentes como las de inducción (inductor interno y externo), trabajan de manera óptima en un rango de temperaturas determinado, señalado por el fabricante o determinado por pruebas en laboratorios. En la figura V.7 se observa la temperatura máxima como mínima de las lámparas fluorescentes y de inducción.



(a) La temperatura ambiente de operación presente en las lámparas fluorescentes lineales RS es alrededor de los 15 °C a 55 °C.



(b) La temperatura ambiente de operación presente en las lámparas de inducción inductor interno y externo con valores de -40 °C a 50 °C.

FIGURA V.9: Temperatura ambiente de operación de lámparas fluorescentes lineales RS y de inducción.

Como podemos observar la temperatura ambiente de operación en las lámparas de inducción es más amplia, lo cual nos dice que el uso de estas lámparas son ideales en

lugares con clima extremo, un ejemplo sería la región norte de nuestro país donde la temperatura en verano en el día alcanza con facilidad los 50 °C y en invierno por las noches la temperatura desciende hasta los -20 °C.

5.1.1.11. TIEMPO DE ENCENDIDO

El tiempo de encendido en las lámparas fluorescentes lineales RS varía de acuerdo al tipo de balastro que exista en el sistema (magnético o electrónico), donde el tiempo de respuesta es mucho mayor que el de las lámparas de inducción. Las lámparas de inducción tienen un tiempo de encendido mucho más rápido debido al principio de operación (inducción electromagnética). En la figura V.8 se muestra el tiempo de encendido tanto de las lámparas de inducción como fluorescentes lineales RS.

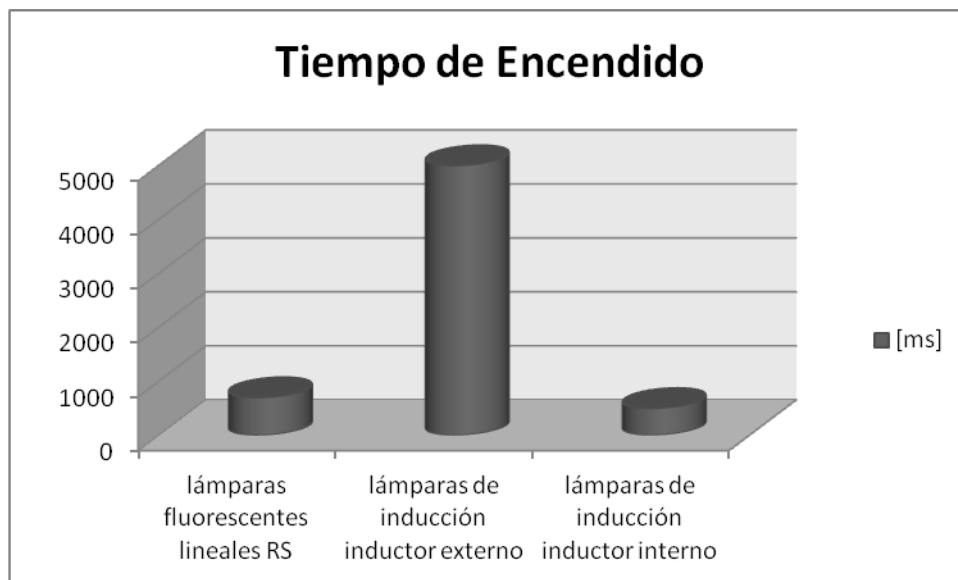


FIGURA V.10: Tiempo de encendido.

Otro aspecto importante es el tiempo de reencendido, esto quiere decir el tiempo que tarda la lámpara en encender una vez que ya fue encendida dicha lámpara anteriormente (encendido). Esto se muestra en la figura V.9, donde se puede observar que el tiempo de reencendido es mucho menor que el tiempo de encendido.

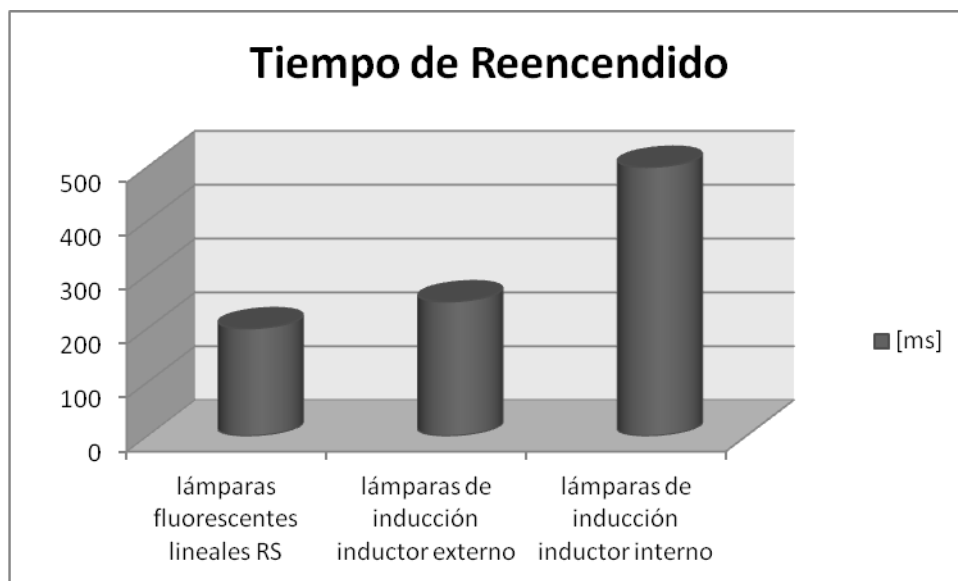


FIGURA V.11: Tiempo de reencendido.

5.1.1.12. OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS

Además de las características ya mencionadas anteriormente que se señalan en forma de comparación, existen otras características en las lámparas fluorescentes y de inducción que no pueden de alguna manera o cierto modo cuantificarse, o que se pueda extender en el presente documento de manera significativa, pero que igual es importante señalar como a continuación se muestra en la tabla V.4.

Característica	Lámparas Fluorescentes Lineales RS	Lámparas de inducción inductor externo	Lámparas de inducción inductor interno
Cátodos de Arranque y Operación	Sí	No	No
Efecto de Decantación Electrónica	Indeseable	No Aplica	No Aplica
Medio de Conexión Eléctrica a la Lámpara	Casquillo con Alfileres y Portalámparas		

		No Aplica	No Aplica
Característica de la Descarga en Gas	Impedancia Negativa	Impedancia Inductiva	Impedancia Inductiva
Diámetro del Bulbo	5/8 [Pulg], 8/8 [Pulg], 12/8 [Pulg]	2 1/8 [Pulg]	No aplica
Efecto de Posición Inadecuada de Operación	Migración de Mercurio, Luminancia no Homogénea y reducción de Flujo Luminoso	Moderada Variación en el Flujo Luminoso	Con VBU el flujo luminoso máximo se alcanza a mayor temperatura
Efecto de Vibraciones Externas	Incertidumbre en la Operación por Falso Contacto entre Alfileres y Portalámparas	Ninguno	Ninguno
Rango de Potencias más comunes en el Mercado	14 [W] a 54 [W]	40 [W] a 300 [W]	55 [W] a 165[W]
Impacto de los Ciclos de Encendido en la Vida Nominal	Medio a Alto	Despreciable	Despreciable
Depreciación de lúmenes de lámpara (40% de Vida)	0.82 a 0.95	0.88 a 0.95	0.80
Vida Económica (70% Lúmenes)	9,000 [Hrs] a 30,000 [Hrs]	60,000 [Hrs]	60,000 [Hrs]
Voltaje Circuito Abierto	< 360 Vp [V]	500 [V]	n.d.
Voltaje de Encendido o Ignición	En régimen transitorio igual o mayor al de Circuito Abierto sin CC [Vx]	2,500 Vpp [Vx]	n.d.
Voltaje de Lámpara (en Operación)	70 a 110 Vp [Vx]	100 Vpp [Vx] a 205 Vpp [Vx]	n.d.
Relación Voltaje Lámpara a Voltaje de Cátodos	80 a 120	No Aplica	No Aplica

Factor de Cresta Máximo permisible en Corriente de Lámpara	1.7	No Aplica	No Aplica
Frecuencia de Operación (IL)	0.06 [KHz] en magnético, 25 [KHz] a 50 [KHz] en electrónico con carga	220 [KHz] a 250 [KHz]	2,300 [KHz] a 3,000 [KHz]
Operación en cd	Sí	Sí	No
Operación a distintas potencias	Del 5% a 100%	No	No
Temperatura Ambiente de Operación para Flujo Luminoso >90%	De 17 °C a 37 °C en T12 y T8; 28 °C a 50 °C en T5	n.d.	-5 °C a 40 °C
Temperaturas de Amalgama	No Aplica	40 °C a 140 °C	< 105 °C
Temperatura Máxima en la Pared de la Lámpara	43 °C a 53 °C	325 °C	125 °C
Temperatura de Amalgama para Flujo Luminoso >90%	No Aplica	55 °C a 125 °C	35 °C a 105 °C
Impacto de la Temperatura de la Amalgama en el Flujo Luminoso	No Aplica	Menor de 10% entre 55 °C y 125 °C	Menor de 10% entre 35 °C y 105 °C
Tiempo de Exposición Permisible	24 a 100 [Hr/10 ³ Lx]	24 a 100 [Hr/10 ³ Lx]	24 a 100 [Hr/10 ³ Lx]
Factor de Daño	<0.3 [Khr/KLx]	<0.3 [Khr/KLx]	<0.35 en 55 [W] y 85[W], <0.6 en 165 [W] [Khr/KLx]
Parpadeo Visible	Entre 1% y 5%, dependiendo del Balastro si es	Despreciable	Nulo

	Electromagnético		
Ciclos de Encendido/Apagado	15(IS), 20(RS), 50(PS) [Kciclos]	100 a 7,500 [Kciclos]	100 a 7,500 [Kciclos]
Modo de Arranque	Rápido, Rápido Modificado, Programado o Instantáneo	Inducción Electromagnética	Inducción Electromagnética

TABLA V.4: Comparativa de características de lámparas fluorescentes lineales RS vs lámparas de inducción.

5.1.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL INDUCTOR

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, las lámparas de inducción requieren un inductor para llevar a cabo el principio de funcionamiento de inducción electromagnética para llevar a cabo la producción de luz, esto no es así en las lámparas fluorescentes donde requieren los ya mencionados cátodos para la producción de dicha luz. Esto nos lleva a profundizar en las características que tiene este elemento importante en las lámparas de inducción y por lo tanto excluye a las lámparas fluorescentes lineales RS del presente subtema.

El inductor en las lámparas de inducción define el tipo de lámpara, externo o interno, por ende las características varían de manera significativa. En la tabla V.5 se muestra las características que existen tanto en el inductor de las lámparas de inducción inductor interno como externo.

Característica	Inductor Externo	Inductor Interno
Ubicación del Inductor(es)	Externos, en contraposición	Interno, en la Oquedad central del Bulbo
Tipo de Inductor	Toroide (forma de Dona)	Recto (forma de Antena)
Material de la Bobina	Cobre	Cobre

Material del Núcleo	Ferrita de Alta Permeabilidad y Bajas Pérdidas	Ferrita de Alta Permeabilidad y Bajas Pérdidas
Varilla Interna como Disipador de Calor de la Bobina	No	Sí
Acoplador para colocación del Inductor	No	Sí
Temperatura Óptima del Inductor	70 °C a 130 °C	n.d.
Temperatura Máxima en la Base del Acoplador	No Aplica	90 °C a 100 °C
Impacto de la Temperatura del Inductor en la Vida de la Lámpara	Mínimo	Alto
Material del Disipador de Calor	No Aplica	Aluminio

TABLA V.5: Características principales de los inductores interno y externo.

5.1.3 C ARACTERÍSTICAS DEL BALASTRO / GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA

5.1.3.1 TIPO DE INTERFASE PARA LÁMPARA

Las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente de tipo gaseoso, requieren de un dispositivo externo, que limite la corriente de ese arco que es la corriente de operación, en el caso de lámparas de tipo fluorescente, debido a que los tubos de descarga presentan impedancias de tipo negativo si esta corriente no se controla seguirá incrementándose y la lámpara por consecuencia se destruirá. Para corregir este problema se agrega el dispositivo conocido como balastro.

Para el caso de la lámpara de inducción electromagnética el elemento que la enciende es inductor electromagnético por un efecto de campo.

Las pérdidas en este tipo de dispositivo son de alrededor de 3 a 11 watts para tipo inductor externo y de 2 a 25 watts en el caso de inductor externo, en este último son más altas ya que en esta el calor generado por el inductor que se emite queda atrapado dentro del cuerpo de la lámpara y debe ser enfriado por conducción térmica haciendo necesaria la incorporación de un disipador de calor en la base de la lámpara, el resto del calor sale a través de las paredes del bulbo haciendo que su vida útil sea un poco menor.

5.1.3.2 BALASTRO

El Balastro es el dispositivo que limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su correcta operación, tanto en condiciones de arranque como de operación nominal suministra los valores necesarios de voltaje y corriente; son necesarios para las lámparas fluorescentes, para las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) y lámparas de baja intensidad de descarga (LID), en el caso de lámparas de arranque rápido también se encarga de suministrar la tensión correcta para el calentamiento de cátodos. Los balastos se pueden clasificar de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo ó normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor de potencia (mayor de 0.9). Se recomienda conectar el conjunto lámpara-balastro a una distancia no mayor de 4 metros para minimizar el efecto EMI, pérdidas en conductores y parpadeo de lámpara. Las pérdidas en el balastro son variables dependiendo de la tecnología utilizada tendiendo a ser menores en los de tipo discreto y tipo circuito integrado. Las frecuencias de entrada o de red eléctrica para este tipo de dispositivo están entre 50 a 60 Hz.

Funciones esenciales del balastro:

- 1) Proporcionar la tensión o tensiones de encendido y de operación nominal 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 corregido y alto factor)
- 5) Amortiguar las variaciones de la tensión de la línea.
- 6) En algunos tipos la interferencia electromagnética que normalmente se produce por el conjunto lámpara-balastro.

- 7) Las lámparas de encendido rápido no tienen arrancador, pero el balastro tiene devanados especiales para aplicar continuamente una pequeña tensión de 2 a 4 Volts y calentar los cátodos o filamentos de la lámpara, con lo que se emiten electrones por efecto termoiónico. El calentamiento se mantiene durante toda la operación de la lámpara.

Dentro de la iluminación fluorescente existen dos grandes familias de balastos: los de arranque instantáneo (también llamados slimline) y los de arranque rápido (conocidos como bipin ó doble alfiler). Los de arranque rápido son ampliamente usados en países desarrollados por ser más silenciosos, más eficientes, mayor vida y con un costo de operación más bajo. Sin embargo requieren de una instalación más compleja que los de encendido instantáneo. Para su correcta operación necesitan un aterrizaje adecuado, una base de calidad, una conexión correcta y una buena mano de obra para la instalación, requisitos que han sido impedimento para su aplicación masiva en algunos países.

Existen tres grandes familias de balastos: los electromagnéticos, los híbridos y los electrónicos.

- ❖ Electromagnético
- ❖ Híbridos
- ❖ Electrónicos

Dentro de los electromagnéticos tenemos tres tipos: los llamados baja energía ó línea económica, los estándar y los de alta eficiencia.

Los de línea económica (baja energía) están fuera de norma y sus principales desventajas son reducir los niveles de iluminación, tener muy baja eficiencia y corta vida.

Los estándar, cumplen con las normas en cuanto a seguridad y desempeño, pero no son muy eficientes.

Los de alta eficiencia cumplen con las normas, pero con un consumo de energía menor.

Adicionalmente, estos últimos tienen la ventaja de estar termoprottegidos, es decir, no desalojan compuesto asfáltico, ni humos molestos, ni producen incendios, por lo que se

les conoce como clase “P” ó “TP”. Esta clase de balastos son altamente recomendables y su uso es obligatorio en países desarrollados.

En cuanto a los balastos electrónicos, existen dos grandes categorías:

- Los de tipo discreto que se fabrican más y en muchos países.
- Los de tipo circuito integrado que suelen ser de un costo más elevado.

En general, los balastos electrónicos son más silenciosos, más ligeros y más eficientes que los electromagnéticos y los híbridos. Las normas para balastos electrónicos son sumamente estrictas, por lo que no son muchos los balastos que cumplen con todas ellas.

Desafortunadamente, han surgido decenas de fabricantes de balastos electrónicos discretos de calidad limitada que difícilmente ó nunca cumplen con todas las normas técnicas aplicables. Los principales inconvenientes que estos balastos pueden causar son: baja producción de luz de las lámparas (afectan los niveles de iluminación recomendados), bajo factor de potencia (que causa corrientes altas en las instalaciones), reducción de vida de las lámparas (hasta 50%), elevada distorsión armónica (que causa condiciones inseguras en la instalación), corta vida del propio balastro (con garantía nula ó limitada) y muchas veces no tienen protección térmica (no son clase “P”).

Dentro de la familia de balastos para lámparas de encendido rápido, tenemos dos tipos:

- Los que operan a las lámparas de encendido rápido con calentamiento continuo de cátodos.
- Los que las operan sin dicho calentamiento. Los segundos causan una reducción en la vida de las lámparas que puede oscilar entre 5% y 30%, dependiendo del voltaje aplicado a la lámpara y de los ciclos de encendido/apagado.

5.1.3.2.1 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS FLUORESCENTES

Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó tipo circuito integrado 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 o menores, también su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el

denominado flicker (efecto visual indeseable de parpadeo de lámpara). Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable (dimmeables). A su vez, los de potencia variable pueden tener dos ó tres escalones definidos ó bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastos y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los electromagnéticos convencionales. Algunos modelos importados son muy eficientes y cuestan entre 3 y 4 veces más que los electromagnéticos. Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación y poca vibración.

5.1.3.2.2 BALASTRO ENCENDIDO RÁPIDO

En este tipo de balastro se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara, así no requieren arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de encendido instantáneo, porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplica una tensión entre cátodos para establecer entre ellos el arco.

5.1.3.2.2.1 DISTANCIA MÁXIMA ENTRE LA LÁMPARA Y EL REFLECTOR DE LÁMPARA

El reflector debe de estar debidamente aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra y de esta manera se facilite el arranque. Aproximadamente no se recomienda una distancia mayor de 14mm entre el reflector y la lámpara. Sobre todo cuando se hacen cambios de lámparas T12 a T8, T12 y T8 a lámparas T5, ya que cada que se disminuye el grosor de lámpara esta distancia entre el reflector y la lámpara usando el mismo portalámpara o luminaria puede causar fallas en el encendido por tal motivo.

En el caso de lámpara de Inducción electromagnética no aplica tal consideración.

5.1.3.3 GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA

Para el caso de la lámpara de inducción electromagnética requiere de estar correctamente acoplada con otro elemento para su correcta operación, tal dispositivo se conoce con el nombre de generador de alta frecuencia, el cual básicamente toma el voltaje de red en AC (o de DC en el caso de balastos de 12 o 24 Volts con etapa de reducción de voltaje y en este caso no se necesita rectificación) con frecuencia de entrada o de red eléctrica entre los 50 a 60 Hz dependiendo el tipo de generador, y rectifica a DC. Una etapa de estado sólido convierte la frecuencia de corriente de DC de salida a una de muy alta frecuencia en el orden de entre los 2.65 a los 13.6 MHz en el caso de los tipo inductor interno, como esta frecuencia es muy alta genera calentamiento en el inductor lo cual ya se ha expuesto, para el caso de los tipo inductor externo la frecuencia es mucho menor con un rango de los 220 a 250 kHz.

La alta frecuencia producida por el generador alimenta al solenoide inductor por medio de un cable en el tipo inductor externo y de un cable coaxial en el tipo inductor interno, el cual se acopla al tubo de la lámpara por medio de la onda electromagnética que emite y es la que establece el acoplamiento, sin la necesidad de utilizar conductores ya que no existe conexión directa.

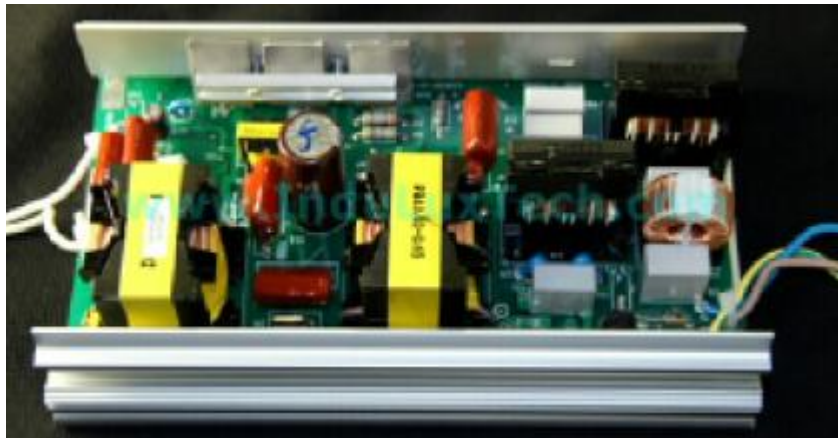


FIGURA V.12: Generador de Alta Frecuencia de 200 watts tipo circuito discreto.

5.1.3.4 PARÁMETROS DE BALASTRO PARA SISTEMAS FLUORESCENTES DE ENCENDIDO RÁPIDO/ GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA PARA SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Los parámetros se pueden clasificar en dos categorías: los obligatorios y los deseables:

Requisitos Obligatorios.

1. Protección térmica.- No es un parámetro para ahorrar energía, pero sí es fundamental para incrementar la seguridad en las instalaciones eléctricas. En balastos electromagnéticos y en los híbridos se logra por medio de un protector sensible a la temperatura de los devanados y a la magnitud de la corriente. En algunos balastos electrónicos se usa un fusible, con el inconveniente de que no se auto repone. En balastos electrónicos de calidad superior la protección se hace por medio de semiconductores y se le llama protección inherente. En general, a los balastos termoprottegidos se les conoce como clase “P”. Normalmente los balastos deben operar con temperaturas ambiente entre los 5 a 40 [°C]. Para el caso de los generadores de alta frecuencia de las lámparas de inducción electromagnética el rango óptimo de temperatura del punto caliente para el caso de inductor externo debe ser menor de 105[°C] y en los tipo inductor interno de 72[°C], pueden operar de entre los -35 a 90 y de -40 a 50 [°C] dependiendo del dispositivo. El orden de temperatura del punto más caliente del balastro puede estar entre los -25 a 105[°C], es muy importante en los balastos electromagnéticos cuidar el incremento de temperatura, ya que por cada 10[°C] que aumenta la temperatura la vida del aislamiento del conductor de sus embobinados se reduce a la mitad. En los tipo electromagnético, en los generadores de alta frecuencia de tipo inductor interno se encuentra entre -25 a 82 [°C]. El impacto en la temperatura en la vida del generador de alta frecuencia para el tipo inductor interno es muy alto, ya que la muy alta frecuencia que produce calor y disminuye su vida útil drásticamente, en los tipo inductor externo el efecto sobre la vida útil es bajo, ya que el conjunto genera una alta frecuencia que no provoca un calentamiento excesivo.
2. Humedad Relativa Ambiental Permisible para el Sistema.- No se recomienda bajo ninguna circunstancia operar ningún sistema con una humedad relativa

ambiental mayor al 95 %, a menos que se encuentren protegidos contra humedades como por ejemplo luminarios sellados creando un ambiente controlado con aditamentos que drenen la humedad interior.

3. Clasificación de Sonido.- De acuerdo con su construcción y principio de funcionamiento, todos los balastos producen sonido audible. Se han clasificado en 6 categorías, que van desde la “A” hasta la “F”, siendo “A” la más silenciosa (20 a 24 db) y “F” la de mayor ruido (más de 49 dB). En inmuebles, el sonido excesivo puede causar dolor de cabeza, fatiga prematura y bajo rendimiento de los usuarios.
4. Voltaje de Alimentación Elevado/Reducido.- Un sobrevoltaje en balastos puede causar falla prematura de lámparas y balastos, además de un consumo excesivo de energía. Mientras mayor sobretensión sea capaz de soportar el balastro, mejor.

Un voltaje de alimentación al balastro menor del nominal puede causar incertidumbre en el encendido de las lámparas, sobre todo en condiciones de baja temperatura. Mientras más bajo sea el voltaje aceptado por el balastro sin arriesgar el encendido de las lámparas, mejor. En balastos electromagnéticos de encendido rápido la tolerancia de variación es aproximadamente de un (+/-) 8 % y de (+/-) 20 % en electrónico Premium. En el caso de Sistemas de inducción electromagnética inductor externo es de 108 a 264; 90 a 150; 175 a 265; 250 a 305 Volts, dependiendo el tipo de modelo de sistema a utilizar. En los tipo inductor interno es de 90 a 140 y 180 a 305 Volts. Las tensiones de red de entrada son de 120 a 277 volts para sistemas con balastro electromagnético y para los sistemas de inducción tipo inductor externo en generador tipo universal y de propósito dedicado, sin embargo para el caso de inductor interno es de 120 y 230 volts.

5. La regulación de tensión.- En un balastro establece la variación de la luz producida por las lámparas (expresada en porcentaje), debida a una variación en el voltaje de alimentación (también expresado en porcentaje). Una regulación perfecta significa luz constante a pesar de las variaciones de voltaje. En el caso de la regulación de tensión para los tres sistemas mencionados es de (+/-) 20 % en el voltaje de línea.

6. Distorsión Armónica Total (THD).- Se expresa en porcentaje con respecto a la onda fundamental y puede darse en voltaje, corriente ó potencia. Un THD alto produce exceso de corriente en el neutro de los sistemas trifásicos, elevación de pérdidas en cables y transformadores, etc. Mientras más bajo sea su valor, mejor. Para los balastos de encendido rápido electromagnéticos debe ser menor de 25 % y menor de 10 % para el caso de los electrónicos Premium. Para los sistemas de Inducción electromagnética debe ser menor de 10 %
7. Distorsión de Tercera Armónica.- La tercera armónica tiene una frecuencia triple de la fundamental (180 Hz) y en edificios se considera la más dañina. Un balastro puede tener un THD bajo, pero con tercera armónica alta. Por lo tanto, mientras más baja esta armónica mejor.
8. Factor de Cresta en Corriente.- Es la relación entre el pico y el rms de una onda. Cuando el factor de cresta se eleva, la vida de la lámpara se reduce. El óptimo es igual ó menor a 1.4142, pero en lámparas de encendido rápido el máximo permitido es 1.7 y en instantáneo 1.85.
9. Frecuencia Nominal de Alimentación.- En algunos tipos de balastos la frecuencia de alimentación modifica las características de los circuitos y el desempeño del balastro. En México la frecuencia única es 60 Hz, por lo que los balastos deben estar diseñados para operar a esta frecuencia. Para el caso de los generadores de Alta frecuencia de las lámparas de inducción electromagnética también se debe observar que puedan operar a 60 Hz.
10. Calentamiento Continuo de Cátodos.- En lámparas de encendido rápido se aplica un pequeño voltaje para calentar los cátodos durante toda la operación de la lámpara. Una reducción ó una interrupción en el calentamiento disminuye la vida de la lámpara y causa problemas en el encendido.
11. Frecuencia de Operación en las Lámparas.- Los balastos electrónicos generalmente operan en alta frecuencia, mejorando la eficiencia de las lámparas fluorescentes. Frecuencias demasiado altas pueden producir interferencia electromagnética e interferencia de radio (EMI y RFI).
12. Factor de Potencia.- Los balastos pueden influir en la producción de un bajo factor de potencia general, con las consiguientes corrientes altas en la instalación. Las empresas eléctricas penalizan a los usuarios con bajo factor de potencia, por lo que mientras más cercano a la unidad sea el factor de potencia

de un balastro, mucho mejor. Para los sistemas fluorescentes de arranque rápido típicamente debe ser mayor a 0.9 [p.u.] para balastro electromagnético y de 0.98 [p.u.] para el caso de electrónico tipo Premium. En el caso de Lámparas de inducción electromagnética, para inductor interno debe ser mayor de 0.9 [p.u.] para circuito de tipo discreto y mayor de 0.98 [p.u.] para circuito integrado. En el caso de generador de alta frecuencia para tipo inductor interno debe ser mayor de 0.92 [p.u.] .

13. Voltaje de Circuito Abierto (OCV).- Para que una lámpara fluorescente encienda, se requiere que el balastro le aplique un voltaje lo suficientemente alto para iniciar el arco en el tubo. Un voltaje bajo dificulta el encendido.
14. Voltaje de Salida.- Es el voltaje medido entre los electrodos que establecen el arco eléctrico en el tubo de descarga, para el caso de los sistemas fluorescentes de encendido rápido varía de acuerdo al tipo de tecnología. En el caso de sistemas de inducción electromagnética inductor externo es de 10 Vpp a 205 Vpp y en el caso de los tipo inductor interno es de 189 V.
15. Sin resina o cápsula.- Algunos fabricantes de balastros electrónicos del tipo discreto (con componentes visibles) encapsulan a sus balastros con resina o algún compuesto equivalente para protegerlo de la humedad, efecto de punta y otros agentes perjudiciales, por lo que el peso total del balastro se incrementa, lo que puede causar un error al confundirlos con balastros electromagnéticos.
16. Sin contenido de Askareles (PCB's).- Los capacitores usados en los balastros usan un dieléctrico, que puede ser Askarel ó un compuesto similar. El Askarel no es biodegradable y causa daños serios a la salud y al ambiente por lo que se debe evitar absolutamente su uso y vigilar con sumo cuidado su correcta disposición final.
17. Potencia Total a Voltaje de Línea.- Es la potencia total demanda por el balastro y sus lámparas, asumiendo voltaje nominal constante. Para ahorro de energía es un parámetro fundamental.
18. Corriente de Línea.- Dependiendo del número y potencia de lámparas, de su eficiencia y del factor de potencia, cada balastro demanda ciertos amperes (ó mili-amperes). Es un valor a considerar para el dimensionamiento de la instalación y su protección. Cuando un balastro se energiza, se puede producir momentáneamente una alta corriente mayor a la nominal (conocida como la

Corriente de Inrush). Para el caso por ejemplo de 20 lámparas fluorescentes pueden demandarse máximo unos 194 amperes por alrededor de 2 milisegundos, para el caso de lámparas de inducción electromagnética tipo inductor interno se establece entre 10 a 28 Amperes máximos por alrededor de 0.14 a 0.17 milisegundos.

19. Corriente de operación. Es la corriente suministrada al tubo fluorescente y medida entre los electrodos, en el caso de sistemas de encendido rápido se encuentra en función del factor de potencia, voltaje de línea y la potencia de lámparas. Para el caso de los sistemas de inducción electromagnética inductor externo es de 0.34 a 0.69 Amperes y los tipo inductor interno se encuentra en un orden de 0.26 a 1.42
20. Factor de Balastro (FB).- Solo para balastos es aplicable este parámetro. Para balastos de encendido rápido es la relación entre la luz producida por un balastro comercial y la luz producida por las mismas lámparas operadas por un balastro patrón ó de laboratorio. Para encendido instantáneo es la misma relación, pero se sustituye a la luz por la potencia de las lámparas en cuestión. Se expresa generalmente en porcentaje, aunque para fines de cálculo de otros parámetros puede expresarse en por unidad y la información se obtiene del fabricante. Un factor de balastro bajo causa reducción en los niveles de iluminación. Para el caso de Sistemas fluorescentes de encendido rápido se encuentran entre 0.6 a 1.28 [p.u.]
21. Factor de Eficacia de Balastro (FEB).- Es la relación entre el factor de balastro en porciento y los watts totales demandados por el conjunto lámpara(s)-balastro. Se establece un valor mínimo para cada tipo de balastro y depende del número y potencia de las lámparas. Mientras más alto, mejor.
22. Eficacia a Voltaje Nominal.- Es la relación entre los lúmenes totales producidos por el conjunto lámpara-balastro y los Watts totales, asumiendo voltaje constante). El flujo luminoso para cada lámpara se considera como sigue: 1,400 lm para 17W T8, 3,050 lm para 32W T8 y 6,000 lm para 59W T8. La eficacia se expresa en lúmenes por Watt (lm/w) y mientras más alta, mejor.
23. Eficiencia a Voltaje Nominal.- Es la relación entre los Watts entregados por el balastro a las lámparas y los Watts demandados por el conjunto lámpara-balastro. Se multiplica por 100% para expresarla en un valor ponderado y

- mientas más alto sea es mejor, no pudiendo llegar a 100% por cuestiones de las pérdidas dentro del circuito.
24. Sello FIDE.- Es un estricto sistema de verificación implementado por el Fideicomiso de Ahorro de Energía (FIDE) para verificar que equipos eléctricos como motores, sensores de presencia, balastos, lámparas, etc. Cumplen con los requisitos para ser considerados como ahorradores de energía.
 25. Sello NOM / ANCE.- Las normas nacionales establecen que todos los materiales y equipos utilizados en las instalaciones eléctricas deben de presentar el sello NOM (Norma Oficial Mexicana), sello ANCE (Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico) con el objetivo de garantizar la seguridad de los usuarios. En EUA se usa el sello UL (Underwriters Laboratories) y en Canadá el CSA (The Canadian Standards Association) para el caso de los equipos y materiales de importación.
 26. Sello de Eficiencia.- En muchos países hay sistemas de certificación implementados para verificar que equipos eléctricos como motores, sensores de presencia, balastos, lámparas, etc. Cumplen con los requisitos para ser considerados como ahorradores de energía.
 27. Diagrama de Conexiones.- Dado que se tiene un sinnúmero de alternativas de circuitos y tipos de balastos, las formas de conectar a las lámparas son diversas, es un requisito indispensable que el propio fabricante incluya en la etiqueta los datos de operación como el diagrama el diagrama de conexiones. Se debe de utilizar alambre en las conexiones. En el caso de las lámparas de inducción electromagnética esta característica no aplica, ya que el equipo forma un conjunto.
 28. Garantía directa del fabricante.- Los fabricantes garantizan sus balastos en función de la calidad de sus productos, asumiendo una aplicación adecuada. A más garantía, los costos de mantenimiento se reducen, por lo que se justifica una inversión mayor en balastos garantizados por más años. En sistemas fluorescentes tipo encendido rápido se dan alrededor de 1 a 2 años en lámparas y de 2 a 5 años en balastro electromagnético. Para el caso de tipo inductor interno de 5 años en el conjunto y las tipo inductor externo de 5 a 10 años en todo el conjunto.

Aunque todos los parámetros mencionados son muy importantes, uno de los más relevantes para los programas de ahorro de energía es el factor de balastro (FB), ya que tiene influencia directa en los niveles de iluminación y el consumo de energía. Contra la creencia muy común de que la potencia del conjunto lámpara-balastro se determina mediante la suma de la potencia nominal de las lámparas más un porcentaje fijo por concepto de pérdidas del balastro (20% al 25 %). El factor de balastro juega un papel fundamental en el consumo real de los equipos y por lo tanto en el cálculo del ahorro de energía.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE SISTEMAS EFICIENTES (FLUORESCENTE Y DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA) EN ILUMINACIÓN PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Antes de poder realizar algún análisis sobre el Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería, es preciso conocer a detalle cómo está constituido el sistema eléctrico del mismo, saber en qué condiciones está, y de que manera se va modificar para poder aterrizar la propuesta de reemplazar los sistemas fluorescentes existentes por el sistema de inducción electromagnética inductor externo para ser más precisos.

Actualmente se tienen sistemas T12, T8 y T5 en diversas potencias, la cual no tiene uniformidad, por lo tanto se pretende cambiar las luminarias por de inducción electromagnética, para hacer una uniformidad de sistemas y reducir el servicio de mantenimiento.

Se realizaron diferentes tipos de medición, análisis de datos y se hicieron verificaciones en cuanto a las normas mexicanas y la norma universitaria que es la que nos rige para efectuar el presente análisis.

Se analizó el caso base para obtener datos como la carga instalada, el consumo mensual y anual de energía así como el cargo facturable para compararlos con los resultantes del caso propuesto y obtener los ahorros de energía, económicos y el tiempo de recuperación de la inversión.

Por medio de un levantamiento eléctrico se cuantifico los receptáculos y luminarias correspondientes al edificio, para así, conocer la carga total instalada y saber dónde se harán los posibles reemplazos y correcciones según sea el caso.

Aunado a la propuesta de equipos de iluminación se presenta la planeación de actividades para llevar a cabo el reemplazo de los equipos actuales a los propuestos, así como la descripción del material eléctrico necesario y costos implicados.

6.1. NORMATIVIDAD VIGENTE APLICABLE AL ANÁLISIS PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Las NOM son las regulaciones técnicas que contienen la información, requisitos, especificaciones, procedimientos y metodologías que permiten a las distintas dependencias gubernamentales y privadas establecer parámetros evaluables para evitar riesgos, principalmente a la población y al medio ambiente.

El estado mexicano es el encargado de identificar los riesgos, evaluar y emitir las NOM. Al mismo tiempo en el proceso se suman las consideraciones de expertos. Las NOM están conformadas por comités técnicos integrados por todos los sectores interesados en el tema, no únicamente el gobierno sino también por investigadores, académicos y cámaras industriales.

A continuación presentaremos una lista de normas sobre eficiencia energética y de instalación eléctrica, las cuales nos dan una guía fundamental para el correcto desarrollo de la presente tesis y así poder evaluar si cumplen con los requisitos necesarios que exigen las normas.

- NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)
- NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA (NOU)
- NOM -025 STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO
- NOM-007-ENER-2004, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

6.1.1. NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN)

La estructura de esta Norma Oficial Mexicana (NOM), responde a las necesidades técnicas que requiere la utilización de las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional.

Objetivo

El objetivo de esta norma es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades.

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos.

- a) **General.** Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no menor que la correspondiente a la capacidad nominal del circuito derivado. Los cables armados cuyo conductor neutro sea más pequeño que los conductores de fase, deben marcarse de esa manera (indicando el tamaño del neutro).

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento.

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad nominal o ajuste.

220- CALCULO DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS, ALIMENTADORES Y ACOMETIDAS

220-3. Cálculo de los circuitos derivados. Las cargas de los circuitos derivados deben calcularse como se indica en los siguientes incisos:

- a) **Cargas continuas y no continuas.** La capacidad nominal del circuito derivado no debe ser inferior a la suma de la carga no continua más el 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la suma de la carga no continua, más el 125% de la carga continua.

7) Otras salidas: debe considerarse carga mínima de 180 VA por salida.

250-95. Tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo. El tamaño nominal de los conductores de puesta a tierra de equipo, de cobre o aluminio, no debe ser inferior a lo especificado en la Tabla 250-95.

Cuando sólo haya un conductor de puesta a tierra de equipo con varios circuitos en el mismo tubo (conduit) o cable, su tamaño nominal debe seleccionarse de acuerdo con el dispositivo de sobrecorriente de mayor corriente eléctrica nominal de protección de los conductores en el mismo tubo (conduit) o cable.

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc. Sin exceder de:	Tamaño nominal mm ² (AWG o kcmil)	
	(A)	Cable de cobre
15	2,08 (14)	---
20	3,31 (12)	---
30	5,26 (10)	---
40	5,26 (10)	---
60	5,26 (10)	---
100	8,37 (8)	13,3 (6)
200	13,3 (6)	21,2 (4)
300	21,2 (4)	33,6 (2)
400	33,6 (2)	42,4 (1)
500	33,6 (2)	53,5 (1/0)
600	42,4 (1)	67,4 (2/0)
800	53,5 (1/0)	85,0 (3/0)
1 000	67,4 (2/0)	107 (4/0)
1 200	85,0 (3/0)	127 (250)
1 600	107 (4/0)	177 (350)
2 000	127 (250)	203 (400)
2 500	177 (350)	304 (600)
3 000	203 (400)	304 (600)
4 000	253 (500)	405 (800)
5 000	354,7 (700)	608 (1 200)
6 000	405 (800)	608 (1 200)

TABLA VI.1 (250-95): Tamaño nominal mínimo de conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

310-15. Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V.

g) Factores de ajuste.

1.- Más de tres conductores portadores de corriente en un cable o canalización.

Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización sea mayor que tres, la capacidad de conducción de corriente se debe reducir con los factores que se indican en la Tabla 310-15(g).

Número de conductores portadores de corriente	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

TABLA VI.2 (310-15(g)): Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable.

j) Conductor de puesta a tierra o de empalme. Al aplicar lo establecido en 310-15(g), no se debe tener en cuenta el conductor de puesta a tierra o puente de unión empalmado a éste.

TABLA 310-16.- Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

mm ²	AWG o kcmil	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
		TIPOS TW* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT, USE	TIPOS MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW- LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2, USE-2 FEP*, FEPB*	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHW-2, XHHW*, XHHW-2, DRS
		Cobre			Aluminio		
0,824	18	---	---	14	---	---	---
1,31	16	---	---	18	---	---	---
2,08	14	20*	20*	25*	---	---	---
3,31	12	25*	25*	30*	---	---	---
5,26	10	30	35*	40*	---	---	---
8,37	8	40	50	55	---	---	---
13,3	6	55	65	75	40	50	60
21,2	4	70	85	95	55	65	75
26,7	3	85	100	110	65	75	85
33,6	2	95	115	130	75	90	100
42,4	1	110	130	150	85	100	115
53,5	1/0	125	150	170	100	120	135
67,4	2/0	145	175	195	115	135	150
85,0	3/0	165	200	225	130	155	175
107	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	190	230	255
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	355	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	310	375	420
380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	450
458	900	435	520	585	355	425	480
507	1 000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	520	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1010	2000	560	665	750	470	560	630

TABLA VI.3 (310-16): Capacidad de conducción de corriente.

Designación	Diámetro interior mm	Area interior total mm ²	Area disponible para conductores mm ²		
			Uno conductor fr = 53%	Dos conductores fr = 31%	Más de dos conductores fr = 40%
			16 (1/2)	15,8	196
21 (3/4)	20,9	344	181	106	137
27 (1)	26,6	557	294	172	222
35 (1-1/4)	35,1	965	513	299	387
41 (1-1/2)	40,9	1313	697	407	526
53 (2)	52,5	2165	1149	671	867
63 (2-1/2)	62,7	3089	1638	956	1236
78 (3)	77,9	4761	2523	1476	1904
91 (3-1/2)	90,1	6379	3385	1977	2555
103 (4)	102,3	8213	4349	2456	3282
129 (5)	128,2	12907	6440	4001	5163
155 (6)	154,1	18639	9879	5778	7456

TABLA VI.4 (10-4): Dimensiones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado y ligero y área disponible para los conductores.

TABLA 10-5. Dimensiones de los conductores aislados y cables de artefactos

Tipo	Tamaño o designación		Diámetro Aprox. mm	Area Aprox. mm ²
	mm ²	AWG		
	1,31	18	3,38	8,97
	2,08	14	3,78	11,1
SF-1, SFF-1	0,824	18	2,31	4,19
RPH-1, AF, XF, XFF	0,824	18	2,69	5,16
AF, TF, TFF, XF, XFF	1,31	18	3,00	7,03
AF, XF, XFF	2,08	14	3,38	8,97
Tipos: AF, RHH*, RHW*, RHW-2*, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF				
RHH*, RHW*, RHW-2*	2,08	14	4,14	13,5
AF, XF, XFF	3,31	12	4,82	16,8
RHH*, RHW*, RHW-2*	5,26	10	5,23	21,5
	8,37	8	6,76	35,9
TW,	2,08	14	3,38	8,97
THHW, THHW-LS	3,31	12	3,86	11,7
THW, THW-LS	5,8	10	4,47	15,7
THW-2	8,37	8	5,99	28,2
	13,3	6	7,72	46,8
	21,2	4	8,94	62,8
	26,7	3	9,65	73,2
	33,6	2	10,5	86,0
	42,4	1	12,5	123
	53,5	1/0	13,5	143
TW	67,4	2/0	14,7	169
THW	85,0	3/0	16,0	201
THW-LS	107	4/0	17,5	240
THHW	127	250	19,4	297
THHW-LS	152	300	20,8	341
THW-2	177	350	22,1	384
RHH*	203	400	23,3	427
RHW*	253	500	25,5	510
RHW-2*	304	600	28,3	628
	355	700	30,1	710
	380	750	30,9	752
	405	800	31,8	792
	456	900	33,4	875
	507	1 000	34,8	954

TABLA VI.5 (10-5): Área aproximada por conductor.

La tabla 10-4 es de vital importancia para el cálculo de la tubería, donde el uso se deriva haciendo el cálculo de las áreas aproximadas de los conductores que se desea pasar por la tubería. Una vez que se tiene el dato, se observa la columna “Más de dos conductores” y así obtenemos la designación de la tubería.

6.1.2. NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA (NOU)

Norma creada por la Universidad Nacional Autónoma de México con el objetivo de establecer una normalización de criterios y requisitos para la aceptación técnica de una propuesta de proyecto de una instalación eléctrica determinada, manteniendo el servicio, seguridad y eficiencia en el suministro y utilización de la energía eléctrica demandada por los usuarios, para cumplir con sus funciones de docencia, investigación y difusión del conocimiento y de la cultura.

La Norma Universitaria vigente complementa, adecua e interpreta las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-2005) a las particularidades de las instalaciones eléctricas universitarias sin detrimento a la seguridad de las instalaciones y de los usuarios, persiguiendo de manera importante la eficiencia en la disposición de los recursos, en la utilización y en el suministro de la energía eléctrica.

De acuerdo con el capítulo 2 de la norma, referente al alumbrado, los niveles de iluminación para alumbrado interior indicados en la tabla VI.6, debe servir de base para el diseño de la iluminación de los inmuebles que construye la U.N.A.M.

Local	Nivel en luxes
Aulas	400
Oficinas	600
Bibliotecas (sala de lectura)	500
Laboratorios	500
Sala de juntas	250
Salas de cómputo	250
Salas de dibujo	600
Salas de espera	200
Baños	150
Pasillos interiores	150
Pasillos exteriores	150
Cubículos	250
Escaleras	100

interiores	
Pasos a cubierto	60

TABLA VI.6: Niveles de iluminación de la Norma Oficial Universitaria¹²

La tabla VI.6 nos va ayudar a determinar el nivel de luxes requeridos para ciertas áreas que sean motivo de estudio puesto que se busca tener un confort visual que ayude a realizar las actividades lo mejor posible.

Los niveles de iluminación se deben lograr con factores de reflexión mínimos de:

- Plafones o techumbres 80%
- Pared arriba del plano de instalación 40%
- Pared región intermedia del cuarto 50%
- Pared abajo del plano de trabajo 10%
- Puertas 40%
- Ventanas 10%
- Piso 22%

Es importante conocer los factores de reflexión para determinar la existencia de deslumbramiento en el área y puesto de trabajo para así evitarlo.

Selección de las unidades de iluminación

Deberá hacerse, tomando en consideración los criterios técnicos y económicos más adecuados para dar solución a los problemas de iluminación planteados en el objetivo de la presente tesis (tipo de luminaria, eficacia luminosa, aspecto ornamental, características de instalación y montaje, costo inicial, costo de mantenimiento y consumo de energía eléctrica, en servicio normal o emergencia), donde se establecen los principales criterios técnicos:

¹² La variación permitida de estos valores es de un 10%

- 1) En alumbrado de interiores y para alturas hasta de 4 metros hay que utilizar alumbrado fluorescente. Las luminarias deben de tener las siguientes características:
 - Lámparas tipo T8 o T5, encendido rápido de 32W a 28W con temperatura de color correlacionada de 4100 °K.
 - Balastro tipo electrónico, con factor de potencia superior a 0.9, nivel de ruido A, con factor de balastro mayor a 0.88, THD máx. de 10%.
 - Bases del tipo pin (quedan prohibidas las bases de media vuelta).
 - Reflectores con una reflectancia mínima del 90%.
 - Difusores de acrílico, eficiencia mínima del 65%, con prismas de forma piramidal con una densidad de 25 a 64 por pulgada cuadrada y de 3 mm de espesor.
- 2) Para el caso específico de las salas de cómputo utilizar difusores del tipo parabólico acabado mate.
- 3) En recintos con alturas mayores de 4 metros, utilizar lámparas de aditivos metálicos para el alumbrado interior o cualquier otro de alta intensidad de descarga dependiendo de la actividad que se realice y de la iluminación requerida. Para este caso se debe prever e indicar el procedimiento de mantenimiento de los mismos.
- 4) La utilización de iluminación incandescente queda restringida; solamente se instalarán en áreas muy especiales y con autorización previa de la D.G.O.
- 5) Para iluminación de exteriores utilizar lámparas de aditivos metálicos cerámicos luz blanca de nueva generación, o cualquiera otra de mayor eficiencia.
- 6) Para casos especiales, monumentos históricos, fachadas, esculturas, etc., consultar a la D. G. O.

Es claro que lo anterior nos impone ciertos factores que para nuestro proyecto en particular no resultarían óptimos y válidos, como el caso de que en alumbrado de interiores y para alturas hasta de 4 metros hay que utilizar alumbrado fluorescente,

debido a que nuestra propuesta implementa los sistemas de inducción electromagnética. Otro aspecto es que la norma condiciona la potencia de las lámparas, donde tienen que ser forzosamente de 32 y 28 W respectivamente, donde para el caso de lámparas de inducción inductor externo no existe tal rango debido a que el rango de potencias más comunes en el mercado oscila entre los 40 y 300W como se señaló en el capítulo 5 de la presente.

Circuitos derivados

5.1.3 Los circuitos de fuerza deben estar separados y ser independientes de los circuitos de alumbrado.

5.1.7 Como máximo se permitirán 10 conductores en cada canalización y ésta no debe ser mayor a 25 mm de diámetro, para circuitos derivados.

5.1. 12 Se recomienda que la carga en los circuitos de alumbrado no se exceda de los 1,500 watts y para receptáculos 1,800 watts. Permittedose en casos extremos y especiales hasta 2,000 watts.

Métodos de instalación

12.2.2 El calibre de los conductores a utilizar para iluminación es el No. 12 AWG

12.2.6 Todas las luminarias deben estar conectadas al sistema de tierras.

6.1.3. NOM -025 STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Objetivo

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo.

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla VI.7.

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 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

TABLA VI.7: Niveles de iluminación en el área de trabajo de la NOM-025-STPS-2008

A continuación se tiene la tabla VI.8 para determinar cuántas mediciones hay que realizar en ciertas áreas, dando a conocer el índice de área, que nos ayuda a determinar el número de mediciones en una zona en específico.

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
$IC < 1$	4	6
$1 < IC < 2$	9	12
$2 < IC < 3$	16	20
$3 < IC$	25	30

TABLA VI.8: Relación entre el índice de área y el número de Zonas de Medición de la NOM-025-STPS-2008

6.1.4. NOM-007-ENER-2004, EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES

Objetivo:

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto:

- 1) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, 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.

- 2) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Especificaciones

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la tabla VI. 9.

Tipo de Edificio	DPEA (W/m²)
Oficinas	
Oficinas	14
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	16
Bibliotecas	16
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	20
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	17
Hoteles	
Hoteles	18
Moteles	22
Restaurantes	
Bares	16
Cafeterías y venta de comida rápida	19
Restaurantes	20

Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	13
Recreación y Cultura	
Salas de cine	17
Teatros	16
Centros de convenciones	15
Centros deportivos	16
Museos	17
Templos	24
Talleres de servicio	
Talleres de servicios para automóviles	16
Talleres	27
Carga y pasaje	
Centrales y terminales de transporte de carga	13
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	16

TABLA VI.9: Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).

6.2 ILUMINACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA

La iluminación como todos sabemos hoy en día no es un lujo, sino una necesidad, pero como todas las necesidades, se tienen costos y estos suelen ser muy elevados cuando se tiene que iluminar recintos tan grandes como en este caso la Facultad de Ingeniería, la cual cuenta con aulas de aprendizaje (salones), biblioteca, laboratorios, baños y pasillos.

Como todos sabemos, las tecnologías avanzan por dar comodidad y facilidad a la vida de los humanos, en iluminación también se cuenta con tecnologías que obviamente no son las mismas que las de hace 50 años, y desde entonces se ilumina la Facultad de Ingeniería con lámparas fluorescentes T12, posteriormente salió la T8 y en la actualidad se tiene la T5, la cual brinda mayor tiempo de vida y en proporción se tiene mayor iluminación a menor consumo de energía que las dos anteriores. **Sin embargo nuestra**

propuesta en la presente tesis es optimizar tal ahorro de energía con la implementación del sistema de inducción electromagnética inductor externo.

En algunos sitios de la Facultad de Ingeniería ya se cuenta con lámparas fluorescentes T5, que han ayudado de manera significativa el ahorro de energía eléctrica, además se pretende hacer cumplir con la norma NOM-007, la cual indica un DPEA para cada espacio en específico.



FIGURA VI.1: Facultad de Ingeniería

Aunado a la propuesta de equipos de iluminación se presenta la planeación de actividades para llevar a cabo el reemplazo de los equipos actuales a los propuestos, así como la descripción del material eléctrico necesario y costos implicados con el objetivo de:

- Realizar una propuesta de ahorro de energía, reemplazando luminarias fluorescentes por de inducción electromagnética.
- Dar una iluminación eficiente, con el menor número de luminarias.
- Reducir los costos de mantenimiento.

Se escogió analizar la Facultad de Ingeniería, ya que es un recinto muy accesible y como universitarios, pretendemos aportar lo necesario para que la Universidad de alguna manera reduzca costos en el consumo de energía. Además cumple con la carga necesaria para aplicar la tarifa HM.

6.3 CASO BASE DEL ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE ILUMINACIÓN PARA EL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

6.3.1 ANÁLISIS GENERAL DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

6.3.1.1. LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO

Para poder cumplir los objetivos, el cual, el más importante es reducir el costo de consumo de energía, se hizo un análisis y una revisión, para la cual se analizó el caso base, para el cual se tienen los siguientes datos.

Sistema	No. De sistemas	Potencia total [W]
T12 – 2x75W	81	13,365
T12 – 2x55W	40	5,320
T12 – 2x40W	20	2,088
T8 – 2x59W	398	59,700
T8 – 2x32W	608	44,992
Circ – T9	19	665
MR – 16	4	200
Metal Halid	48	21,840

TABLA VI.10: Levantamiento eléctrico del Edificio Principal de Ingeniería (sistemas fluorescentes).

6.3.1.2 DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS

Para su análisis la delimitación se dividió en las siguientes zonas:

1. Biblioteca
2. Edificios
3. Pasillos
4. Talleres

Zona	Área [m ²]	Carga conectada [kW] caso base	DPEA [W/m ²]	Carga conectada [kW] propuesta	DPEA [W/m ²]
Biblioteca	1125.4	32.04	28.46	13.81	12.27
Edificios	6057.75	88.632	14.63	45.36	7.48
Pasillos	1420	5.476	3.85	12.15	8.556
Talleres	2140	20.562	9.608	22.29	10.41

TABLA VI.11: Delimitación de áreas del levantamiento eléctrico del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería.

Cabe señalar que la Norma Oficial Mexicana tiene valores de DPEA, como se ha señalado ya en la tabla VI.9 y que en la presente tesis haremos caso a dicha norma para la implementación de la propuesta, que puntualizan que en los edificios de escuelas y centros docentes están sujetos a valores de DPEA de 16 W/m².

6.3.2 ANÁLISIS ELÉCTRICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Se estimó principalmente la carga conectada, el consumo de energía y la demanda de los equipos que ya se encuentran instalados en las áreas estudiadas más otros parámetros que se encuentran en las hojas de cálculo correspondientes que mas adelante se mostrarán, así pues se pretende el hacer una propuesta que genere

decrementos tanto en la carga conectada y consumos diversos para así poder evaluar los ahorros si es que se llegan a conseguir.

Se comenzó por el ubicar la naturaleza tanto de los equipos de iluminación como las cargas de otros tipos que interactúan con ellos y contabilizarlos en los recintos considerados, con las referencias que se hacen a continuación:

Caso Base	Potencia de	# de	# de	Potencia	Potencia de	Factor	Potencia	Perdidas	Factor de	Eficiencia del	Corriente de	Carga	Carga
Ubicación de la Carga	Carga	Equipos por Recinto	Recintos	de Lámparas o Equipos [W]	lámparas o Equipos al 90% [W]	de Balastro [Adim]	de Línea [W]	del Balastro o Equipos al 90% [W]	Eficacia del Balastro B.E.F. [Adim]	Conjunto o Equipo [%]	Línea [A]	Conectada [kW]	Conectada en [%]
Biblioteca													
Sala de Consulta Planta Baja	T12 2'75[W]	64	1	142.5	128.25	0.95	165	36.75	0.57	77.73	1.41	10.560	23.266
	T12 2'55[W]	20	1	111.1	99.99	1.01	133	33.01	0.75	75.18	1.13	2.660	5.861
	T12 2'40[W]	17	1	68	61.2	0.85	72	10.8	1.18	85.00	0.62	1.224	2.697
Área libros 1	T12 2'75[W]	17	1	142.5	128.25	0.95	165	36.75	0.57	77.73	1.41	2.805	6.180
	T12 2'55[W]	20	1	111.1	99.99	1.01	133	33.01	0.75	75.18	1.13	2.660	5.861
	T12 2'40[W]	3	1	68	61.2	0.85	72	10.8	1.18	85.00	0.62	0.216	0.476
Sala de Consulta Planta Alta	T8 2'59 [W]	30	1	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.3	4.500	9.915
	T8 2'32 [W]	21	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.554	3.424
Área Libros 2	T8 2'59 [W]	8	1	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.3	1.200	2.644
	T8 2'32 [W]	27	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.998	4.402
E/S, Préstamo y Fotocopiado	T8 2'32[W]	2	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	0.148	0.327
	MR16 50[W]	4	1	50	45	1	50	5	2.00	90.00	0.42	0.200	0.441
	CircT9 32[W]	19	1	21.76	19.584	0.68	35	15.416	1.94	55.95	0.6	0.665	1.466
PC Tesis y Préstamo Inter.	150 [W]	3	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.450	0.992
Po's Préstamo	150[W]	2	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.300	0.661
Po's Consulta Libros	150[W]	6	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.900	1.983
Fotocopiadoras	1750[W]	3	1	1750	1575	*	1750	175	*	90.00	14.6	5.250	11.567
Contactos Área Consulta 1	180[W]	33	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	5.940	13.087
Contactos Área Consulta 2	180[W]	12	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	2.160	4.759
Total Biblioteca								544.744				45.390	100
Edificio A 3 Pisos													
Salones	T8 2'32 [W]	12	39	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	34.632	30.184
Pasillos	T8 2'32 [W]	10	3	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	2.220	1.935
Proyectoras	248 [W]	1	39	248	223.2	*	248	24.8	*	90.00	2.07	9.672	8.43
UPS	1440 [W]	1	39	1440	1296	*	1440	144	*	90.00	12.00	56.160	48.947
Contactos	180 [W]	1	39	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	7.020	6.119
Elevador	5.03[kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034	4.388
Total Edificio A								728.72				114.7376	100
Edificio C 4 pisos													
Salones (Alberca)	T8 2'59 [W]	10	20	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.30	30.000	38.612
Pasillos (Alberca)	T8 2'32 [W]	4	4	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.184	1.524
Proyectoras	248 [W]	1	20	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	2.07	4.960	6.384
Salones	T8 2'59 [W]	10	16	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.30	24.000	30.889
Pasillos	T8 2'32 [W]	7	4	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	2.072	2.667
Proyectoras	248 [W]	1	16	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	2.07	3.968	5.107
Contactos	180[W]	1	36	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	6.480	8.341
Elevador	5.03 [kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034	6.479
Total Edificio C								658.888				77.698	100
Edificio B													
Talleres Eleot. Term. y Mat.	HM400[W]	16	3	380	342	0.95	455	113	0.21	75.16	4.22	218.400	89.604
Cubiculos	T8 2'32[W]	2	8	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.29	73.95	0.65	11.840	4.858
Po's Cubiculos	150 [W]	3	3	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	13.500	5.539
Total edificio B								147.28				243.740	100

TABLA VI.12: Análisis Eléctrico del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería.

Solo se consideraron estas áreas ya que son donde el alumnado se encuentra más horas dentro del recinto y se decide analizar estos edificios de esta manera.

Es muy importante conocer la carga conectada, tanto para cada uno de los edificios como la total, para así tener un panorama más amplio del caso.

La potencia de las lámparas se establece a través de considerar el factor de balastro; por ejemplo en un sistema tipo T12 2x75 [W] se obtiene que las lámparas requieren $2x75x0.95=142.5$ [W], adicionalmente se hace la consideración crítica de variación de voltaje en la entrada del balastro del sistema; esto supone el subtensionarlas a un

90% para lo cual el valor de potencia de las lámparas obtenido decae hasta los 128.25 [W] en las lámparas. Las potencias de línea se obtienen directamente de los catálogos consultados, se procede a calcular la carga conectada a través de considerar adicionalmente el número de equipos por recinto y el número de recintos, obteniendo subtotales de carga conectada por los mismos, de las áreas y del inmueble en total; por ejemplo para el caso del sistema mencionado anteriormente en la biblioteca se obtiene un subtotal de carga conectada de 10.56 [kW]; también se calcula el porcentaje sobre la carga en cada edificio del equipo conectado en cuestión, que en el caso anterior es de 23.26% de los 45.49 [kW] para biblioteca. Los totales se resumen a continuación.

Recinto	Carga Conectada [kW]
Biblioteca	45.39
Edificio A	114.74
Edificio B	20.562
Edificio C	77.7
Total	258.388

TABLA VI.13: Carga total conectada de los edificios de la Facultad de Ingeniería.

Los factores de potencia de cada una de las cargas y sobre todo de los balastos, se han obtenido de catálogo, para este sistema mencionado es de 0.92, se puede calcular el factor de eficacia del balastro que es $B.E.F. = F. B. / W_{(Línea)} = 0.92/165 W = 0.57$;

También se obtiene un factor de potencia para todo el caso base, que es de 0.76; de su definición se tiene que dimensionar un transformador de la manera siguiente:

$$F.P.[p.u.] = (P [W]) / (S [VA]) ; S[kVA] = (258.388 [kVA]) / 0.76 = 339.9842 [kVA]$$

Comercialmente se establece en 350 [kVA]

Lo siguiente a evaluar son las horas de uso de los equipos, lo importante de este paso es determinar la energía consumida por cada uno de ellos y el total, se trata de caracterizar en un uso diario de Lunes a Viernes característico y uno de Sábado. Los días Domingo no se caracterizan ya que son inhábiles.

Particularmente se considera que:

En general la iluminación se encuentra encendida cuando no se utiliza ya que no se tiene el cuidado de apagarla, por una falta de cultura de ahorro de energía, y la conexión de los equipos no permite seccionar su encendido.

Además tanto para los sistemas T12 y T8, se ha observado que las fallas son muy frecuentes, haciendo que el mantenimiento sea considerablemente alto.



FIGURA VI.2: Biblioteca “Antonio Dovalí Jaime” de la Facultad de Ingeniería; sala de consulta planta baja.

Los proyectores de salones se encienden solo 45 de los 60 minutos, y no se utilizan los primeros 15 minutos de la hora.

Los elevadores de igual manera se consideran, solo que no se utilizan los últimos 15 minutos de la hora.

En el caso de los días Sábado; se suspende el servicio y la utilización a partir de las 15 horas.

Los contactos del área de consulta de la planta alta no se utilizan los días sábado, ya que se cierra, pero su iluminación se encuentra en operación, lo cual es una aberración; en

la propuesta se busca sacarla de servicio conectándola independientemente de los demás equipos.



FIGURA VI.3: Biblioteca “Antonio Dovalí Jaime” de la Facultad de Ingeniería; sala de consulta planta alta.

Se ha detectado que en los pasillos de los edificios la iluminación sigue encendida a pesar de que existe plena luz del día y esto sin duda es un consumo de energía totalmente innecesario que genera un gasto de energía eléctrica absurdo, motivo por el cual se le da la consideración en horas en las hojas de cálculo correspondientes, esta situación a pesar de que no pesa como la iluminación en salones si genera que el consumo y costo aumente.



FIGURA VI.4: Luminaria encendida en pasillo de la Facultad de Ingeniería a plena luz del día.

6.3.3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Detalladamente en la hoja de cálculo se consideran horas diarias, semanales, mensuales y anuales de utilización para estimar los consumos de manera rápida, pero se han calculado de una manera más aproximada.¹³

La demanda máxima se calcula con base a la carga conectada de los sistemas totales y la utilización en horas anuales de uso de los equipos contra las horas totales de utilización del inmueble, las cuales corresponde al factor de coincidencia de cada uno de los equipos y se muestra en la tabla VI.14.

Caso Base	Horas Día Lun- Vier [Hrs]	Horas Semana Lun-Vier [Hrs]	Horas Sábado [Hrs]	Horas Anuales de Uso de Equipo [Hrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [kWhrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [%]	F.P. [Adim]	Energía Reactiva Mensual [kVAR]	Energía Reactiva Mensual [%]	Factor de Coincidencia [Adim]	Demanda Máxima [kW]	Costo Mensual Promedio Por Energía [\$]	Costo Mensual por Demanda Facturable [\$]	Costo Mensual Promedio De Energía y Demanda [\$]
Biblioteca														
Sala de Consulta Planta Baja	14	70	7	3696	3252.480	24.90	0.92	1385.55	13.81	0.865	9.136	*	*	
	14	70	7	3696	819.280	6.27	0.92	349.01	3.48	0.865	2.301	*	*	
	14	70	7	3696	376.992	2.89	0.92	160.60	1.60	0.865	1.059	*	*	
Área libros 1	14	70	7	3696	863.940	6.61	0.92	368.04	3.67	0.865	2.427	*	*	
	14	70	7	3696	819.280	6.27	0.92	349.01	3.48	0.865	2.301	*	*	
	14	70	7	3696	66.528	0.51	0.92	28.34	0.28	0.865	0.187	*	*	
Sala de Consulta Planta Alta	14	70	7	3696	1386.000	10.61	0.98	281.44	2.81	0.865	3.893	*	*	
	14	70	7	3696	478.632	3.66	0.92	203.90	2.03	0.865	1.344	*	*	
Área Libros 2	14	70	7	3696	369.600	2.83	0.98	75.05	0.75	0.865	1.038	*	*	
	14	70	7	3696	615.384	4.71	0.92	262.15	2.61	0.865	1.729	*	*	
E/S, Préstamo y Fotocopiado	14	70	7	3696	45.584	0.35	0.92	19.42	0.19	0.865	0.128	*	*	
	14	70	7	3696	61.600	0.47	1	0.00	0.00	0.865	0.173	*	*	
	14	70	7	3696	204.820	1.57	0.85	126.94	1.27	0.865	0.575	*	*	
PC Tesis y Préstamo Inter.	14	70	7	3696	138.600	1.06	0.4	317.57	3.17	0.865	0.389	*	*	
Po's Préstamo	14	70	7	3696	92.400	0.71	0.4	211.71	2.11	0.865	0.260	*	*	
Po's Consulta Libros	14	70	7	3696	277.200	2.12	0.4	635.14	6.33	0.865	0.779	*	*	
Fotocopiadoras	14	70	7	3696	1617.000	12.38	0.5	2800.73	27.92	0.865	4.542	*	*	
Contactos Área Consulta 1	9	45	5	2400	188.000	3.10	0.54	1851.66	18.46	0.562	3.337	*	*	
Contactos Área Consulta 2	9	45	0	2160	388.800	2.98	0.54	606.00	6.04	0.506	1.092	*	*	
Total Biblioteca					13062.120	100		10032.26	100					
Edificio A 3 Pisos														
Salones	15	75	8	3984	11497.824	23.72	0.92	4898.05	7.80	0.933	32.297	*	*	
Pasillos	12	60	4	3072	568.320	1.17	0.92	242.10	0.39	0.719	1.596	*	*	
Proyectores	12	60	4.5	3096	2495.376	5.15	0.45	4952.09	7.89	0.725	7.009	*	*	
UPS	24	120	15	6480	30326.400	62.56	0.53	48522.11	77.27	1.517	85.187	*	*	
Contactos	15	75	6	3888	2274.480	4.69	0.54	3545.09	5.65	0.910	6.389	*	*	
Elevador	12	60	5.25	3132	1313.770	2.71	0.9	636.29	1.01	0.733	3.690	*	*	
Total Edificio A					48476.170	100		62795.73	100					
Edificio C 4 pisos														
Salones (Alberca)	15	75	8	3984	9960.000	40.69	0.98	2022.46	16.21	0.933	27.978	*	*	
Pasillos (Alberca)	12	60	4	3072	303.104	1.24	0.92	129.12	1.04	0.719	0.851	*	*	
Proyectores	12	60	4.5	3096	1279.680	5.23	0.45	2539.54	20.36	0.725	3.595	*	*	
Salones	15	75	8	3984	7968.000	32.55	0.98	1617.97	12.97	0.933	22.382	*	*	
Pasillos	12	60	4	3072	530.432	2.17	0.92	225.96	1.81	0.719	1.490	*	*	
Proyectores	12	60	4.5	3096	1023.744	4.18	0.45	2031.63	16.29	0.725	2.876	*	*	
Contactos	15	75	6	3888	2099.520	8.58	0.54	3272.39	26.23	0.910	5.898	*	*	
Elevador	12	60	5.25	3132	1313.770	5.37	0.9	636.29	5.10	0.733	3.690	*	*	
Total Edificio C					24478.250	100		12475.36	100					
Edificio B														
Talleres Elect. Term. y Mat.	7	35	3	1824	33196.8	83.02903	0.95	10911.26	55.2619	0.427	93.24944	*	*	
Cubículos	14	70	6	3648	3593.36	9.002415	0.92	1533.32	7.76576	0.854	10.11056	*	*	
Po's Cubículos	11	55	4	2832	3186	7.968554	0.4	7300.04	36.9723	0.663	8.949438	*	*	

TABLA VI.14: Consideración de Horas de uso. Demanda Máxima y Factor de Coincidencia.

¹³ VER MAS A DETALLE ANEXO IV: Análisis Eléctrico del Caso Base

También se observa que a través de considerar el factor de potencia y estimar aproximadamente de manera rápida el consumo de energía se puede obtener la energía reactiva.

Las horas totales de uso del inmueble se establecen de la siguiente manera:

Las horas a la semana son:

$$16 \text{ [Horas/ Día]} \times 5 \text{ [Día/Semana]} = 80 \text{ [Horas/Semana L- V]} + 9 \text{ [Horas/Día (Sábado)]}$$
$$= 89 \text{ [Horas /Semana]}$$

Las horas anuales son

$$89 \text{ [Horas /Semana]} \times 48 \text{ [Semanas Efectivas Anuales/Año]} = 4272 \text{ [Horas /Año]}$$

Horas mensuales totales

$$= 4272 \text{ [Horas /Año]} / 12 \text{ [Mes/ Año]} = 356 \text{ [Horas/Mes]}$$

Las horas de utilización de los equipos deben de estar por debajo de los dos últimos valores, dependiendo que tipo de cálculo, ya que no se utilizan los días Domingo ni las 24 horas del día, salvo los U.P.S. pero solo de Lunes a Viernes.

6.4. PROPUESTA DE SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA.

Como se ha mencionado antes, el objetivo de la presente tesis es dar a conocer una propuesta que sea factible para el ahorro de energía eléctrica en la Facultad de Ingeniería sustituyendo los sistemas fluorescentes que existen por los de inducción electromagnética.

Es importante destacar que la selección y determinación de los sistemas de inducción electromagnética se apegaron a lo estipulado por las diferentes normas, métodos y alcances económicos que pueden llevarse a cabo para la ejecución de dicho proyecto.

Debido a las necesidades que demanda la Facultad de Ingeniería, **llegamos a la conclusión que el sistema de inducción electromagnética inductor externo sustituye de manera satisfactoria a los existentes sistemas fluorescentes.** Con lo anterior ya

mencionado, se procedió a realizar un estudio de mercado, el cual al realizarlo tuvimos que lidiar con diversas circunstancias de carácter informativo, es decir, en el mercado de lámparas en México se desconoce dicho sistema (sistema de inducción electromagnética), se confunde con los sistemas fluorescentes o peor aun no se comercializan de manera importante por las principales compañías por diversas razones.



FIGURA VI.5: Presentaciones de los sistemas de inducción electromagnética inductor externo.

Durante la selección se procedió a investigar en diversas páginas de internet e ir a centros de distribución para conocer características técnicas y económicas del sistema, para así poder aterrizar nuestra propuesta y poder llevarla a cabo en dicha tesis.



FIGURA VI.6: Ejemplo de lámpara de inducción electromagnética inductor externo de 250 W.

Las lámparas de inducción que se proponen se presentan en un intervalo de potencias de 40 W a 250 W con sus respectivos valores de lúmenes que entregan dichas lámparas respectivamente.¹⁴

La selección de lámparas se apegó de acuerdo al cálculo de iluminación de interiores o mejor dicho por el “Método de Cavidad Zonal”, que es un método desarrollado por la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), con la finalidad de determinar los niveles de iluminación promedio proporcionados por las luminarias dentro de lugares cerrados¹⁵.

El número de luminarias determinadas para la sustitución de los sistemas fluorescentes por los de inducción electromagnética inductor externo en la Facultad de Ingeniería por la fórmula de lumen estándar y el método de cavidad zonal se presenta en la tabla VI.15, la cual nos puede mostrar un panorama más amplio del número de sistemas de inducción que se pretende implementar.

¹⁴ VER ANEXO VI: Datos técnicos de sistemas de inducción electromagnética

¹⁵ VER MAS A DETALLE EN ANEXO VII: Método de Cavidad Zonal

Sistema	No. De sistemas	Potencia total [W]
Externo 40W	370	14,800
Externo 70W	105	7,350
Externo 100W	360	36,000
Externo 120W	103	12,360
Externo 250W	87	21,750

TABLA VI.15: Número de sistemas de inducción propuestos para la Facultad de Ingeniería.

Además de la realización del cálculo de interiores por cavidad zonal y lumen estándar, el cálculo de las luminarias se apego a los valores de DPEA establecidos por la NOM-007-ENER-2004 que se muestran en la tabla VI.9 y se aprecia su calculo a detalle en el Anexo VIII.

Una de las ventajas que presenta la propuesta es el hecho de que solamente existiría una lámpara de inducción electromagnética por cada gabinete que se instala, a comparación de los sistemas fluorescentes que existen 2 lámparas fluorescentes (T12 ó T8) en lo general por cada gabinete, lo cual nos da a conocer que el mantenimiento de las luminarias de inducción es mucho menor que el de los sistemas fluorescentes además de otras características ya mencionadas con anterioridad.

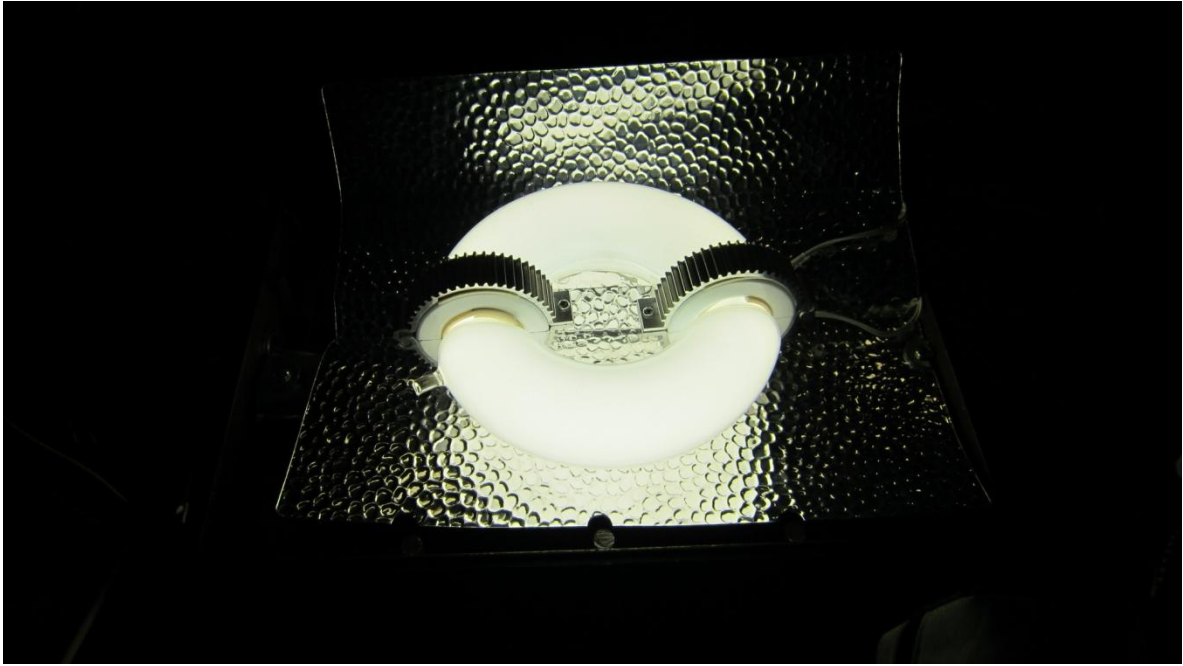


FIGURA VI.7: Lámpara de inducción electromagnética inductor externo en funcionamiento

Como complemento de lo mencionado, a continuación en las tablas VI.16 y VI.17 se muestra con toda claridad los sistemas que se encuentran en funcionamiento y los propuestos respectivamente para cada una de las áreas que componen la Facultad de Ingeniería.

Biblioteca	Sistema	Cantidad de Sistemas	Watts de lámpara[W]	Tensión	Horas de vida	Base	Longitud[In]	LARGO ó MOL[ft]	DIAMETRO/DIAL[Cm]	LUMENES		K	CRI	Tipo de Encendido
										Inicial	Mean			
Sala de consulta planta baja	T12-2X75	64	75	120	12,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	3.81	4,600.00	4,050.00	5,000.00	90	Instantáneo
	T12-2X55	20	55	120	12,000.00	Single Pin (Fa8)	72	6	3.81	3,800.00	3,500.00	6,500.00	75	Instantáneo
	T12-2X40	17	40	120	20,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	3.81	3,200.00	2,860.00	5,000.00	80	Rápido
Área Libros 1	T12-2x75	17	75	120	12,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	3.81	4,600.00	4,050.00	5,000.00	90	Instantáneo
	T12-2X55	20	55	120	12,000.00	Single Pin (Fa8)	72	6	3.81	3,800.00	3,500.00	6,500.00	75	Instantáneo
	T12-2X40	3	40	120	20,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	3.81	3,200.00	2,860.00	5,000.00	80	Rápido
Sala de Consulta Planta Alta	T8-2X59	30	59	120	15,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	2.54	5,950.00	5,650.00	5,000.00	86	Instantáneo
	T8-2X32	21	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Área Libros 2	T8-2X59	8	59	120	15,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	2.54	5,950.00	5,650.00	5,000.00	86	Instantáneo
	T8-2X32	27	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Entrada, Salida, Préstamo y Fotocopiado	T8-2X32	2	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
	MR16	4	50	120	6,000.00	GU10	*	2.13	*	*	*	2,750.00	*	*
EDIFICIOS	Circ T9	19	32	120	12,000.00	4Pin (G10q)	*	*	2.8575	925.00	690.00	6,500.00	75	Rápido
Salones Edificio C (Alberca)	T8-2X59	200	59	120	15,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	2.54	5,950.00	5,650.00	5,000.00	78	Instantáneo
Pasillo Edificio C (Alberca)	T8-2X32	16	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Salones Edificio C	T8-2X59	160	59	120	15,000.00	Single Pin (Fa8)	96	8	2.54	5,950.00	5,650.00	5,000.00	78	Instantáneo
Pasillo Edificio C	T8-2X32	28	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Salones Edificio A(Dirección)	T8-2X32	468	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Pasillo Edificio A	T8-2X32	30	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Talleres														
Laboratorio Eléctrica	Metal Halid	4	400	120	15,000.00	E39	*	8.25	*	*	17,100.00	3,000.00	70	*
	T8-2X32	8	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Laboratorio Mecánica	Metal Halid	4	400	120	15,000.00	E39	*	8.25	*	*	17,100.00	3,000.00	70	*
	T8-2X32	4	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido
Laboratorio Materiales	Metal Halid	4	400	120	15,000.00	E39	*	8.25	*	*	17,100.00	3,000.00	70	*
	T8-2X32	4	32	120	24,000.00	Medium BiPin (G13)	48	4	2.54	2,750.00	2,610.00	5,000.00	78	Rápido

TABLA VI.16: Sistemas de iluminación existentes en la Facultad de Ingeniería (Caso Base)

Biblioteca	Sistema	Cantidad de Sistemas	Watts de lámpara[W]	Tensión	Horas de vida	Frecuencia (KHz)	Longitud[In]	LARGO ó MOL[ft]	DIAMETRO [In]	LUMENES		K	CRI
										Inicial	Mean		
Sala de consulta planta baja	Inductor Externo	38	120	120	100,000.00	250	16.46	1.36	2.13	9,600.00	8,900.00	5,000.00	88
Área Libros 1	Inductor Externo	24	120	120	100,000.00	250	16.46	1.36	2.13	9,600.00	8,900.00	5,000.00	88
Sala de Consulta Planta Alta	Inductor Externo	10	100	120	100,000.00	250	12.91	1.071	2.13	8,000.00	7,800.00	5,000.00	88
Área Libros 2	Inductor Externo	24	120	120	100,000.00	250	16.46	1.36	2.13	9,600.00	8,900.00	5,000.00	88
Entrada, Salida, Préstamo y Fotocopiado	Inductor Externo	7	120	120	100,000.00	250	16.46	1.36	2.13	9,600.00	8,900.00	5,000.00	88
EDIFICIOS													
Salones Edificio C (Alberca)	Inductor Externo	10	100	120	100,000.00	250	12.91	1.071	2.13	8,000.00	7,800.00	5,000.00	88
Pasillo Edificio C (Alberca)	Inductor Externo	11	40	120	100,000.00	250	12.91	1.071	1.5	2,800.00	2,500.00	5,000.00	88
Salones Edificio C	Inductor Externo	10	100	120	100,000.00	250	12.91	1.071	2.13	8,000.00	7,800.00	5,000.00	88
Pasillo Edificio C	Inductor Externo	11	40	120	100,000.00	250	12.91	1.071	1.5	2,800.00	2,500.00	5,000.00	88
Salones Edificio A(Dirección)	Inductor Externo	6	40	120	100,000.00	250	12.91	1.071	1.5	2,800.00	2,500.00	5,000.00	88
Pasillo Edificio A	Inductor Externo	35	70	120	100,000.00	250	12.91	1.071	2.13	5,250.00	5,000.00	5,000.00	88
Talleres													
Laboratorio Eléctrica	Inductor Externo	29	250	120	100,000.00	250	17.17	1.42	2.28	21,250.00	20,000.00	5,000.00	88
Laboratorio Mecánica	Inductor Externo	31	250	120	100,000.00	250	17.17	1.42	2.28	21,250.00	20,000.00	5,000.00	88
Laboratorio Materiales	Inductor Externo	31	250	120	100,000.00	250	17.17	1.42	2.28	21,250.00	20,000.00	5,000.00	88

TABLA VI.17: Sistemas de iluminación propuestos para la Facultad de Ingeniería (Caso Propuesta)

6.5. PERFIL DE CARGA Y TARIFAS ELÉCTRICAS

Se elabora para dar un estimado de consumo más cercano al real, se trata de simular los instrumentos de medición que en la realidad se utilizan para medir energía y demanda. Así al aplicar la tarifa eléctrica correspondiente para el caso tipo H-M se sabe cuánto corresponde en factura a pagar por el cliente.

Para términos de medición se establecen tres periodos de tiempo que son Base, Intermedio y Punta, y se asigna un cargo para cada uno de ellos en energía y uno en demanda, se hace un promedio de los tres últimos meses para el cálculo teniendo lo siguiente:

Tarifa H-M Agosto 2012				
Región	Cargo por kilowatt de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de
	demanda facturable	base	intermedia	punta
Central	\$180.58	1.0451	1.2503	2.0960
Tarifa H-M Septiembre 2012				
Región	Cargo por kilowatt de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de
	demanda facturable	base	intermedia	punta
Central	\$178.67	\$0.9939	\$1.1890	\$2.0369
Tarifa H-M Octubre 2012				
Región	Cargo por kilowatt de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de	Cargo por kilowatt - hora de energía de
	demanda facturable	base	intermedia	punta
Central	\$177.96	\$0.9641	\$1.1533	\$2.0043
Promedio	\$179.07	\$1.0010	\$1.1975	\$2.0457

Horarios de los Periodos

Lunes a Viernes

Base	Intermedio	Punta
00:00 a	06:00 a	18:00 a
	18:00 y	22:00 a
06:00	24:00	22:00

Sabado

Base	Intermedio	Punta
00:00 a	08:00 a	19:00 a
	19:00 y	21:00 a
08:00	24:00	21:00

Prom Energys

TABLA VI.18: Tarifa H-M. Cargos para energía y demanda, periodos y horarios de medición.

A través de la carga conectada de cada uno de los equipos se asocian con un tiempo de utilización, se ha armado una matriz de datos, al final se grafican [kW] contra tiempo y se aprecia que la utilización varia lo largo del día tomando en consideración los horarios de los periodos (Base, Intermedio y Punta).

En este caso claramente se aprecia en el perfil de carga caracterizado para Sábado que no existe utilización después de las 15:00 horas. Se caracteriza con colores las matrices de datos para apreciar los de datos de los periodos de consumo Base,

Intermedio y Punta, se hace una suma de los kWhrs en cada lapso de 15 minutos, que es como miden en la realidad los instrumentos, y se multiplica por este periodo de tiempo para conocer la energía consumida ya que 15min= 0.25 horas, para establecer los valores de demanda, en cada periodo se obtienen los máximos para Base, Intermedio y Punta, esto se hace con los dos perfiles caracterizados, uno para utilización diaria y otro para Sábado, en caso de energía se suman los valores de ambos y en el caso de demanda se toma en cuenta el valor máximo de ambos.¹⁶ Teniendo los resultados totales se procede a calcular los costos de energía y demanda mensuales, que son tres para energía tanto Base, Intermedia y Punta, de multiplicar los kWhrs de cada caso con su respectivo cargo de Base, Intermedia y Punta, esto no representa gran problema, para la demanda facturable si hay que seguir el cálculo¹⁷.

La demanda facturable es definida por la relación de demandas en los diferentes periodos horarios (Base, Intermedia y Punta) para las tarifas H-M, H-S, H-T, H-SL, y H-TL en las Regiones de Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur, se calcula con el manejo de la siguiente expresión:

$$Df = Dp + FRI \max(Di - Dp, 0) + FRB \max(Db - Dpi, 0) \dots 1$$

Pudiéndose escribir también de esta manera:

$$Df = Dp + FRI \max(Di - Dp, 0) + FRb \max[Db - \max(Dp, Di), 0] \dots 2$$

Siendo: $Dpi = \max(Dp, Di)$

donde:

Dp es la demanda máxima medida en el periodo de punta

Di es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

Db es la demanda máxima medida en el periodo de base

Dpi es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

¹⁶ VER ANEXO IX: Perfiles de carga diaria y sabatino de Caso Base.

¹⁷ VER ANEXO X: Perfil de carga mensual de Caso Base y Propuesta.

FRI y **FRB** son factores de reducción, dependen de la región tarifaria

Los datos para el caso Base fueron los siguientes:

Cálculo de Energía			Cálculo de Demanda				
		kWHoras			kW	kW	
Energía L-V	Base	1684.8	Demanda Diario	DB diario	56.16	DB	423
	Intermedio	4460.275		DI diario	473.466	DI	480
	Punta	9169.2675		DP diario	258.388	DP	259
Energía Sabado	Base	808.629	Demanda Sabado	DB sab	422.676		
	Intermedio	2039.308		DI sab	479.406		
	Punta	0		DP sab	0		
Energía Semanal	Base	2493.429					
	Intermedio	6499.583					
	Punta	9169.2675					
Energía Mensual	Base	9973.716					
	Intermedio	25998.332					
	Punta	36677.07					

TABLA VI.19: Datos caso Base.

Se han obtenido (cuadro Rosa) $D_b=423$ $D_i=480$ $D_p=259$ todos en kiloWatts [kW]

$$D_{\text{facturable}} = D_p + \text{FRi} \max(D_i - D_p, 0) + \text{FRB} \max(D_b - D_p, 0)$$

Tomando el primer término y sustituyendo:

$$\text{Para } \text{FRi} \max(D_i - D_p, 0) = 0.3 \times \max(480 - 259, 0) = 0.3 (221)$$

$$\text{Entonces } \text{FRi} \max(D_i - D_p, 0) = 66.3$$

Tomando el segundo término y sustituyendo:

$$\text{FRB} \max[D_b - \max(D_p, D_i), 0] = 0.15 \times \max[423 - (\max(480, 259), 0)]$$

$$= 0.15 \times \max[423 - 480, 0] = 0$$

Por lo tanto mi Demanda Facturable es:

$$D_{\text{facturable}} = 259 + 66.3 + 0 = 326 \text{ [kW]}^{18}$$

El Cargo por Demanda facturable será de \$179.07 [NMX] por [kW] del promedio de los tres últimos meses

$$\text{COSTO POR DEMANDA FACTURABLE} = 326[\text{kW}] * \$179.07 [\text{NMX/kW}] =$$

¹⁸ Se toma el valor inmediato Superior (Redondeado); ya que se cobran kW completos, no fracciones.

\$ 58,376.82 [NMX]

Por Concepto de energía se han obtenido \$ 116,149.40 [NMX]

Energía+ Demanda [\$] = \$174,526.22 [NMX]

El costo mínimo por Demanda Contratada aplica en un 10% de la Demanda contratada. Se establece que de los 350 [kW] contratados serán 50 [kW]* \$179.07 [NMX/kW] = \$ 8,953.5 [NMX]

En este caso se cobra una penalización por Bajo Factor de Potencia, ya que el obtenido es menor a 0.9

El porcentaje se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Penalización por Bajo Factor de Potencia [\%]} = \left[\frac{3}{5} \left(\frac{0.9}{F.P} - 1 \right) \right] * 100$$

$$\text{Sustituyendo: } \left[\frac{3}{5} \left(\frac{0.9}{0.7681} - 1 \right) \right] * 100 = 10.3\%$$

En este caso es muy bajo, pero causa penalización, la cual es equivalente al multiplicar el resultado anterior por el costo de energía+demanda.

Por lo tanto el cargo de Penalización por Bajo Factor de Potencia es:

$$\left(\frac{10.306}{100} \right) * \$ 174,526.22 \text{ [NMX]} = \$ 17,986.67$$

El Derecho por alumbrado público va de un 0 al 10%, considerándolo del 3% por lo tanto:

$$\left(\frac{3}{100} \right) * \$174,526.22 \text{ [NMX]} = \$ 5,235.78 \text{ [NMX]}$$

El cargo por medición en Baja tensión puede aplicar ya que se cuenta con subestación y las pérdidas en el transformador aproximadamente se estiman en un 2%, considerándolo:

$$\left(\frac{2}{100} \right) * \$174,526.22 \text{ [NMX]} = \$ 3,490.52 \text{ [NMX]}$$

El Subtotal mensual de la suma de todos estos cargos es de:

Subtotal Mensual

$$\begin{aligned} & \$174,526.22 \text{ [NMX]} + \$17,986.67 \text{ [NMX]} + \$5,235.78 \text{ [NMX]} + \$8,953.5 \text{ [NMX]} + \$ \\ & 3,490.52 \text{ [NMX]} = \$210,192.2 \end{aligned}$$

Total Mensual de Factura Eléctrica (incluyendo el I.V.A)

$$\$210,192.2 \text{ [NMX]} * (1.16) = \$243,823.52 \text{ [NMX]}$$

Se hace un análisis muy similar para la propuesta ahorradora, teniendo un total en factura de \$ 197,614.3 [NMX]¹⁹

$$\text{Ahorro en pago de energía mensual [\$] [NMX]} = \$243,823.52 \text{ [NMX]} - \$197,614.3 \text{ [NMX]} = \$46,208.65$$

Al año se dejan de pagar \$554,503.76 [NMX], la cual es una cantidad nada despreciable que se puede utilizar para otros propósitos.²⁰

6.6. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PRESENTES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR LOS SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.

Con los conceptos vistos hasta este momento, de acuerdo con el análisis técnico y económico del Caso Base (Sistemas presentes en la Facultad de Ingeniería) y de realizar de manera similar el mismo análisis técnico en el Caso Propuesta (Sistemas de Inducción Electromagnética) para poder aterrizar de manera fidedigna y ecuánime dicha propuesta y que no existan diferencias cualitativas y cuantitativas que beneficien a ninguno de los dos casos, se procede a determinar si la propuesta de reemplazar los sistemas existentes en dicha Facultad es factible, esto quiere decir si es posible poder implementar en un futuro cercano dicha propuesta por ser viable y permisible.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se pretende determinar si dicha propuesta tiene un costo-beneficio a corto o mediano plazo, lo que nos llevar a pensar que es una

¹⁹ VER ANEXO V: Análisis de Caso Propuesta

²⁰ Valores obtenidos redondeados al inmediato superior.

propuesta sumamente atractiva para llevarla a cabo, sin en cambio el hecho de que sea a un beneficio a largo plazo nos llevaría a pensar que es una propuesta poco atractiva.

El análisis económico se llevo a cabo partiendo de los datos obtenidos a través de los análisis del Caso Base y Propuesta (ANEXO IV y V respectivamente) además de los perfiles de carga mensuales (ANEXO X) que se derivaron de los perfiles de carga diaria y sabatino de ambos casos (ANEXO IX).

Los datos obtenidos del costo mensual por promedio de Energía y Demanda se mostraron en el punto 6.5 (Perfil de Carga y Tarifas Eléctricas), tanto del Caso Base como el Caso Propuesta, pero que se concentran de manera más resumida en la tabla VI.20.

Análisis	Cargo Mínimo Por Demanda Contratada.	Porcentaje de Penalización [%]	Costo Mensual por BFP [\$]	Cargo por Derecho de Alumbrado Público al 3% [\$]	Cargo por Medición en Baja Tensión [\$]	Costo Mensual Promedio De Energía y Demanda [\$]	Subtotal Mensual [\$]	Total Iva Incluido [\$]
Caso Base	\$8,953.50	10.306	\$17,986.17	\$5,235.79	\$3,490.52	\$174,526.22	\$210,192.20	\$243,822.95
Caso Propuesta	\$7,968.62	21.386	\$27,477.83	\$3,854.59	\$2,569.73	\$128,486.39	\$170,357.16	\$197,614.30

TABLA VI.20: Datos del Costo Mensual Promedio de Energía y Demanda (Caso Base y Propuesta)

Los datos mostrados nos presentan un panorama general de lo que se gasta mensualmente en la Facultad de Ingeniería en ambos casos, donde el Caso Propuesta muestra reemplazando a los sistemas existentes en la Facultad de acuerdo a la tabla VI.17

Otro punto importante que se tiene que tomar en consideración para poder realizar un análisis económico correcto y así poder aterrizar un proyecto de manera convincente es el costo de mantenimiento el cual es muy importante para la presente tesis, ya que los sistemas fluorescentes presentan un costo de mantenimiento mucho mayor a los sistemas de inducción electromagnética debido a su vida útil.

Es por ello que se ha tomado en cuenta aspectos como el número de lámparas reemplazadas y costo de mano de obra en un determinado periodo de tiempo, lo que nos lleva a tener un análisis mucho más preciso y así de esta manera podemos llegar a una conclusión si nuestro proyecto es sustentable.

Para poder determinar el costo de mantenimiento nos hemos apegado al procedimiento de estudio y que se puede ver de manera explícita en el ANEXO XI el cual se refiere al estudio del sistema fluorescente encendido instantáneo de T12-2x75 [W]. El procedimiento se ha realizado de manera formulada para cada uno de los sistemas presentes en la Facultad así como para cada uno de los sistemas de inducción electromagnética propuesta para reemplazar dichos sistemas presentes en el mismo recinto.²¹ Los valores totales se muestran a continuación en la tabla VI.21 y VI.22 de cada uno de los casos respectivamente.

CASO BASE			
ÁREAS DE TRABAJO	Costo Equipo Reemplazado Anual	Costo de Mano de Obra Anual	Costo Mantenimiento Anual
BIBLIOTECA	\$33,261.44	\$14,671.58	\$47,933.16
EDIFICIO A	\$52,932.99	\$24,492.39	\$77,425.25
EDIFICIO C	\$79,649.38	\$23,833.66	\$103,482.90
EDIFICIO B	\$5,090.12	\$1,404.46	\$6,494.58
TOTAL	\$170,933.92	\$64,402.09	\$235,335.89

TABLA VI.21: Costo de mantenimiento anual del Caso Base [NMX/año]

CASO PROPUESTA INDUCCION			
ÁREAS DE TRABAJO	Costo Equipo Reemplazado Anual	Costo de Mano de Obra Anual	Costo de Mantenimiento Anual
BIBLIOTECA	\$7,218.29	\$440.87	\$7,659.16
EDIFICIO A	\$19,124.05	\$1,476.16	\$20,600.34
EDIFICIO C	\$30,164.80	\$1,929.82	\$32,094.62
EDIFICIO B	\$4,417.67	\$250.02	\$4,667.83
TOTALES	\$60,924.81	\$4,096.87	\$65,021.95

TABLA VI.22: Costo de mantenimiento anual del Caso Propuesta [NMX/año]

Una de las cuestiones que es importante aclarar en este análisis es el precio de las lámparas, tanto las lámparas que hay en el Caso Base como el de la Propuesta (lámparas de inducción), pues tiende a impactar de manera indirecta el costo de mantenimiento anual de ambos casos. Es por ello que se realizó un estudio de mercado tanto de las

²¹ VER ANEXO XII: Cálculo de costo de mantenimiento

lámparas fluorescentes, haluros metálicos y de inducción electromagnética, donde se procedió a investigar los precios de cada uno de los sistemas en centros de distribución y en diversas páginas de internet. Es preciso mencionar que la variedad de marcas existentes en el mercado, lo que implica que exista una gran variedad de precios además de la calidad, haga difícil precisar el precio de un determinado sistema de iluminación, por lo que se procedió a realizar un promedio general de los costos y así poder sacar un estimado de cuanto cuesta cada luminaria ya sea fluorescente o de inducción electromagnética.²²

Dicho lo anterior es conveniente saber si es sustentable el proyecto de sustituir las luminarias existentes en la Facultad por las de inducción electromagnética, lo cual sólo nos lleva a analizar el beneficio-costo que es una razón que indica el retorno de dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Por definición, resulta de dividir el ingreso bruto entre el costo total cuando la relación es igual a 1, esto quiere decir que el consumidor no gana ni pierde al realizar el cambio tecnológico. Una relación mayor indica ganancia y menores a 1 indican pérdida.

Una vez que ya conocemos todos los factores que generan un costo, procedemos a ver la viabilidad del proyecto teniendo en la tabla VI.23 los costos totales de cada uno de los casos (Caso Base y Propuesta).

	TOTALES DE ANALISIS	
COSTOS	CASO BASE (Sistemas Presentes en la Facultad)	CASO PROPUESTA (Sistemas Inducción)
*Costos en [NM\$]		
Costo de Energía en Período Base	\$9,984.02	\$9,533.28
Costo de Energía en Período Intermedia	\$31,133.87	\$23,823.42
Costo de energía en período de Punta	\$75,031.50	\$50,541.26
Total Costo de Energía Mensual	\$116,149.40	\$83,897.96
Costo Mensual Promedio por Demanda Facturable	\$58,376.82	\$44,588.43
Cargo Mensual Promedio por Demanda y Energía	\$174,526.22	\$128,486.39
Cargo Mínimo Por Demanda Contratada.	\$8,953.50	\$7,968.62
Costo Mensual por BFP	\$17,986.17	\$27,477.83
Cargo por Derecho de Alumbrado Público al 3%	\$5,235.79	\$3,854.59
Cargo por Medición en Baja Tensión	\$3,490.52	\$2,569.73
Subtotal Mensual	\$210,192.20	\$170,357.16
Total Iva Incluido	\$243,822.95	\$197,614.31
Costo Equipo Reemplazado Mensual	\$14,244.49	\$5,077.06
Costo de Mano de Obra Mensual	\$5,366.84	\$341.41
Costo Mantenimiento Mensual	\$19,611.32	\$5,418.50
Costo Total IVA Incluido Mensual + Costo Mantenimiento	\$263,434.28	\$203,032.80
Costo Anual	\$3,161,211.30	\$2,436,393.62
Diferencial o Ahorro de Energía		\$724,817.68

TABLA VI.23: Costos totales de los Casos Base y Propuesta.

²² VER ANEXO XIII: Costo sugerido promedio de luminarias de Caso Base y Propuesta

Como se puede ver claramente el Caso Propuesta genera un ahorro de energía considerable de llevarse a cabo y esto se demuestra en el ahorro económico anual de \$724,817.68 [NMX], en la inteligencia de tomar en cuenta todos los costos desglosados en la tabla VI.23. Sin embargo tenemos que considerar el valor del dinero en el tiempo, para ello vamos a recurrir a una sencilla ecuación:

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

Dónde:

F=Valor futuro

P=Valor presente

i = Tasa de interés

n= Número de años

Si colocamos nuestro ahorro en la fórmula para determinar la proyección a futuro quedaría de la siguiente manera:

$$F = 724,817.68 (1 + 0.05)^1 = 761,058.564$$

Para los años posteriores sólo se ve modificado el coeficiente n, que es el año a evaluar para tener las proyecciones en el año a evaluar. El valor de la tasa de interés se obtuvo a partir de comparar el precio de la energía del 2009, 2010 y 2011, de esta manera observamos una tendencia lineal del 5% por cada año.

Para poder concluir que nuestro proyecto se puede llevar a cabo es preciso considerar la inversión inicial, esto es la compra total de todos los sistemas de inducción electromagnética más la mano de obra y así poder concluir si el costo-beneficio es positivo.²³

La inversión inicial sería de \$2,433,768.725 [NMX], si en el presente año se llevará a cabo el proyecto, aunque si se llevará a cabo el próximo año tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo sería de \$2,555,457.16125 [NMX].

²³ VER ANEXO XIV: Inversión Inicial de Propuesta

Si analizamos el caso para el presente año tendríamos que ver a cuantos años se recuperaría nuestra inversión inicial lo cual tendremos que considerar el ahorro anual de implementarse el proyecto y nuestra inversión inicial, resultando lo siguiente:

$$\text{No. Años} = \frac{\text{Inversión Inicial de la Propuesta}}{\text{Ahorro Económico Anual}} = \frac{\$2,433,768.725 \text{ [NMX]}}{\$724,817.68 \text{ [NMX]}} = 3.357$$

Al ver el número de años en que se recupera nuestra inversión inicial podemos concluir que el proyecto es totalmente sustentable, ya que después de los 3 años y medio con toda seguridad se tendría un costo-beneficio totalmente positivo, ahorrando una suma de dinero nada despreciable al año donde además es preciso resaltar que la mayoría de los distribuidores de lámparas de inducción electromagnética dan una garantía de 5 años, lo que sin duda es muy atractivo para el consumidor.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las acciones para ahorrar energía eléctrica en edificios se justifican plenamente a través de los beneficios recibidos por el usuario (Facultad de Ingeniería), la compañía suministradora (Comisión Federal de Electricidad) y el país en conjunto. El ahorro potencial por concepto de iluminación es en general muy grande, sin embargo debe de tenerse especial cuidado al emprender acciones para ahorrar energía en iluminación. Debe entenderse que de acuerdo con la filosofía de ahorro y uso eficiente de la energía, se puede considerar ahorro exclusivamente aquella disminución en el consumo que no impacte la calidad de vida del usuario. Es de suma importancia tomar en cuenta que el sistema de iluminación interactúa constantemente con la vida diaria de los usuarios en la Facultad de Ingeniería, donde aunado a lo mencionado es parte fundamental de un conjunto de equipos eléctricos dentro de un sistema de distribución, por lo que cualquier modificación al 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.

Para determinar la calidad de vida o de las actividades por concepto de iluminación se requiere de un cuidadoso análisis de las condiciones existentes, de las recomendadas institucional, normativa y las propuestas para el ahorro de energía. Esto aplica la aplicación de conceptos y criterios especializados en luminotecnia. El equipo y los métodos de medición en campo y laboratorio deben de ser también los aprobados por la normatividad nacional e internacional, con el objeto de que las lecturas obtenidas sean confiables y reproducibles.

En cuestión de iluminación la normatividad en México no prohíbe el uso de las lámparas de inducción electromagnética en lugares cerrados y abiertos como en la vía pública, por lo que es justificable su uso en cualquier ámbito. El uso de nuevas tecnologías ofrece diversos beneficios tanto en el nivel de iluminación, el confort visual así como en la disminución del consumo de la energía eléctrica y esto lo ofrece de manera atractiva los sistemas de inducción electromagnética.

En nuestro caso en particular, ofrecemos a la Facultad de Ingeniería una propuesta técnica y económica que está sustentada por las Normas Oficiales Mexicanas lo cual trae consigo rangos mínimos de seguridad.

Al emplear equipos como los sistemas de inducción electromagnética, logramos optimizar los niveles de iluminación en cada una de las áreas que conforman a la Facultad de Ingeniería, gracias a esto obtenemos un ahorro de carga instalada de 52.38 kW equivalente al 20.27%. El beneficio económico anual es de \$724,817.68 [NMX], lo que representa una disminución de 22.92% del costo que actualmente se hace en la Facultad.

Estos ahorros se podrán utilizar para pagar el costo de la inversión inicial, que de acuerdo a lo analizado en el capítulo 6 se podría recuperar en un plazo menor a los 3 años y medio, inversión que es muy atractiva al pensar que la mayoría de los proveedores ofrece una garantía de al menos 5 años en la compra de los sistemas de inducción electromagnética. Además la Facultad de Ingeniería contará con instalaciones modernas y con equipos con vida útil de al menos 14 años de vida, con un mantenimiento totalmente mínimo y una calidad de iluminación superior.

ANEXOS

ANEXO I

CÁLCULOS DE AHORRO DE ENERGÉTICO Y ECONÓMICO USANDO DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE LÁMPARAS CÓMUNES EN EL MERCADO

COMPARACIÓN ENTRE LÁMPARAS INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES

LÁMPARAS INCANDESCENTES DE 100 W – FLUORESCENTES 23W

Las lámparas incandescentes convencionales de 100W, habitualmente de uso residencial, actualmente son reemplazadas por lámparas fluorescentes compactas Osram de 23W , o cualquier otra marca de lámparas, puesto que el flujo luminoso que ofrece es el que mas se aproxima al de la lámpara incandescente; consecuentemente, el ahorro obtenido por el uso de LFCs Osram sería de un 77%.

Lámpara	Watts	Lúmenes	Horas Vida	lm/W	Consumo Anual de Energía (KWh)	Ahorro % (respecto lámpara incandescente)
Lámpara incandescente Osram	100	1560	1000	15.6	146	0
LFC Osram	23	1400	6000	60.9	33.6	77
LFC Westinghouse	23	1380	6000	60	33.6	77
LFC Westinghouse	20	1200	6000	60	29.2	80
GE Lighting	20	1200	3000	60	29.2	80

TABLA A.1: Datos técnicos de lámparas incandescente y fluorescentes

Asumiendo que las lámparas se usan 4 horas diarias durante los 365 días al año.

Consumo de Energía Lámpara incandescente Osram de 100W:

$$100W * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 146000 \frac{\text{Wh}}{\text{año}}$$

Consumo de Energía LFC Osram de 23W:

$$23W * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 33600 \frac{\text{Wh}}{\text{año}}$$

Consumo de Energía LFC Westinghouse de 20W:

$$20W * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 29200 \frac{\text{Wh}}{\text{año}}$$

Ahorro de Energía por el uso de LFCs Osram y Westinghouse de 23W en lugar de Lámparas

incandescentes Osram de 100W:

$$100\% - \left(\frac{33600 \frac{\text{Wh}}{\text{año}} * 100\%}{146000 \frac{\text{Wh}}{\text{año}}} \right) = 77\%$$

El costo anual por el consumo de energía de las diferentes alternativas es:

Lámpara Incandescente Osram de 100W

$$0.085 \frac{\text{USD}}{\text{KWh}} * 146 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} = 12.41 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

LFC Osram de 23W:

$$0.085 \frac{\text{USD}}{\text{KWh}} * 33.6 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} = 2.86 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Entonces el Costo total por el uso de cada alternativa para una vida útil de 20000horas es:

Lámpara Incandescente Osram de 100W

Costo por unidad: 0.77USD

$$100W * 6000 * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 6 * 0.77USD = 55.62USD$$

LFC Osram de 23W:

Costo por unidad: 3.75USD

$$23W * 6000h * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 3.75USD = 18.03USD$$

Por lo tanto el ahorro económico que genera el uso de LFC Osram de 23W en lugar de Lámpara Incandescente Osram de 100W, en un periodo de 6000 horas es:

$$55.62USD - 18.03USD = 37.59USD$$

LÁMPARAS INCANDESCENTES DE 60 W – FLUORESCENTES 15W

En el caso de lámparas incandescentes convencionales de 60W, habitualmente de uso residencial, se seleccionara las lámparas fluorescentes compactas Osram de 15W puesto que el flujo luminoso que ofrece es el que más se aproxima al de la lámpara incandescente; entonces, el ahorro obtenido por el uso de LFCs Osram sería de un 75%.

Lámpara	Watts	Lúmenes	Horas Vida	lm/W	Consumo Anual de Energía KWh	Ahorro % (respecto a lámpara incandescente)
Lámpara incandescente Osram	60	830	1000	13.8	87.6	0
LFC Osram Dulux value	20	1000	3000	50	29.2	66.7
Lámpara circular Lightex	22	900	6000	40.9	32.1	63.3
LFC Osram	15	800	6000	53.3	21.9	75
LFC Osram Dulux STAR	15	760	6000	50.7	21.9	75

TABLA A.2: Datos técnicos de lámparas incandescente y fluorescentes

Asumiendo que las lámparas se usan 4 horas diarias durante los 365 días al año.

Consumo de Energía Lámpara incandescente Osram de 60W:

$$60W * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 87600 \frac{Wh}{\text{año}}$$

Consumo de Energía LFC Osram de 15W:

$$15W * 4 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 21900 \frac{Wh}{\text{año}}$$

Ahorro de Energía por el uso de LFCs Osram de 15 W en lugar de Lámparas incandescentes Osram de 60W:

$$100\% - \left(\frac{21900 \frac{Wh}{año} * 100\%}{87600 \frac{Wh}{año}} \right) = 75\%$$

El costo anual por consumo de energía de las diferentes alternativas a un costo de 0.085USD/KWh es:

Lámpara Incandescente Osram de 60W

$$0.085 \frac{USD}{KWh} * 87.6 \frac{KWh}{año} = 7.45 \frac{USD}{año}$$

LFC Osram de 15W:

$$0.085 \frac{USD}{KWh} * 21.9 \frac{KWh}{año} = 1.86 \frac{USD}{año}$$

Entonces el Costo total por el uso de cada alternativa para una vida útil de 20000 horas es:

Lámpara Incandescente Osram de 60W

$$60W * 6000 * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 6 * 0.77USD = 35.22USD$$

LFC Osram de 15W:

$$15W * 6000h * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 2.25USD = 9.90USD$$

Por lo tanto el ahorro económico que genera el uso de LFC Osram de 15W en lugar de Lámpara Incandescente Osram de 60W, en un periodo de 6000 horas es:

$$35.22USD - 9.90USD = 25.32USD$$

COMPARACIÓN ENTRE LÁMPARAS FLUORESCENTES T12 Y T5

Para los cálculos de ahorro de energía, se han seleccionado modelos de lámparas lineales que tengan un flujo luminoso similar, y de acuerdo a los resultados de consumo y ahorro de energía presentados a continuación, podemos concluir que utilizando la lámpara T5 de 28W modelo F28T5/860 ahorraríamos un 30% en relación al uso de una lámpara T12 de 40W modelo F40T12/DL, obteniendo los mismos resultados en iluminación.

SLI Lighting

Lámpara Fluorescente lineal	Modelo	Potencia watts	Flujo luminoso lúmenes	Horas de Vida	Rendimiento lm/W	Consumo Anual de Energía KWh *	Ahorro % (respecto a T12)
T12	F40T12/DL	40	2600	12000	65,0	83,2	0
T8	FB32T8/841/6	32	2550	24000	79,7	66,56	20
T5	F28T5/860	28	2550	20000	91,1	58,24	30

*Asumiendo que las lámparas se usan 8 horas diarias, 5 días a la semana y 52 semanas al año

TABLA A.3: Datos Técnicos de Lámparas Fluorescentes Lineales

Consumo de Energía Lámpara T12:

$$40W * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = 83200 \frac{Wh}{\text{año}}$$

Consumo de Energía Lámpara T8:

$$32W * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = 66560 \frac{Wh}{\text{año}}$$

Consumo de Energía Lámpara T5:

$$28W * 8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} = 58240 \frac{Wh}{\text{año}}$$

Ahorro de energía por el uso de T8 en lugar de T12

$$100\% - \left(\frac{66560 \frac{Wh}{año} * 100\%}{83200 \frac{Wh}{año}} \right) = 20\%$$

Ahorro de energía por el uso de T5 en lugar de T12

$$100\% - \left(\frac{58240 \frac{Wh}{año} * 100\%}{83200 \frac{Wh}{año}} \right) = 30\%$$

El costo anual por consumo de energía de las diferentes alternativas, a un precio de 0.085USD/KWh es:

Lámpara T12

$$0.085 \frac{USD}{KWh} * 83.2 \frac{KWh}{año} = 7.07 \frac{USD}{año}$$

Lámpara T5:

$$0.085 \frac{USD}{KWh} * 58.24 \frac{KWh}{año} = 4.95 \frac{USD}{año}$$

Entonces el Costo total por cada alternativa para una vida útil de 20000 horas es:

Lámpara T12:

Precio por unidad: 10USD

$$40W * 20000 * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 2 * 10USD = 88USD$$

Lámpara T5:

Precio por unidad: 6.10USD

$$28W * 20000h * 0.085 \frac{USD}{KWh} + 6.10USD = 53.7USD$$

Por lo tanto el ahorro económico que genera el uso de lámparas T5 en lugar de lámparas T12, en un periodo de 20000 horas es:

$$88USD - 53.7USD = 35USD$$

ANEXO II

TRIBUNAL SUSPENDE COMPRA DE LUMINARIAS EN TONALÁ

Tribunal suspende compra de luminarias en Tonalá

2009-11-14 • IMPRESO CIUDAD Y REGIÓN

La propuesta del alcalde prevé comprar 26 mil lámparas por 250 mdp.



Foto: Marco A. Vargas
TONALÁ PRETENDE CAMBIAR LAS LÁMPARAS POR OTRAS, PROHIBIDAS POR LEY.

El Tribunal de lo Administrativo en el Estado (TAE) ordenó la suspensión de la compra de luminarias en el municipio de Tonalá, por lo que la adquisición, que se haría por adjudicación directa, con una inversión de alrededor de 250 millones de pesos, no podrá llevarse a cabo.

La suspensión provisional fue concedida al admitirse la demanda de nulidad presentada por la regidora Gladis López Pitto, del Partido Revolucionario Institucional (PRI).

La edil tonalteca presentó la demanda en contra de la modificación al acuerdo 1493, para autorizar "la reconversión tecnológica del sistema de alumbrado público del municipio de Tonalá, Jalisco, mediante la asignación de adquisición de luminarias bajo la figura jurídica de procedimiento de adjudicación directa".

Según lo señalado en el texto, el acuerdo fue presentado "de manera irregular e ilegal por el presidente municipal de Tonalá, Jorge Luis Vizcarra Mayorga".

Twitter 0
Me gusta 0
+1 0
Imprimir
Enviar

VER EN VIVO
Milenio Noticias
DESPUÉS
La Afición

MILENIO TELEVISIÓN

MILENIO RADIO Escucha nuestras estaciones

A TIEMPO MÁ\$ LEIDAS RECOMENDADAS

Elige una sección Todas

22:19 Fallecidos por las lluvias en el sur de Japón son ya 22
22:19 Balean a dos en restaurante de Acapulco
22:09 Pronunciamento de Conago, de carácter político: Martí Batres
22:04 Dará Fox la próxima semana su postura sobre expulsión del PAN
21:44 Colombia insta en la ONU a cesar la violencia en Siria
21:31 Convocan a concurso nacional de fotografía sobre derechos humanos

Ver más

TÓPICOS

Cofipe	Universum
IFE	Bosque de Chapultepec
UNAM	The Simpsons
Tv Azteca	

La Segunda Sala Unitaria del TAE determinó "otorgar la suspensión solicitada, para el efecto de que las cosas se mantengan en el estado que actualmente guardan; esto es, para que la autoridad municipal" se abstenga de llevar a cabo "la reconversión tecnológica del sistema de alumbrado público del municipio de Tonalá, mediante el procedimiento de adjudicación directa; la autorización para la gestión y contratación de uno o más contratados de arrendamiento financiero, sin cantidad límite hasta en tanto no se resuelva el presente juicio y, para que el ayuntamiento no erogare cantidad de dinero" por este concepto.

Público dio a conocer que el Ayuntamiento de Tonalá planea sustituir 26 mil luminarias del municipio por lámparas de inducción magnética, las cuales están prohibidas por la *Norma Oficial Mexicana 001*, emitida por la Secretaría de Energía. Lo anterior, porque las lámparas usan focos fluorescentes con contenido de mercurio, los cuales no proporcionan la iluminación adecuada para usarse en la vía pública.


José Héctor Galván Salcedo, abogado de la regidora Gladis López, explicó que, después de conocer la información que este diario difundió sobre las características de las luminarias que se comprarían, decidieron interponer una demanda y solicitar la suspensión del proceso de licitación. Añadió que no se justifica, además, que se busque hacer la compra a través de adquisición directa.

El Ayuntamiento de Tonalá aprobó el 5 de noviembre pasado la propuesta del presidente municipal para emitir la convocatoria para la compra de las 26 mil luminarias en el municipio, las cuales funcionarán bajo el sistema de inducción magnética. Vizcarra aseguró que, con la nueva tecnología, el ayuntamiento ahorrará hasta 65 por ciento en energía eléctrica.





Aunque hay algunos estados del país donde se usa esta tecnología, como el caso de Tabasco, que incluso tuvo un reconocimiento por ahorro de energía, las lámparas de inducción magnética contravienen la norma oficial sobre alumbrado público. Incluso, la última modificación hecha en la especificación del sello del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Fide), número 4412, señala que "se eliminaron las luminarias con lámparas de inducción del contenido de esta especificación, debido a que no está permitido su uso en el alumbrado público, de acuerdo a la *NOM-001-SEDE-1999*".

IMC Coltecaminos





Museo de la Cultura Huasteca

Ver más tópicos 

REDES SOCIALES

				
---	---	---	---	--

NUESTRAS APLICACIONES

			
---	---	---	---

ANEXO III

ILUMINACIÓN DEL PERIFÉRICO CON LED ES DEFICIENTE: CIMEJ

Iluminación del Periférico con LED es deficiente: CIMEJ

2010-02-08 • IMPRESO CIUDAD Y REGIÓN

Luminarias puestas por la Sedeur no son acorde a la norma, indica especialista.



Foto: Iván García

AUNQUE AHORRAN ENERGÍA, SE REQUIEREN MÁS LUMINARIAS LED PARA CUBRIR EL ÁREA DE LAS ANTERIORES.

El sistema de iluminación instalado en el Periférico con la nueva tecnología de luminarias de LED por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano (Sedeur), incumple con las normas y aumenta el riesgo de accidentes. El señalamiento lo hacen varios expertos en la materia, entre ellos el presidente del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Jalisco (CIMEJ), Gustavo Oropeza García.

"Es tecnología de punta, pero aún no está lista para la aplicación en el alumbrado público, debido a que la curva de distribución de luz no es tan eficiente como la de los sistemas convencionales, entonces requerimos un mayor número de luminarias en una misma longitud en Periférico para lograr el mismo nivel de iluminación que se requiere con las luminarias convencionales".

El especialista en temas de iluminación advirtió que las luminarias aumentan el riesgo de accidentes, porque generan zonas de sombra y pueden producir una ceguera momentánea en los conductores: "Se da un efecto de luz-no luz que se conoce como efecto cebra o efecto escalera y que da una especie de deslumbramiento a las personas que manejan y baja su agudeza visual".

Twitter 0

Me gusta 0

+1 0

Imprimir

Enviar

M VER EN VIVO
La Afición

MILENIO TELEVISIÓN

DESPUES
Milenio Noticias

MILENIO RADIO Escucha nuestras estaciones

A TIEMPO MÁ S LEIDAS RECOMENDADAS

Elige una sección Todas

20:36 Se une Cherán a Convención contra la Imposición

20:16 Gobernadores aplicarán operativo "Conago Cuatro"

20:16 Crece turismo cinegético en México (infografía)

20:09 Llueve en 9 delegaciones del DF

20:01 Florida podrá retomar la "purga" de listas electorales

19:55 'Fabio', el quinto huracán de la temporada (infografía)

Ver más

TÓPICOS

Cofipe	Universum
IFE	Bosque de Chapultepec
UNAM	The Simpsons
Tv Azteca	Correcaminos
IMC	Museo de la Cultura Huasteca

La iluminación con lámparas de tecnología de diodos emisores de luz o LED (por sus siglas en inglés) requiere al menos 25 por ciento más lámparas para lograr el mismo nivel de iluminación que el sistema de luminarias basado en vapor de sodio de alta presión, que es el que predomina en la zona metropolitana de Guadalajara.

Los técnicos en temas de luminosidad consultados señalan que anteriormente los postes de las luminarias estaban colocados a una distancia de entre 45 y 60 metros entre una y otra. Sin embargo, las nuevas se tuvieron que colocar a 30 metros, es decir, se requirieron más para iluminar una misma zona, por lo que aseguran que el ahorro de energía que pregonan quienes defienden el nuevo sistema, aunque esta tecnología lo permite, en la práctica termina siendo falso.

Los expertos señalaron que el sistema LED es ineficiente para el alumbrado público, pues cada watt produce 70 lúmenes (la potencia luminosa percibida) y con el anterior sistema de vapor de sodio de alta presión, cada watt produce 130 lúmenes, por ello, aunque las lámparas LED consumen menor energía (hasta 90 por ciento menos, según sus promotores) y duran más (hasta 50 veces más que un foco normal), se requieren más para iluminar una misma zona, por lo que aseguran que no hay ningún ahorro.

El precio es otro factor que encarece el cambio de sistema de iluminación, pues las lámparas de vapor de sodio cuestan alrededor de cinco mil pesos por unidad, en tanto que las nuevas cuestan entre 18 mil y 20 mil pesos, sin incluir el poste, según las fuentes consultadas. A ello se suma que las luminarias LED "no cumplen con la normatividad para alumbrado público, con el nivel de iluminación requerido, el nivel de iluminación requerido es de 22 luxes y tienen 17 luxes, un lux es un lumen —medida de luminosidad— por metro cuadrado", indicó Oropeza García.

Debido a que la iluminación de LED no cumple con las normas en lo que se refiere a los niveles de iluminación, la recomendación del presidente del CIMEJ es que se detenga su instalación proyectada para otras zonas de la metrópoli y municipios del estado: "Que no se sigan instalando en las condiciones que están los luminarios [sic] de eficiencia luminosa hasta que no se compruebe que cumplen con los mínimos requeridos y las curvas de distribución adecuada".

La sustitución de luminarias tuvo un costo de 36 millones de pesos (mdp), tan sólo en dos tramos del Periférico en los que se instalaron 948 luminarias de LED (lo que da un precio de casi 38 mil pesos por cada lámpara instalada).

En los 12.8 kilómetros de la primera etapa del proyecto, se invirtieron 16 mdp, y consistió en la colocación de 560 luminarias, 280 postes y catorce circuitos en el tramo de la carretera a Chapala a la avenida Prolongación López Mateos. En la segunda etapa, el techo financiero fue de 20 mdp y abarcó el tramo entre Prolongación López Mateos hasta la carretera a Nogales, en donde se colocaron 388 luminarias.

Ver más tópicos

REDES SOCIALES



NUESTRAS APLICACIONES



ANEXO IV

ANÁLISIS ELÉCTRICO DEL CASO BASE

Ubicación de la Carga	Potencia de Carga	# de Equipos por Recinto	# de Recintos	Potencia de Lámparas o Equipos [W]	Potencia de lámparas o Equipos al 90 % [W]	Factor de Balastro [Adim]	Potencia de Línea [W]	Perdidas del Balastro o Equipos al 90% [W]	Factor de Eficacia del Balastro B.E.F. [Adim]	Eficiencia del Conjunto o Equipo [%]	Corriente de Línea [A]	Carga Conectada [kW]
Biblioteca												
Sala de Consulta Planta Baja	T 12 2*75[W]	64	1	142.5	128.25	0.95	165	36.75	0.57	77.73	1.41	10.560
	T12 2*55[W]	20	1	111.1	99.99	1.01	133	33.01	0.75	75.18	1.13	2.660
	T12 2*40[W]	17	1	68	61.2	0.85	72	10.8	1.18	85.00	0.62	1.224
Área libros 1	T12 2*75[W]	17	1	142.5	128.25	0.95	165	36.75	0.57	77.73	1.41	2.805
	T12 2*55[W]	20	1	111.1	99.99	1.01	133	33.01	0.75	75.18	1.13	2.660
	T12 2*40[W]	3	1	68	61.2	0.85	72	10.8	1.18	85.00	0.62	0.216
Sala de Consulta Planta Alta	T8 2*59 [W]	30	1	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.3	4.500
	T8 2*32 [W]	21	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.554
Área Libros 2	T8 2*59 [W]	8	1	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.3	1.200
	T8 2*32 [W]	27	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.998
E/S, Préstamo y Fotocopiado	T8 2*32[W]	2	1	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	0.148
	MR16 50[W]	4	1	50	45	1	50	5	2.00	90.00	0.42	0.200
	CircT9 32[W]	19	1	21.76	19.584	0.68	35	15.416	1.94	55.95	0.6	0.665
PC Tesis y Préstamo Inter.	150 [W]	3	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.450
Pc's Préstamo	150[W]	2	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.300
Pc's Consulta Libros	150[W]	6	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.900
Fotocopiadoras	1750[W]	3	1	1750	1575	*	1750	175	*	90.00	14.6	5.250
Contactos Área Consulta 1	180[W]	33	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	5.940
Contactos Área Consulta 2	180[W]	12	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	2.160
Total Biblioteca								544.744				45.390
Edificio A 3 Pisos												
Salones	T8 2*32 [W]	12	39	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	34.632
Pasillos	T8 2*32 [W]	10	3	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	2.220
Proyectores	248 [W]	1	39	248	223.2	*	248	24.8	*	90.00	2.07	9.672
UPS	1440 [W]	1	39	1440	1296	*	1440	144	*	90.00	12.00	56.160
Contactos	180 [W]	1	39	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	7.020
Elevador	5.03[kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034
Total Edificio A								728.72				114.7376
Edificio C 4 pisos												
Salones (Alberca)	T8 2*59 [W]	10	20	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.30	30.000
Pasillos (Alberca)	T8 2*32 [W]	4	4	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	1.184
Proyectores	248 [W]	1	20	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	2.07	4.960
Salones	T8 2*59 [W]	10	16	139.24	125.316	1.18	150	24.684	0.78	83.54	1.30	24.000
Pasillos	T8 2*32 [W]	7	4	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.28	73.95	0.65	2.072
Proyectores	248 [W]	1	16	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	2.07	3.968
Contactos	180[W]	1	36	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	6.480
Elevador	5.03 [kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034
Total Edificio C								658.888				77.698
Edificio B												
Talleres Elect. Term. y Mat.	HM400[W]	16	3	380	342	0.95	455	113	0.21	75.16	4.22	218.400
Cubículos	T8 2*32[W]	2	8	60.8	54.72	0.95	74	19.28	1.29	73.95	0.65	11.840
Pc's Cubículos	150 [W]	3	3	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	13.500
Total edificio B								147.28				20.562
Totales Áreas Inmueble												258.387

TABLA A.4: Análisis Eléctrico Caso Base

Potencia de Carga	Carga Conectada en [%]	Horas Día Lun- Vier [Hrs]	Horas Semana Lun- Vier [Hrs]	Horas Sábado [Hrs]	Horas Anuales de Uso de Equipo [Hrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [kWhrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [%]	F.P. [Adim]	Energía Reactiva Mensual [kVAR]	Energía Reactiva Mensual [%]	Factor de Coincidencia [Adim]	Demanda Máxima [kW]	Costo Mensual Promedio Por Energía [\$]	Costo Mensual por Demanda por Demandable [\$]	Costo Mensual Promedio De Energía y Demanda [\$]
T 12 2*75[W]	23.266	14	70	7	3696	3252.480	24.90	0.92	1385.55	13.81	0.865	9.136	*	*	
T12 2*55[W]	5.861	14	70	7	3696	819.280	6.27	0.92	349.01	3.48	0.865	2.301	*	*	
T12 2*40[W]	2.697	14	70	7	3696	376.992	2.89	0.92	160.60	1.60	0.865	1.059	*	*	
T12 2*75[W]	6.180	14	70	7	3696	863.940	6.61	0.92	368.04	3.67	0.865	2.427	*	*	
T12 2*55[W]	5.861	14	70	7	3696	819.280	6.27	0.92	349.01	3.48	0.865	2.301	*	*	
T12 2*40[W]	0.476	14	70	7	3696	66.528	0.51	0.92	28.34	0.28	0.865	0.187	*	*	
T8 2*59 [W]	9.915	14	70	7	3696	1386.000	10.61	0.98	281.44	2.81	0.865	3.893	*	*	
T8 2*32 [W]	3.424	14	70	7	3696	478.632	3.66	0.92	203.90	2.03	0.865	1.344	*	*	
T8 2*59 [W]	2.644	14	70	7	3696	369.600	2.83	0.98	75.05	0.75	0.865	1.038	*	*	
T8 2*32 [W]	4.402	14	70	7	3696	615.384	4.71	0.92	262.15	2.61	0.865	1.729	*	*	
T8 2*32[W]	0.327	14	70	7	3696	45.584	0.35	0.92	19.42	0.19	0.865	0.128	*	*	
MR16 50[W]	0.441	14	70	7	3696	61.600	0.47	1	0.00	0.00	0.865	0.173	*	*	
CircT9 32[W]	1.466	14	70	7	3696	204.820	1.57	0.85	126.94	1.27	0.865	0.575	*	*	
150 [W]	0.992	14	70	7	3696	138.600	1.06	0.4	317.57	3.17	0.865	0.389	*	*	
150[W]	0.661	14	70	7	3696	92.400	0.71	0.4	211.71	2.11	0.865	0.260	*	*	
150[W]	1.983	14	70	7	3696	277.200	2.12	0.4	635.14	6.33	0.865	0.779	*	*	
1750[W]	11.567	14	70	7	3696	1617.000	12.38	0.5	2800.73	27.92	0.865	4.542	*	*	
180[W]	13.087	9	45	5	2400	1188.000	9.10	0.54	1851.66	18.46	0.562	3.337	*	*	
180[W]	4.759	9	45	0	2160	388.800	2.98	0.54	606.00	6.04	0.506	1.092	*	*	
100						13062.120	100		10032.26	100					
T8 2*32 [W]	30.184	15	75	8	3984	11497.824	23.72	0.92	4898.05	7.80	0.933	32.297	*	*	
T8 2*32 [W]	1.935	12	60	4	3072	568.320	1.17	0.92	242.10	0.39	0.719	1.596	*	*	
248 [W]	8.43	12	60	4.5	3096	2495.376	5.15	0.45	4952.09	7.89	0.725	7.009	*	*	
1440 [W]	48.947	24	120	15	6480	30326.400	62.56	0.53	48522.11	77.27	1.517	85.187	*	*	
180 [W]	6.119	15	75	6	3888	2274.480	4.69	0.54	3545.09	5.65	0.910	6.389	*	*	
5.03[kW]	4.388	12	60	5.25	3132	1313.770	2.71	0.9	636.29	1.01	0.733	3.690	*	*	
100						48476.170	100		62795.73	100					
T8 2*59 [W]	38.612	15	75	8	3984	9960.000	40.69	0.98	2022.46	16.21	0.933	27.978	*	*	
T8 2*32 [W]	1.524	12	60	4	3072	303.104	1.24	0.92	129.12	1.04	0.719	0.851	*	*	
248 [W]	6.384	12	60	4.5	3096	1279.680	5.23	0.45	2539.54	20.36	0.725	3.595	*	*	
T8 2*59 [W]	30.889	15	75	8	3984	7968.000	32.55	0.98	1617.97	12.97	0.933	22.382	*	*	
T8 2*32 [W]	2.667	12	60	4	3072	530.432	2.17	0.92	225.96	1.81	0.719	1.490	*	*	
248 [W]	5.107	12	60	4.5	3096	1023.744	4.18	0.45	2031.63	16.29	0.725	2.876	*	*	
180[W]	8.341	15	75	6	3888	2099.520	8.58	0.54	3272.39	26.23	0.910	5.898	*	*	
5.03 [kW]	6.479	12	60	5.25	3132	1313.770	5.37	0.9	636.29	5.10	0.733	3.690	*	*	
100						24478.250	100		12475.36	100					
HM400[W]	1062.154	7	35	3	1824	33196.8	83.0290309	0.95	10911.26	55.26193	0.427	93.2494382	*	*	
T8 2*32[W]	57.582	14	70	6	3648	3599.36	9.00241508	0.92	1533.32	7.765764	0.854	10.1105618	*	*	
150 [W]	65.656	11	55	4	2832	3186	7.96855398	0.4	7300.04	36.972306	0.663	8.949438202	*	*	
1185						39982.16	100	0.76807	19744.62	100		354.000	\$116,149.40	\$58,376.82	\$174,526.22
						125998.699									
									105,047.99						

TABLA A.4 (continuación): Análisis Eléctrico Caso Base

ANEXO V

ANÁLISIS ELÉCTRICO DEL CASO PROPUESTA

Propuesta												
Ubicación de la Carga	Potencia de Carga	# de Equipos por	# de	Potencia de Lámparas o	Potencia de Lámparas o Equipos al 90 %	Factor de Inductor	Potencia de	Perdidas de los Equipos al	Pérdidas del Generador Inductor Externo	Eficiencia del Conjunto o	Corriente de	Carga
		Recinto	Recintos	Equipos [W]	[W]	[Adim]	Línea [W]	90% [W]	[W]	Equipo [%]	Línea [A]	[kW]
Biblioteca												
Sala de Consulta Planta Baja	Externo 120[W]	38	1	120	108	1	133	25	7.00	81.20	0.69	5.054
Área libros 1	Externo 120[W]	24	1	120	108	1	133	25	7.00	81.20	0.69	3.192
Sala de Consulta Planta Alta	Externo 100 [W]	10	1	100	90	1	120	30	7.00	75.00	0.4	1.200
Área Libros 2	Externo 120 [W]	24	1	120	108	1	133	25	7.00	81.20	0.69	3.192
E/S, Préstamo y Fotocopiado	Externo 120 [W]	7	1	120	108	1	133	25	7.00	81.20	0.69	0.931
		0	0	0	0	1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.000
PC Tesis y Préstamo Inter.	150 [W]	3	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.450
Pc's Préstamo	150[W]	2	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.300
Pc's Consulta Libros	150[W]	6	1	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	0.900
Fotocopiadoras	1750[W]	3	1	1750	1575	*	1750	175	*	90.00	14.6	5.250
Contactos Área Consulta 1	180[W]	33	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	5.940
Contactos Área Consulta 2	180[W]	12	1	180	162	*	180	18	*	90.00	1.5	2.160
Total Biblioteca								386				27.160
Edificio A 3 Pisos												
Salones	Externo 40 [W]	6	39	40	36	1	50	14	7	72.00	0.30	11.700
Pasillos	Externo 70 [W]	35	3	70	63	1	80	17	7	78.75	0.35	8.400
Proyectores	248 [W]	1	39	248	223.2	*	248	24.8	*	90.00	2.07	9.672
UPS	1440 [W]	1	39	1440	1296	*	1440	144	*	90.00	12.00	56.160
Contactos	180 [W]	1	39	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	7.020
Elevador	5.03[kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034
Total Edificio A								721.16				94.59
Edificio C 4 pisos												
Salones (Alberca)	Externo 100 [W]	10	20	100	90	1	110	20	7	81.82	0.40	22.000
Pasillos (Alberca)	Externo 40 [W]	11	4	40	36	1	48	12	7	75.00	0.30	2.112
Proyectores	248 [W]	1	20	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	0.40	4.960
Salones	Externo 100 [W]	10	16	100	90	1	110	20	7	81.82	0.40	17.600
Pasillos	Externo 40 [W]	19	4	40	36	1	48	12	7	75.00	0.30	3.648
Proyectores	248 [W]	1	16	248	223.2	0.6	248	24.8	*	90.00	2.07	3.968
Contactos	180[W]	1	36	180	162	*	180	18	*	90.00	1.50	6.480
Elevador	5.03 [kW]	1	1	5033.6	4530.24	*	5033.6	503.36	*	90.00	24.20	5.034
Total Edificio C								634.96				61.242
Edificio B												
Talleres Elect. Term. y Mat.	Inducción 250[W]	29	3	250	225	1	260	35	7	86.54	0.9	21.750
Cubículos	Externo 40[W]	2	8	40	36	1	48	12	7	75.00	0.3	7.680
Pc's Cubículos	150 [W]	3	3	150	135	*	150	15	*	90.00	1.25	13.500
Total edificio B								62				23.740
Totales Áreas Inmueble												206.732

TABLA A.5: Análisis Eléctrico Caso Propuesta

Propuesta																	
Ubicación de la Carga	Potencia de Carga	Carga Conectada	Carga Conectada en [%]	Horas Día Lun-Vier [Hrs]	Horas Semana Lun-Vier [Hrs]	Horas Sábado [Hrs]	Horas Anuales de Uso de Equipo [Hrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [kWhrs]	Consumo Mensual Promedio de Energía [%]	F.P. [Adim]	Consumo de Energía Reactiva Mensual [kVAR]	Energía Reactiva Mensual [%]	Factor de Coincidencia [Adim]	Demanda Máxima [kW]	Costo Mensual Promedio Por Energía [\$]	Costo Mensual por Demanda Facturable [\$]	Costo Mensual Promedio De Energía y Demanda [\$]
Biblioteca																	
Sala de Consulta Planta Baja	Externo 120[W]	5.054	18.609	14	70	7	3696	1556.632	19.75	0.92	663.12	8.39	0.865	4.373	*	*	
Área libros 1	Externo 120[W]	3.192	11.753	14	70	7	3696	983.136	12.47	0.92	418.81	5.30	0.865	2.762	*	*	
Sala de Consulta Planta Alta	Externo 100 [W]	1.200	4.419	14	70	7	3696	369.600	4.69	0.98	75.05	0.95	0.865	1.038	*	*	
Área Libros 2	Externo 120 [W]	3.192	11.753	14	70	7	3696	983.136	12.47	0.98	199.63	2.53	0.865	2.762	*	*	
E/S, Préstamo y Fotocopiado	Externo 120 [W]	0.931	3.428	14	70	7	3696	286.748	3.64	0.92	122.15	1.55	0.865	0.805	*	*	
		0.000	0.000	14	70	7	3696	0.000	0.00	0	0.00	0.00	0.865	0.000	*	*	
PC Tesis y Préstamo Inter.	150 [W]	0.450	1.657	14	70	7	3696	138.600	1.76	0.4	317.57	4.02	0.865	0.389	*	*	
Pc's Préstamo	150[W]	0.300	1.105	14	70	7	3696	92.400	1.17	0.4	211.71	2.68	0.865	0.260	*	*	
Pc's Consulta Libros	150[W]	0.900	3.314	14	70	7	3696	277.200	3.52	0.4	635.14	8.04	0.865	0.779	*	*	
Fotocopiadoras	1750[W]	5.250	19.330	14	70	7	3696	1617.000	20.52	0.5	2800.73	35.45	0.865	4.542	*	*	
Contactos Área Consulta 1	180[W]	5.940	21.871	9	45	5	2400	1188.000	15.07	0.54	1851.66	23.43	0.562	3.337	*	*	
Contactos Área Consulta 2	180[W]	2.160	7.953	9	45	0	2160	388.800	4.93	0.54	606.00	7.67	0.506	1.092	*	*	
Total Biblioteca		27.160	105					7881.252	100		7901.60	100					
Edificio A 3 Pisos																	
Salones	Externo 40 [W]	11.700	12.37	15	75	8	3984	3884.400	9.15	0.92	1654.75	2.75	0.933	10.911	*	*	
Pasillos	Externo 70 [W]	8.400	8.881	12	60	4	3072	2150.400	5.07	0.92	916.07	1.52	0.719	6.040	*	*	
Proyectorios	248 [W]	9.672	10.226	12	60	4.5	3096	2495.376	5.88	0.45	4952.09	8.22	0.725	7.009	*	*	
UPS	1440 [W]	56.160	59.373	24	120	15	6480	30326.400	71.45	0.53	48522.11	80.57	1.517	85.187	*	*	
Contactos	180[W]	7.020	7.422	15	75	6	3888	2274.480	5.36	0.54	3545.09	5.89	0.910	6.389	*	*	
Elevador	5.03[kW]	5.034	5.322	12	60	5.25	3132	1313.770	3.10	0.9	636.29	1.06	0.733	3.690	*	*	
Total Edificio A		94.59	103					42444.826	100		60226.39	100					
Edificio C 4 pisos																	
Salones (Alberca)	Externo 100 [W]	22.000	35.924	15	75	8	3984	7304.000	35.91	0.98	1483.14	12.59	0.933	20.517	*	*	
Pasillos (Alberca)	Externo 40 [W]	2.112	3.449	12	60	4	3072	540.672	2.66	0.92	230.33	1.96	0.719	1.519	*	*	
Proyectorios	248 [W]	4.960	8.1	12	60	4.5	3096	1279.680	6.29	0.45	2539.54	21.56	0.725	3.595	*	*	
Salones	Externo 100 [W]	17.600	28.739	15	75	8	3984	5843.200	28.73	0.98	1186.51	10.07	0.933	16.413	*	*	
Pasillos	Externo 40 [W]	3.648	5.957	12	60	4	3072	933.888	4.59	0.92	397.83	3.38	0.719	2.623	*	*	
Proyectorios	248 [W]	3.968	6.48	12	60	4.5	3096	1023.744	5.03	0.45	2031.63	17.25	0.725	2.876	*	*	
Contactos	180[W]	6.480	10.581	15	75	6	3888	2099.520	10.32	0.54	3272.39	27.78	0.910	5.898	*	*	
Elevador	5.03 [kW]	5.034	8.22	12	60	5.25	3132	1313.770	6.46	0.9	636.29	5.40	0.733	3.690	*	*	
Total Edificio C		61.242	107					20338.474	100		11777.66	100					
Edificio B																	
Talleres Elect. Term. y Mat.	Inducción 250[W]	21.750	91.618	6	30	3	1584	2871	34.212295	0.95	943.65	10.2145842	0.371	8.06460674	*	*	
Cubículos	Externo 40[W]	7.680	32.351	14	70	6	3648	2334.72	27.82171	0.92	994.59	10.7659258	0.854	6.55820225	*	*	
Pc's Cubículos	150 [W]	13.500	56.867	11	55	4	2832	3186	37.9659951	0.4	7300.04	79.01949	0.663	8.9494382	*	*	
Total edificio B		23.740	180					8391.72	100	0.66	9238.28	100		222.068	\$83,897.96	\$44,588.43	\$128,486.39
Totales Áreas Inmueble		206.732						79,056.271			89,143.93						

TABLA A.5 (continuación): Análisis Eléctrico Caso Propuesta

ANEXO VI

DATOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

SERIE ST DE 70W a 400W



CCC CB c RU US CE



Especificaciones

Modelo	Wattage (W)	Frecuencia (KHz)	Lúmenes (Lm)	Eficacia (Lm/W)	CRI (Ra)	Temperatura de color (K)
DTECH-40ST	40	250	2,800	65-70	88	4000° K y 5000°K
DTECH-70ST	70		5,250	70-75		
DTECH-80ST	80		6,000	70-75		
DTECH-100ST	100		8,000	75-80		
DTECH-120ST	120		9,600	75-80		
DTECH-150ST	150		12,000	75-80		
DTECH-200ST	200		17,000	80-85		
DTECH-250ST	250		21,250	80-85		
DTECH-300ST	300		27,000	85-90		
DTECH-400ST	400		36,000	85-90		

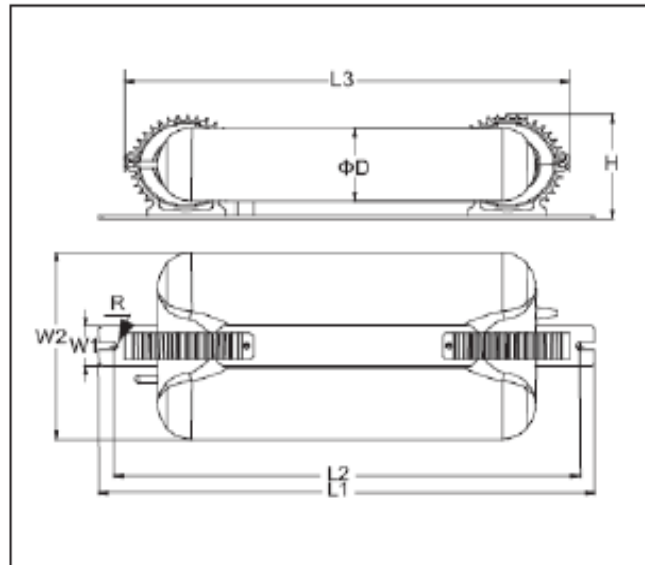
■ Temperatura de color desde 2720°K hasta 6500°K sobre pedido

Especificaciones de generador de frecuencia

Modelo	Wattage (W)	Voltaje (VAC)	Corriente (A)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Harmónica	Factor de Potencia
D-TECH-40GF	40	120 - 277	0.39-0.16	50 / 60	> 10%	<0.95
D-TECH-70GF	70		0.62-0.27			
D-TECH-80GF	80		0.75-0.32			
D-TECH-100GF	100		0.88-0.41			
D-TECH-120GF	120		1.11-0.48			
D-TECH-150GF	150		1.33-0.63			
D-TECH-200GF	200		1.76-0.80			
D-TECH-250GF	250		2.19-1.05			
D-TECH-300GF	300		2.63-1.20			
D-TECH-400GF	400		3.50-1.52			

TABLA A.6: Datos técnicos de las lámparas de inducción electromagnética

Dimensiones de las lámparas de Inducción

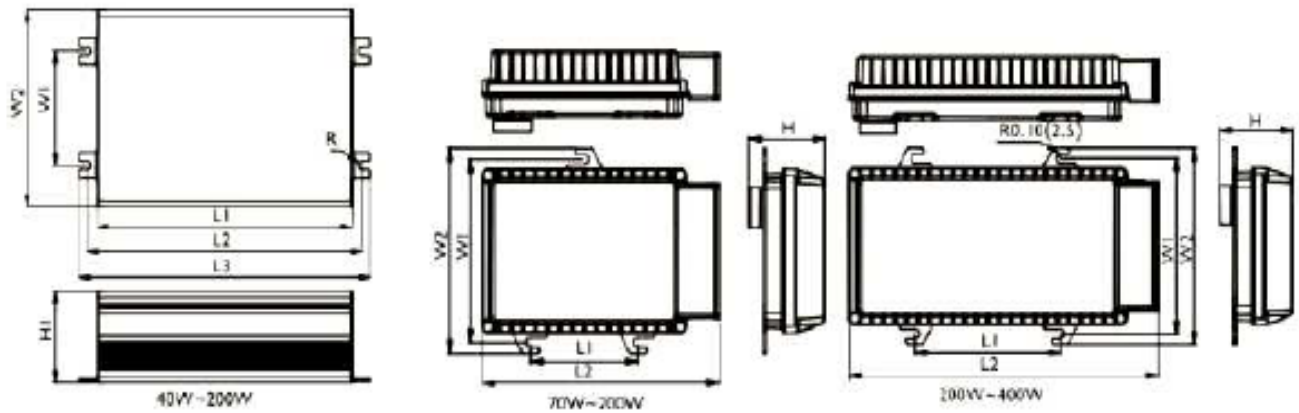


Wattage	Dim	40W	70/80/100W	150W	200W		250W	
		Φ 38	Φ 54	Φ 54	Φ 54	Φ 58	Φ 38	Φ 58
Largo de abrazadera	L1	12.91 (328)	12.91 (328)	16.46 (418)	22.76 (578)	24.37 (469)	42.44(1078)	24.37 (469)
Hoyos de montaje	L2	12.13(308)	12.13(308)	15.67 (398)	21.97 (558)	23.58 (449)	41.65(1058)	23.58 (449)
Espacio de alambrado de bobina	L3	11.57(294)	11.57(294)	15.12(384)	21.42(544)	23.03(435)	41.10(1044)	23.03(435)
Diámetro de lámpara	D	1.50(38)	2.13(54)	2.13(54)	2.13(54)	2.28(58)	1.5(38)	2.28(58)
Altura de lámpara	H	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)
Ancho de abrazadera	W1	0.79(20)	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.77(45)	1.18(30)	1.77(45)
Ancho de lámpara	W2	4.33(110)	7.56(192)	7.56(192)	7.56(192)	7.56(192)	4.92(125)	7.56(192)
Radio de orificios de montaje	R	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)

Wattage	Dim	300W		400W	
		Φ 54	Φ 58	Φ 54	Φ 58
Largo de abrazadera	L1	32.60(828)	28.31 (719)	42.44 (1078)	36.54(928)
Hoyos de montaje	L2	31.81(808)	27.52(699)	41.65(1058)	35.75(908)
Espacio de alambrado de bobina	L3	31.26(794)	26.97(685)	41.10(1044)	35.20(894)
Diámetro de lámpara	D	2.13(54)	2.28(58)	2.13(54)	2.28(58)
Altura de lámpara	H	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)
Ancho de abrazadera	W1	1.18(30)	1.77(45)	1.18(30)	1.18(38)
Ancho de lámpara	W2	6.22(158)	7.56(192)	6.22(158)	7.56(192)
Radio de orificios de montaje	R	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)

TABLA A.6 (continuación): Datos técnicos de las lámparas de inducción electromagnética

Dimensiones de generador de frecuencia



Modelo	L1	L2	L3	W1	W2	R	H1
D-TECH-40GF	6.19(157.3)	6.63(168.3)	6.98(177.3)	2.38(60.5)	4.11(104.5)	.10(2.5)	1.89(48)
D-TECH-70GF							
D-TECH-80GF							
D-TECH-100GF							
D-TECH-120GF	7.44(189)	7.91(201)	8.39(213)	2.76(70)	4.72(120)		2.09(53)
D-TECH-150GF							
D-TECH-200GF							

Modelo	L1	L2	W1	W2	H
D-TECH-70GF1	4.17(106)	9.21(234)	6.67(169.5)	7.46(189.5)	2.97(75.5)
D-TECH-80GF1					
D-TECH-100GF1					
D-TECH-120GF1					
D-TECH-150GF1					
D-TECH-200GF1	5.91(150)	12.56(319)	6.67(169.5)	7.46(189.5)	2.97(75.5)
D-TECH-200GF1					
D-TECH-250GF1					
D-TECH-300GF1					
D-TECH-400GF1					

TABLA A.6 (continuación): Datos técnicos de las lámparas de inducción electromagnética

SERIE RT DE 40W a 300W



Especificaciones

Modelo	Wattage (W)	Frecuencia (KHz)	Lúmenes (Lm)	Eficiencia (Lm/W)	IRC (Ra)	Temperatura de color (K)
DTECH-40RT	40	250	2,800	65-70	88	4000° K y 5000°K
DTECH-70RT	70		5,250	70-75		
DTECH-80RT	80		6,000	70-75		
DTECH-100RT	100		8,000	75-80		
DTECH-120RT	120		9,600	75-80		
DTECH-150RT	150		12,000	75-80		
DTECH-200RT	200		17,000	80-85		
DTECH-250RT	250		22,500	85-90		
DTECH-300RT	300		27,000	85-90		

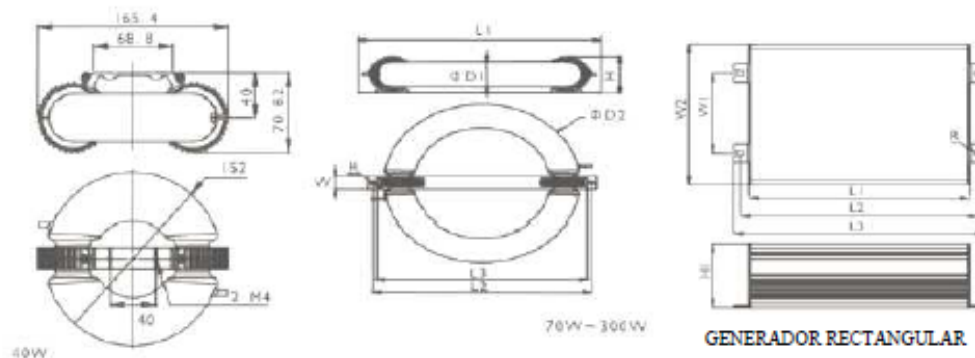
■ Temperatura de color 2720°K - 6500°K sobre pedido

Especificaciones de generador de frecuencia

Modelo	Wattage (W)	Voltaje (VAC)	Corriente (A)	Frecuencia (Hz)	Distorsión Harmónica	Factor de Potencia
DTECH-40GF	40	120 - 277	0.39-0.16	50 / 60	> 10%	< 95
DTECH-70GF	70		0.62-0.27			
DTECH-80GF	80		0.75-0.32			
DTECH-100GF	100		0.88-0.41			
DTECH-120GF	120		1.05-0.45			
DTECH-150GF	150		1.11-0.48			
DTECH-200GF	200		1.33-0.63			
DTECH-250GF	250		1.76-0.80			
DTECH-300GF	300		2.19-1.05			

TABLA A.6 (continuación): Datos técnicos de las lámparas de inducción electromagnética

Dimensiones de lámparas



Wattage	Dim	70W	80W	100W	120W	150W	200W	250W	300W
Largo de abrazadera	L1	9.45(240)	9.45(240)	10.63(270)	11.93(303)	14.09(358)	16.50(419)	17.17(436)	19.69(500)
Hoyos de montaje	L2	8.86(225)	8.86(225)	10.04(255)	11.34(288)	13.50(343)	15.91(404)	16.38(416)	18.90(480)
Espacio de alambrado de bobina	L3	7.85(199.5)	7.85(199.5)	9.42(239.2)	10.72(272.2)	12.53(318.3)	14.93(379.1)	15.83(402)	18.35(466)
Diámetro de lámpara	D2	2.13(54)	2.13(54)	2.13(54)	2.13(54)	2.13(54)	2.13(54)	2.28(58)	2.28(58)
Altura de lámpara	H	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)	3.09(78.5)
Ancho de abrazadera	W	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.18(30)	1.57(40)
Ancho de lámpara	D1	7.09(180)	7.09(180)	8.54(217)	9.80(249)	11.57(294)	13.94(354)	14.84(377)	17.36(441)
Radio de orificios de montaje	R	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)	0.10(2.5)

■ Temperatura de color 2720°K - 6500°K sobre pedido

Dimensiones de generador de frecuencia

GENERADOR RECTANGULAR	Modelo	L1	L2	L3	W1	W2	R	H1
	DTECH-40GF	6.19(157.3)	6.63(168.3)	6.98(177.3)	2.38(60.5)	4.11(104.5)	0.10(2.5)	1.89(48)
	DTECH-70GF							
	DTECH-80GF							
	DTECH-100GF							
	DTECH-120GF	7.44(189)	7.91(201)	8.39(213)	2.76(70)	4.72(120)	0.10(2.5)	2.09(53)
	DTECH-150GF							
	DTECH-200GF							
	DTECH-250GF	7.64(194)	8.11(206)	8.58(218)	2.76(70)	4.72(120)	0.10(2.5)	2.09(53)
DTECH-300GF	15.71(399)	16.30(414)	16.69(424)	2.17(55)	3.62(92)	0.10(2.5)	2.28(58)	

GENERADOR DE DISCO	Modelo	H1	H2	W1	W2
	DTECH-40GFD	1.10 (28)	10.4(255)	0.79(20)	ø8.07(205)
	DTECH-70GFD				
	DTECH-80GFD		10.51(267)		ø9.61(244)
	DTECH-100GFD				
	DTECH-120GFD		10.67(271)	ø11.02(280)	
	DTECH-150GFD				
	DTECH-200GFD				
DTECH-250GFD					
DTECH-300GFD					

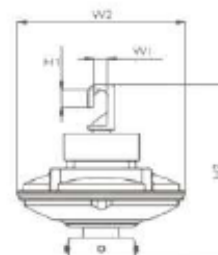
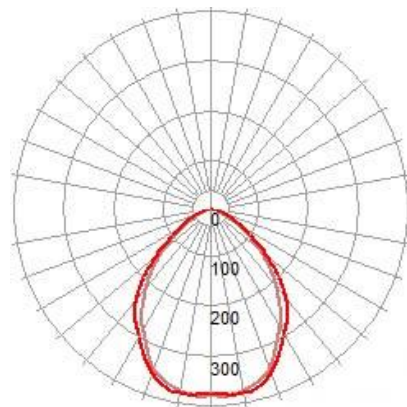
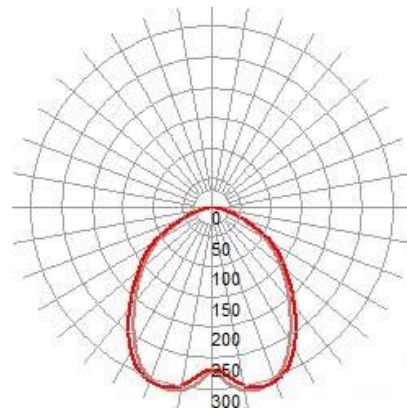
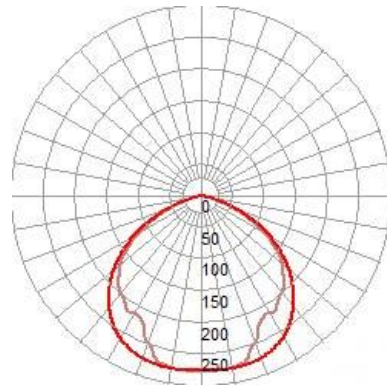


TABLA A.6 (continuación): Datos técnicos de las lámparas de inducción electromagnética

FIGURA A.1: Curvas Fotométricas de las luminarias que se pretende implementar para el Caso Propuesta de acuerdo a las necesidades de las áreas de trabajo.

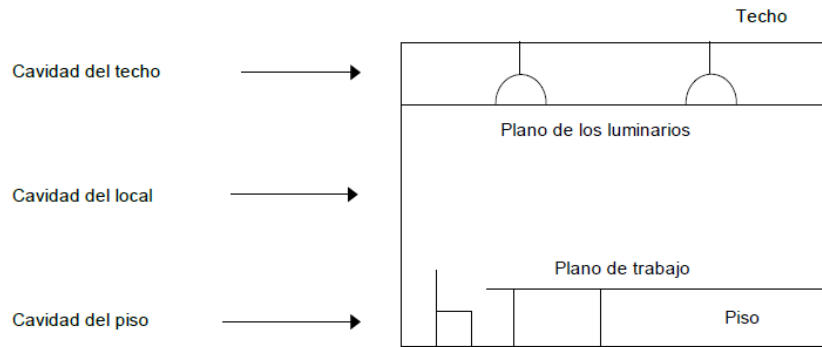


ANEXO VII

MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

Este método es aceptado en la actualidad para calcularlos niveles de iluminancia promedio para áreas interiores, a menos que la distribución de luz sea radicalmente asimétrica. Es un método manual exacto para aplicaciones interiores porque toma en consideración el efecto que tiene la interreflectancia sobre el nivel de iluminancia.

El funcionamiento del método de cavidad zonal es que el cuarto se compone de tres espacios o cavidades. El espacio entre el techo y los luminarios, si están suspendidos, se define como “cavidad del techo”; el espacio entre el plano de trabajo y el piso, “cavidad del piso”; y el espacio entre las luminarias y el plano de trabajo, “cavidad del local”; ver figura A.2.



NOTA: Si los luminarios están empotrados en el techo, o si la superficie de montaje es poco profunda, no existe cavidad del techo. Si el plano de trabajo coincide con el piso, no existe cavidad del piso. Siempre existe una cavidad local.

FIGURA A.2: Cavidades del área por determinar

Una vez que el concepto de estas cavidades ha sido comprendido, es posible calcular las relaciones numéricas llamadas “rangos de cavidad”, que pueden ser usados para determinar la reflectancia efectiva del techo y el piso y después encontrar el coeficiente de utilización.

Hay cuatro pasos básicos en cualquier cálculo de nivel de iluminancia:

- 1.- Determinar el rango de cavidad
- 2.- Determinar las reflectancias de cavidad efectivas
- 3.- Seleccionar el coeficiente de utilización
- 4.- Computar el nivel de iluminancia promedio

Paso 1:

Los rangos de cavidad pueden ser determinados mediante el cálculo de las siguientes fórmulas:

Rango de Cavidad de Techo

$$CCR = 5x \frac{hcc(L+W)}{(LxW)}$$

Rango de Cavidad de Local o Cuarto

$$RCR = 5x \frac{hcr(LxW)}{(LxW)}$$

Rango de Cavidad de Piso

$$FCR = 5x \frac{hfc(L+W)}{(LxW)}$$

Dónde:

hcc= distancia en pies de la luminaria al techo

hrc= distancia en pies de la luminaria al plano de trabajo

hfc= distancia en pies del plano de trabajo al piso

L= Largo del cuarto, en pies

W=Ancho del cuarto, en pies

Paso 2:

Las reflectancias de cavidad efectivas deben ser determinadas para las cavidades de techo y de piso. Estas pueden localizarse en la tabla AVI.1 bajo la combinación aplicable de rango de cavidad y la reflectancia actual del techo, paredes y piso. Note que si el luminario es para montaje de hueco o de superficie, o si el piso es el plano de trabajo, el CCR o el FCR serán 0 y entonces la reflectancia actual del techo o el piso será también la reflectancia efectiva.

Los valores de reflectancia efectivos encontrados será entonces pcc (reflectancia de cavidad de techo efectiva) y pfc (reflectancia de cavidad de piso efectiva).

Pared	Piso	20%																		
	Techo	80%				70%				50%				30%			10%			0%
		70%	50%	30%	10%	70%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	
RELACION CAVIDAD DE CUARTO (RCR)	1	.71	.69	.67	.64	.69	.66	.64	.62	.63	.61	.59	.59	.58	.56	.56	.55	.54	.52	
	2	.66	.61	.58	.55	.64	.60	.56	.54	.56	.54	.51	.53	.51	.49	.50	.49	.47	.45	
	3	.61	.53	.51	.47	.59	.54	.50	.46	.51	.48	.45	.48	.46	.43	.66	.64	.42	.60	
	4	.57	.50	.45	.41	.55	.49	.44	.40	.46	.42	.39	.44	.41	.38	.42	.40	.37	.35	
	5	.52	.45	.39	.36	.50	.44	.39	.33	.42	.37	.34	.40	.41	.33	.38	.33	.32	.31	
	6	.48	.40	.35	.32	.47	.40	.35	.31	.38	.33	.30	.36	.32	.30	.55	.32	.29	.27	
	7	.45	.37	.31	.28	.43	.36	.31	.27	.34	.30	.27	.33	.29	.26	.31	.28	.25	.24	
	8	.41	.33	.28	.24	.40	.32	.27	.24	.31	.26	.23	.30	.26	.23	.28	.25	.22	.23	
	9	.38	.30	.25	.21	.37	.29	.24	.21	.28	.23	.20	.27	.23	.20	.23	.22	.19	.18	
	10	.35	.27	.22	.19	.33	.26	.22	.18	.25	.21	.18	.24	.20	.18	.23	.20	.17	.16	

TABLA A.7: Ejemplo de la obtención del coeficiente de utilización por medio de la relación de cavidad del cuarto y las reflectancias efectivas de las cavidades del techo, pared y piso (método de cavidad zonal), para una luminaria determinada.

Paso 3:

Con estos valores de pcc, pfc y pw (reflectancia de pared) y conociendo el rango de cavidad del cuarto (RCR), previamente calculado, encuentre el coeficiente de utilización en la tabla de (CU) coeficiente de utilización de la luminaria. Ya que la tabla es lineal, se pueden realizar interpolaciones lineales para rangos de cavidad exactos o combinaciones de reflectancia.

Cabe señalar que el coeficiente de utilización de una instalación de iluminación se define como el cociente entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo (flujo útil) por el flujo luminoso del conjunto de luminarias de la instalación.

El valor del factor de utilización depende de diversas variables, como son la eficiencia de la luminaria, su distribución luminosa, la altura de la instalación, la superficie de la zona a iluminar y la reflectancia de paredes, techo y suelo.

Cada fabricante elabora sus propias tablas de factores de utilización. También se le conoce como factor de utilización.

También se deberá tener en cuenta que una luminaria tendrá mayor coeficiente de utilización en un local de gran superficie en relación a su altura (índice de local cercano a 1) que otro de poca superficie en relación a su altura (índice cercano a 10).

Paso 4:

La computación del nivel de iluminancia se realiza la fórmula del método de lumen estándar.

$$\text{luxes} = \frac{(\# \text{ de luminarias})(\text{lámparas por luminaria})(\text{lumenes por lámpara})(C.U.)(fm)}{(\text{área en m}^2)}$$

Cuando el nivel de iluminancia inicial requerido se conoce y el número de luminarias necesarios para obtener ese nivel, se usa una variación de la fórmula de lumen estándar.

$$\# \text{ de luminarias} = \frac{(\text{luxes})(\text{área en m}^2)}{(\text{lámparas por luminaria})(\text{lumenes por lámpara})(C.U.)(fm)}$$

Los dos métodos de cálculos son necesarios para un buen criterio de elección de luminarias y un cálculo más preciso, en si no hay uno mejor que otro, los dos son necesarios para poder hacer este proyecto, ambos tienen similitudes en cuanto al cálculo; por ejemplo el índice del local y el coeficiente de utilización son requisitos para ambos métodos. El método que podría ser un poco más completo es de las cavidades zonales.

El objetivo es obtener la mayor cantidad de datos posibles que nos ayuden a elegir la mejor opción, entre más resultados obtengamos más precisa será nuestra simulación, y claro nuestros criterios para una mejor elección de luminarias.

ANEXO VIII

CALCULO DEL NÚMERO LÁMPARAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA POR EL MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL

Las siguientes tablas muestran el cálculo realizado por el método de cavidad zonal, tomando en consideración la NOM-007-ENER-2004 y la DPEA, de las diferentes áreas del Edificio Principal de la Facultad de Ingeniería.

1.- TABLA A.8: SALA DE CONSULTA PLANTA BAJA

Sala de consulta planta baja Lámpara Inducción 120 watts /9600 lm		Nivel Luxes Norma		500		
		Luxes Totales		488.11		
Método de cavidad zonal			Corrección de Lumens			
Cálculo de la iluminación		Relación de cavidad		Lumens de Luxómetro		
$LUX = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$		Ancho	11	HCT	0	9,600.00 [Lm]
		Largo	42	HCL	2.75	2.00
Numero de lámparas	1.00	Altura	3.5	HCP	0.75	Lumens verdaderos
Área	462.00	RC	2.00757576	RCL	1.57738095	16,484.46 [Lm]
Lúmenes por lámpara	16,484.46	K	2.49	RCT	0	
Lúmenes por luminario	16,484.46			RCP	0.43019481	
CU	0.50	Reluctancia real piso		70		
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80		
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		50		
DPL	0.90	DPEA		9.87		
DPSL	0.89					
Lúmenes totales	16,484.46					
# de luminarios	38.93					

38

2.- TABLA A.9: ÁREA DE LIBROS 1

Área Libros 1 Lámpara Inducción 120 watts / 9600 lm		Nivel de Luxes Norma		500		
		Luxes Totales		487.53		
Método de cavidad zonal			Corrección de Lumens			
Cálculo de la iluminación		Relación de cavidad		Lumens de Luxómetro		
$LUX = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$		Ancho	13	HCT	1.3	9,600.00 [Lm]
		Largo	18	HCL	3	2.00
Numero de lámparas	1.00	Altura	4.3	HCP	0	Lumens verdaderos
Área	234.00	RC	2.8482906	RCL	1.98717949	16,484.46 [Lm]
Lúmenes por lámpara	16,484.46	K	1.75	RCT	0.86111111	
Lúmenes por luminario	16,484.46			RCP	0	
CU	0.40	Reluctancia real piso		70		
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80		
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		30		
DPL	0.90	DPEA		12.31		
DPSL	0.89					
Lúmenes totales	16,484.46					
# de luminarios	24.61					

24

3.- TABLA A.10: SALA DE CONSULTA PLANTA ALTA

Sala de Consulta Planta Alta		Lámpara de Inducción 100 watts / 8000 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>404.62</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	500	Luxes Totales	404.62
Nivel de Luxes Norma	500								
Luxes Totales	404.62								
Calculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	Flujo luminoso (Lúmenes)	AREA (m ²)	Lumens de Luxómetro	8,000.00 [Lm]				
Área	66.00	Relación de cavidad		Relación S/P	2.00				
Lúmenes por lámpara	13,737.05	Ancho	4 HCT	0	Lumens verdaderos	13,737.05 [Lm]			
Lúmenes por luminario	13,737.05	Largo	16.5 HCL	1.55					
		Altura	2.3 HCP	0.75					
		RC	3.5719697 RCL	2.40719697					
		K	1.39 RCT	0					
			RCP	1.16477273					
CU	0.27	Reluctancia real piso		70					
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80					
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		30					
DPL	0.90	DPEA		15.15					
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	13,737.05								
# de luminarios	12.36								

10

4.- TABLA A.11: ÁREA DE LIBROS 2

Área Libros 2		Lámpara de Inducción 120 watts / 9600 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>463.75</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	500	Luxes Totales	463.75
Nivel de Luxes Norma	500								
Luxes Totales	463.75								
Calculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	Flujo luminoso (Lúmenes)	AREA (m ²)	Lumens de Luxómetro	9,600.00 [Lm]				
Área	307.50	Relación de cavidad		Relación S/P	2.00				
Lúmenes por lámpara	16,484.46	Ancho	15 HCT	0	Lumens verdaderos	16,484.46 [Lm]			
Lúmenes por luminario	16,484.46	Largo	20.5 HCL	2.7					
		Altura	2.7 HCP	0					
		RC	1.55853659 RCL	1.55853659					
		K	3.208 RCT	0					
			RCP	0					
CU	0.50	Reluctancia real piso		70					
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80					
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		30					
DPL	0.90	DPEA		9.37					
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	16,484.46								
# de luminarios	25.88								

24

5.- TABLA A.12: ÁREA DE ENTRADA, SALIDA, PRÉSTAMO Y FOTOCOPIADO DE LA BIBLIOTECA

Entrada, Salida, Préstamo y Fotocopiado		Lámpara de inducción 120 watts / 9600 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>491.08</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	500	Luxes Totales	491.08
Nivel de Luxes Norma	500								
Luxes Totales	491.08								
Cálculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)	Área (m ²)	LUX =					
Área	55.90	Ancho	4.3	HCT	0				
Lúmenes por lámpara	16,484.46	Largo	13	HCL	1.25				
Lúmenes por luminario	16,484.46	Altura	2	HCP	0.75				
		RC	3.09481216	RCL	1.9342576				
		K	1.615	RCT	0				
				RCP	1.16055456				
CU	0.33	Reluctancia real piso	70						
FPL	0.72	Reluctancia real techo	80						
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes	50						
DPL	0.90	DPEA	15.03						
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	16,484.46								
# de luminarios	7.13								

7

6.- TABLA A.13: SALONES DEL EDIFICIO C (ALBERCA)

Salones Edificio C (Alberca)		Lámpara de inducción 100 watts/ 8000 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>382.22</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	400	Luxes Totales	382.22
Nivel de Luxes Norma	400								
Luxes Totales	382.22								
Cálculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)	Área (m ²)	LUX =					
Área	85.50	Ancho	9	HCT	0				
Lúmenes por lámpara	13,737.05	Largo	9.5	HCL	2.45				
Lúmenes por luminario	13,737.05	Altura	3.2	HCP	0.75				
		RC	3.4619883	RCL	2.6505848				
		K	1.54	RCT	0				
				RCP	0.81140351				
CU	0.33	Reluctancia real piso	70						
FPL	0.72	Reluctancia real techo	80						
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes	50						
DPL	0.90	DPEA	11.70						
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	13,737.05								
# de luminarios	10.47								

10

7.- TABLA A.14: SALONES DEL EDIFICIO C

Salones Edificio C		Lámparas de inducción 100 watts / 8000 lm																													
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>363.11</td> </tr> </table>		Nivel de Luxes Norma	400	Luxes Totales	363.11																								
Nivel de Luxes Norma	400																														
Luxes Totales	363.11																														
Calculo de la iluminación		Corrección de Lumens																													
Numero de lámparas	1.00	<table border="1"> <tr> <td>Lumens de Luxómetro</td> <td>8,000.00 [Lm]</td> </tr> <tr> <td>Relación S/P</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>Lumens verdaderos</td> <td>13,737.05 [Lm]</td> </tr> </table>		Lumens de Luxómetro	8,000.00 [Lm]	Relación S/P	2.00	Lumens verdaderos	13,737.05 [Lm]																						
Lumens de Luxómetro	8,000.00 [Lm]																														
Relación S/P	2.00																														
Lumens verdaderos	13,737.05 [Lm]																														
Área	90.00	<table border="1"> <tr> <td>Reluctancia real piso</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Reluctancia real techo</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Reluctancias real Paredes</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>DPEA</td> <td>11.11</td> </tr> </table>		Reluctancia real piso	70	Reluctancia real techo	80	Reluctancias real Paredes	50	DPEA	11.11																				
Reluctancia real piso	70																														
Reluctancia real techo	80																														
Reluctancias real Paredes	50																														
DPEA	11.11																														
Lúmenes por lámpara	13,737.05	<table border="1"> <tr> <td>Relación de cavidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>9</td> <td>HCT</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>10</td> <td>HCL</td> <td>2.45</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>3.2</td> <td>HCP</td> <td>0.75</td> </tr> <tr> <td>RC</td> <td>3.37777778</td> <td>RCL</td> <td>2.58611111</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>1.57</td> <td>RCT</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>RCP</td> <td>0.79166667</td> </tr> </table>		Relación de cavidad				Ancho	9	HCT	0	Largo	10	HCL	2.45	Altura	3.2	HCP	0.75	RC	3.37777778	RCL	2.58611111	K	1.57	RCT	0			RCP	0.79166667
Relación de cavidad																															
Ancho	9	HCT	0																												
Largo	10	HCL	2.45																												
Altura	3.2	HCP	0.75																												
RC	3.37777778	RCL	2.58611111																												
K	1.57	RCT	0																												
		RCP	0.79166667																												
Lúmenes por luminario	13,737.05																														
CU	0.33																														
FPL	0.72																														
DLL	0.90																														
DPL	0.90																														
DPSL	0.89																														
Lúmenes totales	13,737.05																														
# de luminarios	11.02	10																													

8.- TABLA A.15: PASILLO DEL EDIFICIO

Pasillo Edificio C (Alberca)		Lámparas de inducción 40 watts/ 2800 lm																													
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>148.27</td> </tr> </table>		Nivel de Luxes Norma	150	Luxes Totales	148.27																								
Nivel de Luxes Norma	150																														
Luxes Totales	148.27																														
Calculo de la iluminación		Corrección de Lumens																													
Numero de lámparas	1.00	<table border="1"> <tr> <td>Lumens de Luxómetro</td> <td>2,800.00 [Lm]</td> </tr> <tr> <td>Relación S/P</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>Lumens verdaderos</td> <td>4,807.97 [Lm]</td> </tr> </table>		Lumens de Luxómetro	2,800.00 [Lm]	Relación S/P	2.00	Lumens verdaderos	4,807.97 [Lm]																						
Lumens de Luxómetro	2,800.00 [Lm]																														
Relación S/P	2.00																														
Lumens verdaderos	4,807.97 [Lm]																														
Área	90.00	<table border="1"> <tr> <td>Reluctancia real piso</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>Reluctancia real techo</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Reluctancias real Paredes</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>DPEA</td> <td>4.89</td> </tr> </table>		Reluctancia real piso	70	Reluctancia real techo	80	Reluctancias real Paredes	30	DPEA	4.89																				
Reluctancia real piso	70																														
Reluctancia real techo	80																														
Reluctancias real Paredes	30																														
DPEA	4.89																														
Lúmenes por lámpara	4,807.97	<table border="1"> <tr> <td>Relación de cavidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>2</td> <td>HCT</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>45</td> <td>HCL</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>Altura</td> <td>3.2</td> <td>HCP</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>RC</td> <td>8.35555556</td> <td>RCL</td> <td>8.35555556</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>1.62</td> <td>RCT</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>RCP</td> <td>0</td> </tr> </table>		Relación de cavidad				Ancho	2	HCT	0	Largo	45	HCL	3.2	Altura	3.2	HCP	0	RC	8.35555556	RCL	8.35555556	K	1.62	RCT	0			RCP	0
Relación de cavidad																															
Ancho	2	HCT	0																												
Largo	45	HCL	3.2																												
Altura	3.2	HCP	0																												
RC	8.35555556	RCL	8.35555556																												
K	1.62	RCT	0																												
		RCP	0																												
Lúmenes por luminario	4,807.97																														
CU	0.35																														
FPL	0.72																														
DLL	0.90																														
DPL	0.90																														
DPSL	0.89																														
Lúmenes totales	4,807.97																														
# de luminarios	11.13	11																													

9.- TABLA A.16: SALONES DEL EDIFICIO A (DIRECCIÓN)

Salones Edificio A(Dirección)		Lámparas de inducción 40 watts / 2800 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>400</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>297.09</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	400	Luxes Totales	297.09
Nivel de Luxes Norma	400								
Luxes Totales	297.09								
Calculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	Flujo luminoso (Lúmenes)	AREA (m ²)	Lumens de Luxómetro	2,800.00 [Lm]				
Área	14.00	Relación de cavidad		Relación S/P	2.00				
Lúmenes por lámpara	4,807.97	Ancho	3 HCT	0	Lumens verdaderos				
Lúmenes por luminario	4,807.97	Largo	3.5 HCL	2.45					
		Altura	3.2 HCP	0.75					
		RC	9.9047619 RCL	7.58333333					
		K	0.53 RCT	0					
				RCP	2.32142857				
CU	0.20	Reluctancia real piso		70					
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80					
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		30					
DPL	0.90	DPEA		17.14					
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	4,807.97								
# de luminarios	8.08								

6

10.- TABLA A.17: PASILLO DEL EDIFICIO A

Pasillo Edificio A		Lámparas de inducción 70 watts / 5250 lm							
Método de cavidad zonal		<table border="1"> <tr> <td>Nivel de Luxes Norma</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Luxes Totales</td> <td>147.43</td> </tr> </table>				Nivel de Luxes Norma	150	Luxes Totales	147.43
Nivel de Luxes Norma	150								
Luxes Totales	147.43								
Calculo de la iluminación		Relación de cavidad		Corrección de Lumens					
Numero de lámparas	1.00	Flujo luminoso (Lúmenes)	AREA (m ²)	Lumens de Luxómetro	5,250.00 [Lm]				
Área	324.00	Relación de cavidad		Relación S/P	2.00				
Lúmenes por lámpara	9,014.94	Ancho	2.7 HCT	0	Lumens verdaderos				
Lúmenes por luminario	9,014.94	Largo	120 HCL	2.45					
		Altura	3.2 HCP	0.75					
		RC	6.05925926 RCL	4.63912037					
		K	0.825 RCT	0					
				RCP	1.42013889				
CU	0.21	Reluctancia real piso		70					
FPL	0.72	Reluctancia real techo		80					
DLL	0.90	Reluctancias real Paredes		30					
DPL	0.90	DPEA		7.56					
DPSL	0.89								
Lúmenes totales	9,014.94								
# de luminarios	35.61								

35

11.- TABLA A.18: LABORATORIO DE ELÉCTRICA

Laboratorio Eléctrica		Lámparas de inducción 250 watts / 21250 lm	Lumens de luxómetro 21250		
Método de cavidad zonal			Relación S/P 2		
			Lumens Verdaderos 36489.031		
Calculo de la iluminación			Relación de cavidad		
Numero de lámparas 1.00		$LUX = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$	Ancho 30 HCT 3.25	Área Cubiculos 80	
Luxes 16.85			Largo 24 HCL 4.5		
Área 640.00			Altura 8.5 HCP 0.75		
Lúmenes por lámpara 36,489.03			RC 3.1875 RCL 1.6875		
Lúmenes por luminario 36,489.03			K 2.66 RCT 1.21875	RCP 0.28125	
CU 0.41		Reluctancia real piso 70			
FPL 0.72		Reluctancia real techo 75			
DLL 0.90		Reluctancias real Paredes 50			
DPL 0.90		DPEA 11.33			
DPSL 0.89					
Lúmenes totales 36,489.03					
# de luminarios 29.67					

29

12.- TABLA A.19: LABORATORIO DE MECÁNICA

Laboratorio Mecánica		Lámparas de inducción 250 watts / 21250 lm	Lumens de luxómetro 21250		
Método de cavidad zonal			Relación S/P 2		
			Lumens Verdaderos 36489.031		
Calculo de la iluminación			Relación de cavidad		
Numero de lámparas 1.00		$LUX = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$	Ancho 30 HCT 3.25	Área Cubiculos 40	
Luxes 15.84			Largo 24 HCL 4.5		
Área 680.00			Altura 8.5 HCP 0.75		
Lúmenes por lámpara 36,489.03			RC 3.1875 RCL 1.6875		
Lúmenes por luminario 36,489.03			K 2.66 RCT 1.21875	RCP 0.28125	
CU 0.41		Reluctancia real piso 70			
FPL 0.72		Reluctancia real techo 75			
DLL 0.90		Reluctancias real Paredes 50			
DPL 0.90		DPEA 11.40			
DPSL 0.89					
Lúmenes totales 36,489.03					
# de luminarios 31.56					

31

13.- TABLA A.20: LABORATORIO DE MATERIALES

Laboratorio Materiales		Lámparas de inducción 250 watts / 21250 lm						
Método de cavidad zonal								
Cálculo de la iluminación				Relación de cavidad				
Numero de lámparas	1.00	$LUX = \frac{\text{FLUJO LUMINOSO (Lúmenes)}}{\text{AREA (m}^2\text{)}}$	Ancho	30	HCT	3.25	Área Cubiculos	40
Luxes	15.84		Largo	24	HCL	4.5		
Área	680.00		Altura	8.5	HCP	0.75		
Lúmenes por lámpara	36,489.03		RC	3.1875	RCL	1.6875		
Lúmenes por luminario	36,489.03		K	2.66	RCT	1.21875		
					RCP	0.28125		
CU	0.41		Reluctancia real piso			70		
FPL	0.72		Reluctancia real techo			75		
DLL	0.90		Reluctancias real Paredes			50		
DPL	0.90		DPEA			11.40		
DPSL	0.89							
Lúmenes totales	36,489.03							
# de luminarios	31.56							

Nivel de Luxes Norma	500
Luxes Totales	491.06

*El número de lámparas obtenidas anteriormente fueron determinadas de acuerdo al apego con los valores estipulados por la NOM-007-ENER-2004 en lo que respecta al nivel de DPEA, valores estipulados para edificios escolares y anexas.

PERFIL DE CARGA DIARIA CASO BASE

03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15	09:30	09:45
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.672	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672
56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	441.366	459.966	459.966	449.898	454.866	473.466	473.466	463.398	454.866	473.466	473.466	463.398
14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	110.3415	114.9915	114.9915	112.4745	113.7165	118.3665	118.3665	115.8495	113.7165	118.3665	118.3665	115.8495

TABLA A.21 (continuación): Perfil de carga diaria Caso Base

PERFIL DE CARGA DIARIA CASO BASE

17:00	17:15	17:30	17:45	18:00	18:15	18:30	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	20:30	20:45	21:00	21:15	21:30	21:45	22:00	22:15	22:30	22:45	23:00	23:15	23:30	23:45	
10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	0	0	0	0	0	0	0
2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	0	0	0	0	0	0	0
0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	0	0	0	0	0	0	0	
56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	
7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	0	0	0	0	0	0	0	
5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0	0	0	0	0	
30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	0	0	0	0	0	0	0
1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	0.000	0	0	0	0	0	
0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	
2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	0	0	0	0	0	0	
0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	
5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0.000	5.034	5.034	5.034	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	0	0	0	0	0	0	0
11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	0	0	0	0	0	0	0
13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
244.566	263.166	263.166	253.098	462.966	481.566	481.566	471.498	462.966	473.466	473.466	463.398	454.866	473.466	473.466	463.398	441.366	422.676	422.676	412.608	404.076	66.228	66.228	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	
61.1415	65.7915	65.7915	63.2745	115.7415	120.3915	120.3915	117.8745	115.7415	118.3665	118.3665	115.8495	113.7165	118.3665	118.3665	115.8495	110.3415	105.669	105.669	103.152	101.019	16.557	16.557	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	

TABLA A.21 (continuación): Perfil de carga diaria Caso Base

*De la misma manera se estableció un Perfil de Carga Diaria en el Caso Propuesto (Sistemas de Inducción Electromagnética)

PERFIL CARGA SABATINO DE CASO BASE

03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15	04:30	04:45	05:00	05:15	05:30	05:45	06:00	06:15	06:30	06:45	07:00	07:15	07:30	07:45	08:00	08:15	08:30	08:45	09:00	09:15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.940	5.940
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672
56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400	218.400
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500
56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	56.16	404.076	422.676	422.676	412.608	454.866	473.466	473.466	463.398	460.806	479.406
14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	14.04	101.019	105.669	105.669	103.152	113.7165	118.3665	118.3665	115.8495	115.2015	119.8515

TABLA A.22 (continuación): Perfil de carga sabatino Caso Base

PERFIL CARGA SABATINO CASO BASE

09:30	09:45	10:00	10:15	10:30	10:45	11:00	11:15	11:30	11:45	12:00	12:15	12:30	12:45	13:00	13:15	13:30	13:45	14:00	14:15	14:30	14:45	15:00	15:15	15:30	15:45	16:00	16:15	16:30	16:45	
10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	10.560	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	0	0	0	0	0	0	0	0
1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	1.224	0	0	0	0	0	0	0	0
2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	2.805	0	0	0	0	0	0	0	0
2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	2.660	0	0	0	0	0	0	0	0
0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0.216	0	0	0	0	0	0	0	0
4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	4.500	0	0	0	0	0	0	0	0
1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	1.554	0	0	0	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	0	0	0	0	0	0	0	0
1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	1.998	0	0	0	0	0	0	0	0
0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0	0	0	0	0	0	0	0
0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0	0	0	0	0	0	0	0
0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0.665	0	0	0	0	0	0	0	0
0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0	0	0	0	0	0	0	0
0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0	0	0	0	0	0	0	0
0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0	0	0	0	0	0	0	0
5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	5.250	0	0	0	0	0	0	0	0
5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	5.940	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	34.632	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	2.220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	9.672	9.672	0	9.672	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	56.160	0	0	0	0	0	0	0	0
7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	7.020	0	0	0	0	0	0	0	0
5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	0	0	0	0	0	0	0	0
1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	1.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	4.960	4.960	4.960	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	24.000	0	0	0	0	0	0	0	0
2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	2.072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	3.968	3.968	3.968	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	6.480	0	0	0	0	0	0	0	0
5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	5.034	5.034	5.034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
218.400	218.400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	11.840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	13.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
479.406	469.338	242.406	261.006	261.006	250.938	236.93	255.53	255.53	245.462	223.43	223.43	223.43	213.362	198.09	198.09	198.09	188.022	182.082	182.082	182.082	182.082	0	0	0	0	0	0	0	0	
119.8515	117.3345	60.6015	65.2515	65.2515	62.7345	59.2325	63.8825	63.8825	61.3655	55.8575	55.8575	55.8575	53.3405	49.5225	49.5225	49.5225	47.0055	45.5205	45.5205	45.5205	45.5205	0	0	0	0	0	0	0	0	

TABLA A.22 (continuación): Perfil de carga sabatino Caso Base

ANEXO X

PERFILES DE CARGA CASO BASE Y CASO PROPUESTA

CASO BASE

Determinando la Demanda Facturable Mensual Promedio:

Cuotas y factores aplicables para tarifa H - M Central Promedio 3 Meses

Región	Cargo kW Demandable Facturable	Cargo por kWh de Energía Punta	Cargo por kWh de Energía Intermedia	Cargo por kWh de Energía Base	FRI	FRB
Central	\$179.07	\$2.0457	\$1.1975	\$1.0010	0.3	0.15

Región	Base	Demanda (kW) Intermedia	Punta	Orden	max (Di - Dp,0)	max (Db - Dpi, 0)	Demanda facturable (kW) (redondeado)	Costo por Demanda
Central	423	480	259	BIP	221	0	326	\$58,376.82

Al desglosar la expresión por partes:

Región	Base	Intermedia	Punta	max (Di-Dp,0)	Dpi=max(Dp,Di)	max(Db-Dpi,0)	Demanda facturable (redondeado)	Costo Mensual Promedio por Demanda Facturable
Central	423	480	259	221	480	0	326	\$58,376.82

Determinando la Energía Facturable Mensual Promedio:

Periodo Base	Costo de Energía en Periodo Intermedia	Costo de energía en periodo de Punta	Total Costo de Energía Mensual	Cargo Mensual Promedio por Demanda y Energía
	\$9,984.02	\$31,133.87	\$116,149.40	\$174,526.22

TABLA A.23: Perfil de carga Caso Base

CASO PROPUESTA

Determinando la Demanda Facturable Mensual Promedio:

Cuotas y factores aplicables para tarifa H - M Central Promedio 3 Meses

Región	Cargo kW	Cargo por kWh	Cargo por kWh	Cargo por kWh	FRI	FRB
	Demanda Facturable	de Energía Punta	de Energía Intermedia	de Energía Base		
Central	\$179.07	\$2.0457	\$1.1975	\$1.0010	0.3	0.15

Región	Base	Demanda (kW) Intermedia	Punta	Orden	max (Di - Dp,0)	max (Db - Dpi, 0)	Demanda facturable (kW)	Costo por Demanda
Central	311	346	207	BPI	139	0	249	\$44,588.43

Al desglosar la expresión por partes:

Región	Base	Intermedia	Punta	max (Di-Dp,0)	Dpi=max(Dp,Di)	max(Db-Dpi,0)	Demanda facturable (redondeado)	Costo Mensual Promedio por Demanda Facturable
Central	311	346	207	139	346	0	249	\$44,588.43

Determinando la Energía Facturable Mensual Promedio:

Costo de Energía en Periodo Base	Costo de Energía en Periodo Intermedia	Costo de energía en periodo de Punta	Total Costo de Energía Mensual	Cargo Mensual Promedio por Demanda y Energía
\$9,533.28	\$23,823.42	\$50,541.26	\$83,897.96	\$128,486.39

TABLA A.24: Perfil de carga Caso Propuesta

ANEXO XI

PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN DE COSTO DE MANTENIMIENTO

Los Datos obtenidos de Catalogo son los siguientes:

Lámpara fluorescente T12 2x75 [W]

Potencia Eléctrica total del Sistema (con Balastro) de 165 [W]

Potencia Eléctrica total por Lámpara de 82.5 [W]

Flujo luminoso de 4,600 [Lm]

Temperatura de Color Correlacionada de 5,000[K]

Índice de Rendimiento de Color de 90 [adim]

Vida útil de 12,000[Horas], Vida Nominal de 9,600 [Horas]

Costo de la inicial por lámpara \$ 128.9 [NMX/lamp]

Tipo de Cambio= $13.18 \left[\frac{NMX}{usd} \right]$

Horas de uso de la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería $12.83 \left[\frac{Horas}{día} \right]$

Número de Sistemas presentes en la Facultad de Ingeniería= 81

Con los datos se procede a lo siguiente:

Temperatura de color [Mr]

$$T.C [Mr] = \frac{10^6}{T.C.C} = \frac{10^6}{5000} = 200$$

Eficacia Nominal [Lm/W]

$$Eficacia Nominal \left[\frac{Lm}{W} \right] = \frac{Flujo Luminoso}{Potencia Eléctrica} = \frac{4600}{82.5} = 55.75 \left[\frac{Lm}{W} \right]$$

Costo Inicial del Equipo [usd/Lamp]

$$\$_{Equipo inicial} \left[\frac{usd}{Lamp} \right] = \frac{\$_{Equipo en pesos}}{Tipo de Cambio \left[\frac{NMX}{usd} \right]} = \frac{128.9}{13.18} = 9.78 \left[\frac{usd}{Lamp} \right]$$

Carga Térmica [BTU/año]

Teniendo en cuenta lo siguiente

Energía Térmica Energía
 Eléctrica
 [BTU] ↔ [WHoras]
 [BTU/Horas] ↔ [W]

Se encuentran las siguientes equivalencias

$$1[W] = 3.412 [BTU/Hora]$$

$$1[BTU] = 0.2930[WHoras]$$

$$C.T. \left[\frac{BTU}{Horas} \right] = Potencia Eléctrica [W] * \frac{1}{0.2930} \left[\frac{BTU}{WHoras} \right] = \frac{82.5[W]}{0.2930 \left[\frac{BTU}{WHoras} \right]}$$

$$= 281.56$$

Para la vida de la lámpara los BTU'S son:

$$281.56 \left[\frac{BTU}{Horas} \right] * 12,000 \left[\frac{Horas}{Lamp} \right] = 3,378,720 \left[\frac{BTU}{Lamp} \right]$$

Para obtener los BTU'S anuales:

$$281.56 \left[\frac{BTU}{Horas} \right] * 8760 \left[\frac{Horas}{año} \right] = 2,466,465.6 \left[\frac{BTU}{año} \right]$$

Para obtener los BTU'S diarios:

$$281.56 \left[\frac{BTU}{Horas} \right] * 12.83 \left[\frac{Horas}{día} \right] = 3,612.41 \left[\frac{BTU}{día} \right]$$

La Producción de Energía Luminosa PEL

Se expresa la cantidad de luz emitida

$$Q[LmHoras] = \emptyset[Lm] * Vida Nominal [Horas] = 4,600[Lm] * 12,000 [Horas]$$

$$= 55.2 [MLm Horas]$$

La Producción de energía luminosa respecto al costo inicial es

$$PEL = 55.2 \frac{[MLm Horas]}{9.78 \left[\frac{usd}{Lamp} \right]} = 5.64 \left[\frac{MLm Horas Lamp}{usd} \right]$$

Las Toneladas de Refrigeración Equivalentes [T_R]

Para este caso no aplican por no ser un equipo de esta naturaleza.

Consumo Anual de Energía Eléctrica en Iluminación [WHoras/año]

Tomando en cuenta que son 81 sistemas T12 2x75 [W] en la Biblioteca, o mas bien 162 lámparas tenemos:

$$\begin{aligned} \$_{Energía} \left[\frac{kWHoras}{Lamp \text{ año}} \right] &= \text{Número}[Lamp] * \text{Potencia} \left[\frac{kW}{Lamp} \right] * \text{Tiempo}_{encendido} \left[\frac{Horas}{día} \right] \\ &* \text{Días del año} \left[\frac{día}{año} \right] \end{aligned}$$

$$\$_{Energía} = 162 [Lamp] * 0.082 \left[\frac{kW}{Lamp} \right] * 12.83 \left[\frac{Horas}{día} \right] * 365 \left[\frac{día}{año} \right]$$

$$\$_{Energía} = 162 [Lamp] * 386.34 * 10^3 \left[\frac{WHoras}{Lamp \text{ año}} \right] = 62.587626 \left[\frac{MWHora}{año} \right]$$

Si con el resultado obtenido se le considera con la cuota promedio de Energía y se considera en usd con la conversión siguiente (última semana de Agosto 2012)

$$1 [usd] = 13.18 [MXN] ; 1[MNX] = 0.075 [usd]$$

con la cuota promedio de los meses Agosto, Septiembre y Octubre del 2012 de Energía, por parte de Comisión Federal de Electricidad (CFE) es de \$1.4 [MXN] y en usd es

$$CPE \left[\frac{usd}{kWHoras} \right] = \$ 1.4 \left[\frac{MXN}{kWHora} \right] * 0.075 \left[\frac{usd}{MXN} \right] = 0.106 \left[\frac{usd}{kWHoras} \right]$$

El costo Eléctrico Anual en Iluminación [usd/año] de las 162 lámparas T12 2x75 [W] en la Biblioteca es

$$\begin{aligned} \$_{Eléctrico} \left[\frac{usd}{año} \right] &= \text{Energía} \left[\frac{kWHoras}{Lamp \text{ año}} \right] * CPE \left[\frac{usd}{kWHoras} \right] \\ &= 62,587.62 \left[\frac{kWHora}{año} \right] * 0.106 \left[\frac{usd}{kWHoras} \right] = 6,632.61 \left[\frac{usd}{año} \right] \end{aligned}$$

La relación costo eléctrico costo lámpara es

$$\left[\frac{\$_{Eléctrico}}{\$_{Equipo \text{ inicial}}} \right] = \frac{6,648.107 \left[\frac{usd}{año} \right]}{9.78 \left[\frac{usd}{año} \right]} = 679.76 \left[\frac{Lamp}{año} \right]$$

El Número de lámparas remplazadas (de 9,600 Horas) es

$$NLR = \frac{162 [Lamp] * 12.83 \left[\frac{Horas}{día} \right] * 365 \left[\frac{día}{año} \right]}{9,600 [Horas]} = 79.02 \left[\frac{Lamp}{año} \right]$$

El costo del equipo anual remplazado

$$\begin{aligned} \$_{Equipo Anual Remplazado} &= NLR * \$_{Equipo inicial} = 79.024 \left[\frac{Lamp}{año} \right] * 9.78 \left[\frac{usd}{año} \right] \\ &= 775.27 \left[\frac{usd}{año} \right] \end{aligned}$$

Calculando la Mano de Obra

Partiendo del hecho de que aproximadamente un técnico en instalaciones y reparaciones eléctricas gana aproximadamente en sueldo neto \$6,000.00 pesos al mes y el factor de conversión al salario bruto es de aproximadamente 1.3 se tiene:

$$\$_{Salario Bruto Mensual} = \$6,000 * 1.3 = \$7,800 \left[\frac{MNX}{mes} \right]$$

Haciendo la conversión a dólares por mes

$$\$_{Salario Bruto Mensual} = \$7,800 \left[\frac{MNX}{mes} \right] * 0.075 \left[\frac{usd}{MNX} \right] = 591.80 \left[\frac{usd}{mes} \right]$$

Las horas por mes laboradas son las siguientes

Calculando las semanas por mes

$$\frac{48 \left[\frac{semanas}{año} \right]}{12 \left[\frac{meses}{año} \right]} = 4 \left[\frac{semanas}{mes} \right]$$

Las horas laboradas por mes son

$$4 \left[\frac{semanas}{mes} \right] * 40 \left[\frac{Horas}{semana} \right] = 160 \left[\frac{Horas}{mes} \right]$$

El sueldo mensual de cada técnico es

$$\$_{Sueldo del técnico} \left[\frac{usd}{mes} \right] = \frac{591.8016 \left[\frac{usd}{mes} \right]}{160 \left[\frac{Horas}{mes} \right]} = 3.69 \left[\frac{usd}{Hora} \right]$$

Y agregando el 50% de gastos diversos sobre el sueldo mensual de cada técnico para el patrón se tiene

$$\$_{\text{Sueldo del técnico para el patrón}} \left[\frac{\text{usd}}{\text{mes}} \right] = 3.69 \left[\frac{\text{usd}}{\text{Hora}} \right] + \frac{3.69}{2} = 5.54 \left[\frac{\text{usd}}{\text{Hora}} \right]$$

Para una cuadrilla se tiene que estimando trabajan mínimo por seguridad conjuntamente dos técnicos y hacen un remplazo aproximadamente en 30 minutos y se tiene:

$$\begin{aligned} \$_{\text{Sueldo de la cuadrilla}} \left[\frac{\text{usd}}{\text{Lamp}} \right] &= 30 \text{ min}_{\text{cambio de lámpara}} * \$_{\text{Sueldo del técnico para el patrón}} \\ &* \text{Número}_{\text{Personal de cuadrilla}} \\ \$_{\text{Sueldo de la cuadrilla}} \left[\frac{\text{usd}}{\text{Lamp}} \right] &= 0.5 [\text{Horas}] * 5.54 \left[\frac{\text{usd}}{\text{Hora}} \right] * 2 \left[\frac{\text{p. u}_{\text{Técnicos}}}{\text{Lamp}} \right] \\ &= 5.54 \left[\frac{\text{usd}}{\text{Lamp}} \right] \end{aligned}$$

La Mano de Obra al Año es

$$\$_{\text{MObra}} = \$_{\text{Sueldo de la cuadrilla}} * \text{NLR} = 5.54 \left[\frac{\text{usd}}{\text{Lamp}} \right] * 79.024 \left[\frac{\text{Lamp}}{\text{año}} \right] = 439.81 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right]$$

Con todos estos datos el Costo de Mantenimiento Anual es

$$\begin{aligned} \$_{\text{Mantto Anual}} &= \$_{\text{Equipo Anual Reemplazado}} + \$_{\text{MObra}} \\ \$_{\text{Mantto Anual}} &= 775.27 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] + 439.81 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] = 1,215.08 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] \end{aligned}$$

El Costo de Operación Anual será

$$\begin{aligned} \$_{\text{Operación}} &= \$_{\text{Eléctrico Anual}} + \$_{\text{Mantto Anual}} \\ \$_{\text{Operación}} &= 6,632.61 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] + 1,215.08 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] = 7,847.69 \left[\frac{\text{usd}}{\text{año}} \right] \end{aligned}$$

Nota: De misma forma se realizado el mismo cálculo en todos los sistemas (presentes en la Facultad de Ingeniería) y los propuestos en la presente tesis (inducción electromagnética)

para cada área de trabajo en dicho recinto, como se puede mostrar en forma de hoja de cálculo en el ANEXO XII para cada uno de los sistemas.

ANEXO XII

CALCULO DE COSTO DE MANTENIMIENTO

TABLA A.25: Costo mantenimiento Caso Base

Sistema T12 2x75			
Biblioteca		# Sistemas	81.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara	F96T12	
Largo total	[In]		96.00
Potencia de línea del sistema	[W]		165.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		4,050.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		14,448.28
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		9,600.00
CRI	[Adimensional]		90.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		10.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		49.09
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		87.57
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		9.78
Costo inicial del equipo	[USD]		19.56
Carga térmica	[Btu/Hrs]		562.98
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		5,404,608.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		4,931,704.80
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		62,441.28
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		138.70
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		14.18
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		6,632.61
1 año	365	[días]	
Horas de encendido lámparas diario L-V	14	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	7	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	77	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	308	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía por	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara			339.09 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			79.27 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico			6,000.00 [\$ /mes]
Factor de conversión del salario base real			1.30
Salario Bruto Mensual			7,800.00 [\$]
Salario Bruto Mensual en USD			591.81 [USD]
Salario por Hora			3.70 [USD/Hr]
Costos Misceláneos			1.85 [USD/Hr]
Costos Mano de obra			5.55 [Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla			2.00
tiempo de trabajo por mantenimiento			0.50 [hrs]
Sueldo de la cuadrilla			5.55 [USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico			6,632.61 [USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara			678.18 [Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado			775.27 [USD/año]
Costo por mano de Obra			439.81 [USD/año]
Costo de mantenimiento anual			1,215.08 [USD/año]
Costo de operación anual			7,847.69 [USD/año]

Corrección de Lumen		
Lumen de Luxómetro	8,100.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumen verdaderos	14,448.28	[TLm]

Sistema T12 2x55			
Biblioteca		# Sistemas	40.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara	F72T12	
Largo total	[In]		72.00
Potencia de línea del sistema	[W]		133.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		3,500.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		12,671.29
TCR	[K]		6,500.00
TC	[Mr]		153.85
Vida nominal	[Hrs]		9,600.00
CRI	[Adimensional]		75.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		52.63
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		95.27
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		15.46
Costo inicial del equipo	[USD]		30.92
Carga térmica	[Btu/Hrs]		453.80
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		4,356,441.60
Carga térmica anual	[Btu/año]		3,975,252.96
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		24,913.29
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		121.64
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		7.87
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		2,646.33
1 año	365	[días]	
Horas de encendido diario L - V.	14	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	7	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	77	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	308	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara			85.59 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			39.02 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico			6,000.00 [\$ /mes]
Factor de conversión del salario base real			1.30
Salario Bruto Mensual			7,800.00 [\$]
Salario Bruto Mensual en USD			591.81 [USD]
Salario por Hora			3.70 [USD/Hr]
Costos Misceláneos			1.85 [USD/Hr]
Costos Mano de obra			5.55 [Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla			2.00
tiempo de trabajo por mantenimiento			0.50 [hrs]
Sueldo de la cuadrilla			5.55 [USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico			2,646.33 [USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara			171.17 [Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado			603.32 [USD/año]
Costo por mano de Obra			216.52 [USD/año]
Costo de mantenimiento anual			819.84 [USD/año]
Costo de operación anual			3,466.16 [USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	7,000.00	[Lm]
Relación S/P	2.14	
Lumens verdaderos	12,671.29	[Lm]

TABLA A.25 (continuación): Costo mantenimiento Caso Base

Sistema T8 2x32			
Biblioteca		# Sistemas	50.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F40T12
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		72.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		2,860.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		10,202.98
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		79.44
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		141.71
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		12.99
Costo inicial del equipo	[USD]		25.98
Carga térmica	[Btu/Hrs]		245.66
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		3,930,624.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,152,016.64
Consumo anual de energía	[KWh/año]		16,858.62
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		163.25
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.57
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		1,790.75
1 año	365	[días]	
Horas de encendido diario L - V.	14	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	7	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	77	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	308	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara	= \$ Electrico/\$ inicial		68.93 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			29.27 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,500.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		8,450.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		641.12	[USD]
Salario por Hora		4.01	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		2.00	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		6.01	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		6.01	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		1,790.75	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		137.86	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		380.20	[USD/año]
Costo por mano de Obra		175.92	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		556.12	[USD/año]
Costo de operación anual		2,346.86	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	5,720.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumens verdaderos	10,202.98	[Lm]

Sistema T8 2x32			
Edificio A Salones		# Sistemas	468.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F40T12
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		72.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		2,860.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		10,202.98
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		79.44
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		141.71
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		12.99
Costo inicial del equipo	[USD]		25.98
Carga térmica	[Btu/Hrs]		245.66
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		3,930,624.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,152,016.64
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		169,726.75
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		163.25
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.57
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		18,028.64
1 año	365	[días]	
Horas de encendido diario L - V.	15	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	8	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	83	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	332	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara	= \$ Electrico/\$ inicial		693.94 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			294.66 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,500.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		8,450.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		641.12	[USD]
Salario por Hora		4.01	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		2.00	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		6.01	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		6.01	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		18,028.64	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		1,387.89	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		3,827.69	[USD/año]
Costo por mano de Obra		1,771.09	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		5,598.78	[USD/año]
Costo de operación anual		23,627.42	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	5,720.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumens verdaderos	10,202.98	[Lm]

TABLA A.25 (continuación): Costo mantenimiento Caso Base

Sistema T8 2x32			
Edificio A Pasillos		# Sistemas	30.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F40T12
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		72.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		2,860.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		10,202.98
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		79.44
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		141.71
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		12.99
Costo inicial del equipo	[USD]		25.98
Carga térmica	[Btu/Hrs]		245.66
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		3,930,624.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,152,016.64
Consumo anual de energía	[kWh/año]		8,357.04
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		163.25
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.57
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		887.70
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V.	12 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D.	4 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	64 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	256 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11	[USD/KW/hr]
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		34.17	[Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas		14.51	[Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,500.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		8,450.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		641.12	[USD]
Salario por Hora		4.01	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		2.00	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		6.01	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Suelo de la cuadrilla		6.01	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		887.70	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		68.34	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		188.47	[USD/año]
Costo por mano de Obra		87.21	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		275.67	[USD/año]
Costo de operación anual		1,163.37	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	5,720.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumens verdaderos	10,202.98	[Lm]

Sistema T8 2x32			
Edificio C Pasillos		# Sistemas	44.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F40T12
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		72.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		2,860.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		10,202.98
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		79.44
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		141.71
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		12.99
Costo inicial del equipo	[USD]		25.98
Carga térmica	[Btu/Hrs]		245.66
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		3,930,624.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,152,016.64
Consumo anual de energía	[kWh/año]		12,256.99
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		163.25
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.57
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		1,301.96
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V.	12 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D.	4 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	64 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	256 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11	[USD/KW/hr]
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		50.11	[Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas		21.28	[Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,500.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		8,450.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		641.12	[USD]
Salario por Hora		4.01	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		2.00	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		6.01	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Suelo de la cuadrilla		6.01	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		1,301.96	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		100.23	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		276.42	[USD/año]
Costo por mano de Obra		127.90	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		404.32	[USD/año]
Costo de operación anual		1,706.28	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	5,720.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumens verdaderos	10,202.98	[Lm]

TABLA A.25 (continuación): Costo mantenimiento Caso Base

Sistema T8 2x32			
Edificio B Cubiculos		# Sistemas	16.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F40T12
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		72.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		2,860.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		10,202.98
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		79.44
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		141.71
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		12.99
Costo inicial del equipo	[USD]		25.98
Carga térmica	[Btu/Hrs]		245.66
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		3,930,624.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,152,016.64
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		5,298.05
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		163.25
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.57
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		562.77
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V.	14 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D.	5 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	75 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	300 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]	
Relación Costo Lámpara = \$ Electrico/\$ inicial		21.66 [Lamp/año]	
Numero de lámparas reemplazadas		9.20 [Lamp/año]	
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,500.00 [\$/mes]	
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		8,450.00 [\$]	
Salario Bruto Mensual en USD		641.12 [USD]	
Salario por Hora		4.01 [USD/Hr]	
Costos Misceláneos		2.00 [USD/Hr]	
Costos Mano de obra		6.01 [Hr/Hombre]	
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]	
Sueldo de la cuadrilla		6.01 [USD/lamp]	
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		562.77 [USD/año]	
Relación Costo eléctrico Lámpara		43.32 [Lamp/año]	
Costo por equipo anual reemplazado		119.48 [USD/año]	
Costo por mano de Obra		55.28 [USD/año]	
Costo de mantenimiento anual		174.77 [USD/año]	
Costo de operación anual		737.53 [USD/año]	

Corrección de Lumens	
Lumens de Luxómetro	5,720.00 [Lm]
Relación S/P	2.10
Lumens verdaderos	10,202.98 [Lm]

Sistema T8 2x59			
Biblioteca		# Sistemas	38.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		F96T8/SPX50
Largo total	[In]		96.00
Potencia de línea del sistema	[W]		150.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		5,650.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		20,156.24
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		12,000.00
CRI	[Adimensional]		86.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		75.33
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		134.37
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		19.04
Costo inicial del equipo	[USD]		38.08
Carga térmica	[Btu/Hrs]		511.80
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		6,141,600.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		4,483,368.00
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		26,692.82
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		241.87
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.70
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		2835.352124
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V.	14 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D.	7 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	77 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	308 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]	
Relación Costo Lámpara		74.46 [Lamp/año]	
Numero de lámparas reemplazadas		29.66 [Lamp/año]	
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,000.00 [\$/mes]	
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]	
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]	
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]	
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]	
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]	
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]	
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]	
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		2,835.35 [USD/año]	
Relación Costo eléctrico Lámpara		148.92 [Lamp/año]	
Costo por equipo anual reemplazado		564.70 [USD/año]	
Costo por mano de Obra		164.55 [USD/año]	
Costo de mantenimiento anual		729.25 [USD/año]	
Costo de operación anual		3,564.61 [USD/año]	

Corrección de Lumens	
Lumens de Luxómetro	11,300.00 [Lm]
Relación S/P	2.10
Lumens verdaderos	20,156.24 [Lm]

TABLA A.25 (continuación): Costo mantenimiento Caso Base

Sistema T8 2x59			
Salones Edificio C		# Sistemas	360.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara	F96T8/SPX50	
Largo total	[In]		96.00
Potencia de línea del sistema	[W]		150.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		5,650.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		20,156.24
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		12,000.00
CRI	[Adimensional]		86.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		75.33
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		134.37
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		19.04
Costo inicial del equipo	[USD]		38.08
Carga térmica	[Btu/Hrs]		511.80
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		6,141,600.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		4,483,368.00
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		272,589.30
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		241.87
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		12.70
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		28954.85736
1 año	365	[días]	
Horas de encendido diario L - V.	15	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	8	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	83	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	332	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara			760.37 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			302.88 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,000.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		7,800.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		591.81	[USD]
Salario por Hora		3.70	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		1.85	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		5.55	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		5.55	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		28,954.86	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		1,520.74	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		5,766.78	[USD/año]
Costo por mano de Obra		1,680.42	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		7,447.19	[USD/año]
Costo de operación anual		36,402.05	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	11,300.00	[Lm]
Relación S/P	2.10	
Lumens verdaderos	20,156.24	[Lm]

Sistema T12 2x40			
Biblioteca		# Sistemas	20.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara	F32T8/SP50/ECO	
Largo total	[In]		48.00
Potencia de línea del sistema	[W]		92.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[TLm]		2,560.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[Lm]		8,791.71
TCR	[K]		5,000.00
TC	[Mr]		200.00
Vida nominal	[Hrs]		16,000.00
CRI	[Adimensional]		80.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.92
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		55.65
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		95.56
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		10.01
Costo inicial del equipo	[USD]		20.02
Carga térmica	[Btu/Hrs]		313.90
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		5,022,464.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		2,749,799.04
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		8,616.63
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		140.67
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		14.05
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		915.27
1 año	365	[días]	
Horas de encendido diario L - V.	14	[Hrs]	
Horas de encendido diario S - D.	7	[Hrs]	
# de horas de trabajo a la semana	77	[Hrs/semana]	
# de semanas	4	[semana/mes]	
# Horas por mes	308	[Hrs/mes]	
# Horas por año	8760	[Hrs/año]	
# Horas laborales por mes	160	[Hrs/mes]	
Tipo de Cambio	1[USD]=	13.18	1[\$]= 0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4	a USD	0.11 [USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara	= \$ Eléctrico/\$ inicial		45.72 [Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas			11.71 [Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,000.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		7,800.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		591.81	[USD]
Salario por Hora		3.70	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		1.85	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		5.55	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		5.55	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		915.27	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		91.44	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		117.19	[USD/año]
Costo por mano de Obra		64.95	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		182.15	[USD/año]
Costo de operación anual		1,097.42	[USD/año]

Corrección de Lumens		
Lumens de Luxómetro	5,120.00	[Lm]
Relación S/P	2.00	
Lumens verdaderos	8,791.71	[Lm]

TABLA A.25 (continuación): Costo mantenimiento Caso Base

Sistema Cir. T9			
Biblioteca		# Sistemas	19.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		FC12T9D
Largo total	[In]		12.00
Potencia de línea del sistema	[W]		35.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		690.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[TLm]		2,570.60
TCR	[K]		6,500.00
TC	[Mr]		153.85
Vida nominal	[Hrs]		9,600.00
CRI	[Adimensional]		75.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		
THD nominal	[%]		20.00
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]		39.43
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]		73.45
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		8.95
Costo inicial del equipo	[USD]		17.90
Carga térmica	[Btu/Hrs]		119.42
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		1,146,432.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		1,046,119.20
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		3,114.16
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		24.68
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		2.76
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		330.79
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V	14 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D	7 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	77 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	308 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11	[USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara = \$ Electrico/\$ inicial		18.48	[Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas		9.27	[Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,000.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		7,800.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		591.81	[USD]
Salario por Hora		3.70	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		1.85	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		5.55	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		5.55	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		330.79	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		36.96	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		82.95	[USD/año]
Costo por mano de Obra		51.42	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		134.37	[USD/año]
Costo de operación anual		465.17	[USD/año]

Corrección de Lumens	
Lumens de Luxómetro	1,380.00 [Lm]
Relación S/P	2.22
Lumens verdaderos	2,570.60 [Lm]

Sistema MVR400			
Edificio B		# Sistemas	48.00
Designación Genérica		Unidad	
	Designación de la lámpara		MVR400/SP30/U
Largo total	[In]		
Potencia de línea del sistema	[W]		455.00
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]		17,100.00
Flujo luminoso nominal del sistema	[Lm]		68,400.00
TCR	[K]		3,000.00
TC	[Mr]		333.33
Vida nominal	[Hrs]		12,000.00
CRI	[Adimensional]		70.00
DLL	[Adimensional]		0.95
Factor de Potencia	[p.u]		0.95
THD nominal	[%]		10.00
Eficacia del sistema	[Lm/W]		150.33
Costo inicial de una lámpara	[USD/lamp]		28.86
Costo inicial del equipo	[USD]		115.44
Carga térmica	[Btu/Hrs]		1,552.46
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]		18,629,520.00
Carga térmica anual	[Btu/año]		13,599,549.60
Consumo anual de energía	[Kwh/año]		50,460.23
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]		820.80
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]		28.44
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]		5,359.96
1 año	365 [días]		
Horas de encendido diario L - V	7 [Hrs]		
Horas de encendido diario S - D	3 [Hrs]		
# de horas de trabajo a la semana	38 [Hrs/semana]		
# de semanas	4 [semana/mes]		
# Horas por mes	152 [Hrs/mes]		
# Horas por año	8760 [Hrs/año]		
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]		
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]=	0.08
\$=pesos			
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11	[USD/KWhr]
Relación Costo Lámpara = \$ Electrico/\$ inicial		46.43	[Lamp/año]
Numero de lámparas reemplazadas		9.24	[Lamp/año]
Calculo de la mano de Obra			
Salario Técnico		6,000.00	[\$/mes]
Factor de conversión del salario base real		1.30	
Salario Bruto Mensual		7,800.00	[\$]
Salario Bruto Mensual en USD		591.81	[USD]
Salario por Hora		3.70	[USD/Hr]
Costos Misceláneos		1.85	[USD/Hr]
Costos Mano de obra		5.55	[Hr/Hombre]
# de trabajadores por cuadrilla		2.00	
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50	[hrs]
Sueldo de la cuadrilla		5.55	[USD/lamp]
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía			
Costo eléctrico		5,359.96	[USD/año]
Relación Costo eléctrico Lámpara		185.72	[Lamp/año]
Costo por equipo anual reemplazado		266.72	[USD/año]
Costo por mano de Obra		51.28	[USD/año]
Costo de mantenimiento anual		317.99	[USD/año]
Costo de operación anual		5,677.96	[USD/año]

TABLA A.26: Costo mantenimiento Caso Propuesta

Sistema Inducción 120 [W]				Corrección de Lumens	
Biblioteca	# Sistemas	93.00	Eficiencia 80		
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	9,600.00 [Lm]	
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00	
			Lumens verdaderos	16,484.46 [Lm]	
Potencia de línea del sistema	[W]	120.00			
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	9,600.00			
TCR	[K]	5,000.00			
TC	[Mr]	200.00			
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00			
CRI	[Adimensional]	88.00			
DLL	[Adimensional]	0.90			
Factor de Potencia	[p.u]	0.97			
THD nominal	[%]	<10			
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	80.00			
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	137.37			
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	91.00			
Costo inicial del equipo	[USD]	127.46			
Carga térmica	[Btu/Hrs]	409.44			
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	32,755,200.00			
Carga térmica anual	[Btu/año]	3,586,694.40			
Consumo anual de energía	[KwH/año]	52,261.72			
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	1,318.76			
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	14.49			
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	5,551.32			
1 año	365 [días]				
Horas de encendido diario L - V.	14 [Hrs]				
Horas de encendido diario S - D.	7 [Hrs]				
# de horas de trabajo a la semana	77 [Hrs/semana]				
# de semanas	4 [semana/mes]				
# Horas por mes	308 [Hrs/mes]				
# Horas por año	8760 [Hrs/año]				
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]				
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08			
\$=pesos					
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]			
Relación Costo Lámpara = \$ Electrico/\$ inicial		61.00 [Lamp/año]			
Numero de lámparas reemplazadas		5.44 [Lamp/año]			
Calculo de la mano de Obra					
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]			
Factor de conversión del salario base real		1.30			
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]			
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]			
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]			
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]			
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]			
# de trabajadores por cuadrilla		2.00			
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]			
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]			
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía					
Costo eléctrico		5,551.32 [USD/año]			
Relación Costo eléctrico Lámpara		61.00 [Lamp/año]			
Costo por equipo anual reemplazado		495.40 [USD/año]			
Costo por mano de Obra		30.20 [USD/año]			
Costo de mantenimiento anual		525.60 [USD/año]			
Costo de operación anual		6,076.92 [USD/año]			

Sistema Inducción 100 [W]				Corrección de Lumens	
Biblioteca	# Sistemas	10.00	Eficiencia 80		
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	8,000.00 [Lm]	
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00	
			Lumens verdaderos	13,737.05 [Lm]	
Potencia de línea del sistema	[W]	100.00			
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	8,000.00			
TCR	[K]	5,000.00			
TC	[Mr]	200.00			
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00			
CRI	[Adimensional]	88.00			
DLL	[Adimensional]	0.90			
Factor de Potencia	[p.u]	0.97			
THD nominal	[%]	<10			
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	80.00			
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	137.37			
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	89.30			
Costo inicial del equipo	[USD]	125.00			
Carga térmica	[Btu/Hrs]	341.20			
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	27,296,000.00			
Carga térmica anual	[Btu/año]	2,988,912.00			
Consumo anual de energía	[KwH/año]	4,682.95			
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	1,098.96			
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	12.31			
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	497.43			
1 año	365 [días]				
Horas de encendido diario L - V.	14 [Hrs]				
Horas de encendido diario S - D.	7 [Hrs]				
# de horas de trabajo a la semana	77 [Hrs/semana]				
# de semanas	4 [semana/mes]				
# Horas por mes	308 [Hrs/mes]				
# Horas por año	8760 [Hrs/año]				
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]				
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08			
\$=pesos					
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]			
Relación Costo Lámpara = \$ Electrico/\$ inicial		5.57 [Lamp/año]			
Numero de lámparas reemplazadas		0.59 [Lamp/año]			
Calculo de la mano de Obra					
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]			
Factor de conversión del salario base real		1.30			
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]			
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]			
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]			
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]			
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]			
# de trabajadores por cuadrilla		2.00			
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]			
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]			
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía					
Costo eléctrico		497.43 [USD/año]			
Relación Costo eléctrico Lámpara		5.57 [Lamp/año]			
Costo por equipo anual reemplazado		52.27 [USD/año]			
Costo por mano de Obra		3.25 [USD/año]			
Costo de mantenimiento anual		55.52 [USD/año]			
Costo de operación anual		552.95 [USD/año]			

TABLA A.26 (continuación): Costo mantenimiento Caso Propuesta

Sistema Inducción 40 [W]			Corrección de Lumens	
Salones Edificio A	# Sistemas	239.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	2,800.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00
			Lumens verdaderos	4,807.97 [Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	40.00		
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	2,800.00		
TCR	[K]	5,000.00		
TC	[Mr]	200.00		
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00		
CRI	[Adimensional]	88.00		
DLL	[Adimensional]	0.90		
Factor de Potencia	[p.u]	0.97		
THD nominal	[%]	< 10		
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	70.00		
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	120.20		
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	70.78		
Costo inicial del equipo	[USD]	99.15		
Carga térmica	[Btu/Hrs]	136.48		
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	10,918,400.00		
Carga térmica anual	[Btu/año]	1,195,564.80		
Consumo anual de energía	[Kwh/año]	48,258.40		
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	384.64		
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	5.43		
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	5,126.08		
1 año	365 [días]			
Horas de encendido diario L - V.	15 [Hrs]			
Horas de encendido diario S - D.	8 [Hrs]			
# de horas de trabajo a la semana	83 [Hrs/semana]			
# de semanas	4 [semana/mes]			
# Horas por mes	332 [Hrs/mes]			
# Horas por año	8760 [Hrs/año]			
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]			
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08		
\$=pesos				
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]		
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		72.42 [Lamp/año]		
Numero de lámparas reemplazadas		15.08 [Lamp/año]		
Calculo de la mano de Obra				
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]		
Factor de conversión del salario base real		1.30		
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]		
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]		
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]		
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]		
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]		
# de trabajadores por cuadrilla		2.00		
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]		
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]		
Costo Eléctrico-Consumo de energía anual*Precio de la compañía				
Costo eléctrico		5,126.08 [USD/año]		
Relación Costo eléctrico Lámpara		72.42 [Lamp/año]		
Costo por equipo anual reemplazado		1,067.42 [USD/año]		
Costo por mano de Obra		83.67 [USD/año]		
Costo de mantenimiento anual		1,151.09 [USD/año]		
Costo de operación anual		6,277.17 [USD/año]		

Sistema Inducción 70 [W]			Corrección de Lumens	
Pasillos Edificio A	# Sistemas	105.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	5,250.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00
			Lumens verdaderos	9,014.94 [Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	70.00		
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	5,250.00		
TCR	[K]	5,000.00		
TC	[Mr]	200.00		
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00		
CRI	[Adimensional]	88.00		
DLL	[Adimensional]	0.90		
Factor de Potencia	[p.u]	0.97		
THD nominal	[%]	< 10		
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	75.00		
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	128.78		
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	75.11		
Costo inicial del equipo	[USD]	105.15		
Carga térmica	[Btu/Hrs]	238.84		
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	19,107,200.00		
Carga térmica anual	[Btu/año]	2,092,238.40		
Consumo anual de energía	[Kwh/año]	28,598.12		
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	721.19		
Producción de energía luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	9.60		
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	3,037.74		
1 año	365 [días]			
Horas de encendido diario L - V.	12 [Hrs]			
Horas de encendido diario S - D.	4 [Hrs]			
# de horas de trabajo a la semana	64 [Hrs/semana]			
# de semanas	4 [semana/mes]			
# Horas por mes	256 [Hrs/mes]			
# Horas por año	8760 [Hrs/año]			
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]			
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08		
\$=pesos				
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]		
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		40.44 [Lamp/año]		
Numero de lámparas reemplazadas		5.11 [Lamp/año]		
Calculo de la mano de Obra				
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]		
Factor de conversión del salario base real		1.30		
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]		
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]		
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]		
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]		
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]		
# de trabajadores por cuadrilla		2.00		
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]		
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]		
Costo Eléctrico-Consumo de energía anual*Precio de la compañía				
Costo eléctrico		3,037.74 [USD/año]		
Relación Costo eléctrico Lámpara		40.44 [Lamp/año]		
Costo por equipo anual reemplazado		383.57 [USD/año]		
Costo por mano de Obra		28.33 [USD/año]		
Costo de mantenimiento anual		411.91 [USD/año]		
Costo de operación anual		3,449.64 [USD/año]		

TABLA A.26 (continuación): Costo mantenimiento Caso Propuesta

Sistema Inducción 100 [W]			Corrección de Lumens	
Salones Edificio C	# Sistemas	360.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	8,000.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00
			Lumens verdaderos	13,737.05 [Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	100.00		
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	8,000.00		
TCR	[K]	5,000.00		
TC	[Mr]	200.00		
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00		
CRI	[Adimensional]	88.00		
DLL	[Adimensional]	0.90		
Factor de Potencia	[p.u]	0.97		
THD nominal	[%]	< 10		
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	80.00		
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	137.37		
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	89.30		
Costo inicial del equipo	[USD]	125.00		
Carga térmica	[Btu/Hrs]	341.20		
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	27,296,000.00		
Carga térmica anual	[Btu/año]	2,988,912.00		
Consumo anual de energía	[KwH/año]	181,726.20		
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	1,098.96		
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	12.31		
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	19,303.24		
1 año	365 [días]			
Horas de encendido diario L - V.	15 [Hrs]			
Horas de encendido diario S - D.	8 [Hrs]			
# de horas de trabajo a la semana	83 [Hrs/semana]			
# de semanas	4 [semana/mes]			
# Horas por mes	332 [Hrs/mes]			
# Horas por año	8760 [Hrs/año]			
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]			
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08		
\$-pesos				
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]		
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		216.16 [Lamp/año]		
Numero de lámparas reemplazadas		22.72 [Lamp/año]		
Calculo de la mano de Obra				
Salario Técnico		6,000.00 [\$/mes]		
Factor de conversión del salario base real		1.30		
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]		
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]		
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]		
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]		
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]		
# de trabajadores por cuadrilla		2.00		
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]		
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]		
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía				
Costo eléctrico		19,303.24 [USD/año]		
Relación Costo eléctrico Lámpara		216.16 [Lamp/año]		
Costo por equipo anual reemplazado		2,028.52 [USD/año]		
Costo por mano de Obra		126.03 [USD/año]		
Costo de mantenimiento anual		2,154.55 [USD/año]		
Costo de operación anual		21,457.79 [USD/año]		

Sistema Inducción 40 [W]			Corrección de Lumens	
Pasillos Edificio C	# Sistemas	76.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	2,800.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Relación S/P	2.00
			Lumens verdaderos	4,807.97 [Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	40.00		
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	2,800.00		
TCR	[K]	5,000.00		
TC	[Mr]	200.00		
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00		
CRI	[Adimensional]	88.00		
DLL	[Adimensional]	0.90		
Factor de Potencia	[p.u]	0.97		
THD nominal	[%]	< 10		
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	70.00		
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	120.20		
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	70.78		
Costo inicial del equipo	[USD]	99.00		
Carga térmica	[Btu/Hrs]	136.48		
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	10,918,400.00		
Carga térmica anual	[Btu/año]	1,195,564.80		
Consumo anual de energía	[KwH/año]	11,761.76		
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	384.64		
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	5.43		
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	1,249.35		
1 año	365 [días]			
Horas de encendido diario L - V.	12 [Hrs]			
Horas de encendido diario S - D.	4 [Hrs]			
# de horas de trabajo a la semana	64 [Hrs/semana]			
# de semanas	4 [semana/mes]			
# Horas por mes	256 [Hrs/mes]			
# Horas por año	8760 [Hrs/año]			
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]			
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08		
\$-pesos				
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]		
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		17.65 [Lamp/año]		
Numero de lámparas reemplazadas		3.68 [Lamp/año]		
Calculo de la mano de Obra				
Salario Técnico		6,000.00 [\$/mes]		
Factor de conversión del salario base real		1.30		
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]		
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]		
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]		
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]		
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]		
# de trabajadores por cuadrilla		2.00		
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]		
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]		
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía				
Costo eléctrico		1,249.35 [USD/año]		
Relación Costo eléctrico Lámpara		17.65 [Lamp/año]		
Costo por equipo anual reemplazado		260.16 [USD/año]		
Costo por mano de Obra		20.39 [USD/año]		
Costo de mantenimiento anual		280.55 [USD/año]		
Costo de operación anual		1,529.90 [USD/año]		

TABLA A.26 (continuación): Costo mantenimiento Caso Propuesta

Sistema Inducción 40 [W]			Corrección de Lumens			
Cubiculos Edificio B			# Sistemas	16.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	2,800.00	Relación S/P	2.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Lumens verdaderos	4,807.97		[Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	40.00				
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	2,800.00				
TCR	[K]	5,000.00				
TC	[Mr]	200.00				
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00				
CRI	[Adimensional]	88.00				
DLL	[Adimensional]	0.90				
Factor de Potencia	[p.u]	0.97				
THD nominal	[%]	< 10				
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	70.00				
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	120.20				
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	70.78				
Costo inicial del equipo	[USD]	99.00				
Carga térmica	[Btu/Hrs]	136.48				
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	10,918,400.00				
Carga térmica anual	[Btu/año]	1,195,564.80				
Consumo anual de energía	[Kwh/año]	2,943.36				
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	384.64				
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	5.43				
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	312.65				
1 año	365 [días]					
Horas de encendido diario L - V.	14 [Hrs]					
Horas de encendido diario S - D.	6 [Hrs]					
# de horas de trabajo a la semana	76 [Hrs/semana]					
# de semanas	4 [semana/mes]					
# Horas por mes	304 [Hrs/mes]					
# Horas por año	8760 [Hrs/año]					
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]					
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08				
\$=pesos						
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]				
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		4.42 [Lamp/año]				
Numero de lámparas reemplazadas		0.92 [Lamp/año]				
Calculo de la mano de Obra						
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]				
Factor de conversión del salario base real		1.30				
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]				
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]				
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]				
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]				
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]				
# de trabajadores por cuadrilla		2.00				
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]				
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]				
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía						
Costo eléctrico		312.65 [USD/año]				
Relación Costo eléctrico Lámpara		4.42 [Lamp/año]				
Costo por equipo anual reemplazado		65.10 [USD/año]				
Costo por mano de Obra		5.10 [USD/año]				
Costo de mantenimiento anual		70.21 [USD/año]				
Costo de operación anual		382.85 [USD/año]				

Sistema Inducción 250 [W]			Corrección de Lumens			
Talleres Edificio B			# Sistemas	87.00	Eficiencia	80
Designación Genérica	Unidad		Lumens de Luxómetro	21,250.00	Relación S/P	2.00 [Lm]
	Designación de la lámpara		Lumens verdaderos	36,489.03		[Lm]
Potencia de línea del sistema	[W]	250.00				
Flujo luminoso nominal por lámpara	[Lm]	21,250.00				
TCR	[K]	5,000.00				
TC	[Mr]	200.00				
Vida nominal	[Hrs]	80,000.00				
CRI	[Adimensional]	88.00				
DLL	[Adimensional]	0.90				
Factor de Potencia	[p.u]	0.97				
THD nominal	[%]	< 10				
Eficacia convencional del sistema	[Lm/W]	85.00				
Eficacia verdadera del sistema	[TLm/W]	145.96				
Costo inicial de Lámpara	[USD/lamp]	108.00				
Costo inicial del equipo	[USD]	151.84				
Carga térmica	[Btu/Hrs]	853.00				
Carga térmica para la vida de la lámpara	[Btu/lamp]	68,240,000.00				
Carga térmica anual	[Btu/año]	7,472,280.00				
Consumo anual de energía	[Kwh/año]	50,014.13				
Cantidad de Luz Emitida	[MLmHrs]	2,919.12				
Producción de energía Luminosa/costo inicial	[MLmHrs/USD]	27.03				
Costo eléctrico promedio anual	[USD/año]	5,312.58				
1 año	365 [días]					
Horas de encendido diario L - V.	7 [Hrs]					
Horas de encendido diario S - D.	3 [Hrs]					
# de horas de trabajo a la semana	38 [Hrs/semana]					
# de semanas	4 [semana/mes]					
# Horas por mes	152 [Hrs/mes]					
# Horas por año	8760 [Hrs/año]					
# Horas laborales por mes	160 [Hrs/mes]					
Tipo de Cambio	1[USD]= 13.18	1[\$]= 0.08				
\$=pesos						
Precio de la compañía	1.4 a USD	0.11 [USD/KWhr]				
Relación Costo Lámpara = \$ Eléctrico/\$ inicial		49.19 [Lamp/año]				
Numero de lámparas reemplazadas		2.50 [Lamp/año]				
Calculo de la mano de Obra						
Salario Técnico		6,000.00 [\$ /mes]				
Factor de conversión del salario base real		1.30				
Salario Bruto Mensual		7,800.00 [\$]				
Salario Bruto Mensual en USD		591.81 [USD]				
Salario por Hora		3.70 [USD/Hr]				
Costos Misceláneos		1.85 [USD/Hr]				
Costos Mano de obra		5.55 [Hr/Hombre]				
# de trabajadores por cuadrilla		2.00				
tiempo de trabajo por mantenimiento		0.50 [hrs]				
Sueldo de la cuadrilla		5.55 [USD/lamp]				
Costo Eléctrico=Consumo de energía anual*Precio de la compañía						
Costo eléctrico		5,312.58 [USD/año]				
Relación Costo eléctrico Lámpara		49.19 [Lamp/año]				
Costo por equipo anual reemplazado		270.08 [USD/año]				
Costo por mano de Obra		13.87 [USD/año]				
Costo de mantenimiento anual		283.95 [USD/año]				
Costo de operación anual		5,596.53 [USD/año]				

ANEXO XIII

COSTO SUGERIDO PROMEDIO DE LUMINARIAS DEL CASO BASE Y PROPUESTA

CASO BASE

Sistema	Costo inicial lámpara [NMX/lámpara]	Costo inicial equipo [NMX/equipo]
T12 2x75	\$128.90	\$257.80
T12 2x55	\$203.76	\$405.41
T8 2x32	\$171.20	\$342.41
T8 2x59	\$250.94	\$501.89
T12 2x40	\$131.93	\$263.86
Cir T9	\$117.96	\$235.92
MVR400	\$380.24	\$1,521.49

TABLA A.27: Costo lámparas de Caso Base

CASO PROPUESTA

Sistema	Costo inicial lámpara [NMX/lámpara]	Costo inicial equipo [NMX/equipo]
Externo 120 W	\$1,199.38	\$2,400.00
Externo 100 W	\$1,176.97	\$2,354.00
Externo 40 W	\$932.88	\$1,867.00
Externo 70 W	\$989.94	\$1,980.00
Externo 250 W	\$1,423.44	\$2,859.00

TABLA A.28: Costo lámparas de Caso Propuesta

ANEXO XIV

INVERSIÓN INICIAL DE PROPUESTA

Lámparas de Inducción Electromagnética Inductor Externo	Lumenes	Precio Sistema Completo \$(NMX)
Inducción 40 Watts	2800	\$1,867
Inducción 70 Watts	5250	\$1,980
Inducción 80 Watts	6000	\$2,065
Inducción 100 Watts	8000	\$2,354
Inducción 120 Watts	9600	\$2,400
Inducción 150 Watts	12000	\$2,432
Inducción 250 Watts	21250	\$2,859

Precio Dólar 27 Agosto 2012= \$13.18 [NMX]

# de Lámparas a Instalar	1025 Lámparas	
Sueldo Cuadrilla	\$5.55 [USD/lamp]	\$73.149 [NMX/lamp]
Costo Mano de Obra	\$149,955	
Costo m2 de plafón	\$90 [NMX]	
Total Costo de Plafón a Instalar	\$ 42,210 [NMX]	

Ubicación de los Sistemas	Lámpara (W)	# de Equipos por Recinto	# de Recintos	Inversión Inicial de Equipo
Biblioteca				
Sala de Consulta Planta Baja	120	38	1	\$91,200
Área de libros 1	120	24	1	\$57,600
Sala de Consulta Planta Alta	100	10	1	\$23,538
Área de libros 2	120	24	1	\$57,600
Prestamo y Fotocopiado	120	7	1	\$16,800
			Subtotal	\$246,738
Edificio A (3 Pisos)				
Salones	40	6	39	\$436,925
Pasillos	70	35	3	\$207,900
			Subtotal	\$644,825
Edificio C (4 Pisos)				
Salones (Alberca)	100	10	20	\$470,760
Pasillos (Alberca)	40	11	4	\$82,157
Salones	100	10	16	\$376,608
Pasillos	40	19	4	\$141,907
			Subtotal	\$1,071,432
Edificio B				
Laboratorios	250	29	3	\$248,733
Cubiculos	40	2	8	\$29,875
			Subtotal	\$278,608
			Total	\$2,241,603

TABLA A.29: Costo Inversión Inicial

Costo de Inversión Inicial= Inversión Inicial de Equipo + Costo de Plafón a Instalar + Costo de Mano de Obra
= \$2,433,768.725

ANEXO XV

RUTA CRÍTICA


		
Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
• Vista General de las Instalaciones	29/10/12	31/10/12
• Tramite de Permisos para el acceso al inmueble y distintivos de identificación	29/10/12	31/10/12
• Recopilación de los Datos del Inmueble (Analizador de Redes)	1/11/12	10/11/12
• Elaboración de análisis Caso Base (Censo de Cargas Eléctricas)	12/11/12	14/11/12
• Elaboración de Caso Propuesta	15/11/12	18/11/12
• Elaboración de Reporte Escrito	19/11/12	22/11/12
• Presentación de la Propuesta y Vo. Bo. del Cliente	23/11/12	23/11/12
• Compra de los Sistemas	26/11/12	4/12/12
• Recepción y almacenaje de los Sistemas	5/12/12	6/12/12
• Desmontaje y Montaje de Biblioteca	7/12/12	11/12/12
• Desmontaje y Montaje Salones Edificio A	13/12/12	23/12/12
• Desmontaje y Montaje Salones Edificio C	26/12/12	3/01/13
• Desmontaje y Montaje Salones Edificio C (Alberca)	4/01/13	17/01/13
• Desmontaje y Montaje Laboratorios	18/01/13	24/01/13
• Desmontaje y Montaje Cubículos	25/01/13	25/01/13
• Desmontaje y Montaje Pasillos Edificio A	28/01/13	5/02/13
• Desmontaje y Montaje Pasillos Edificio C	6/02/13	12/02/13
• Desmontaje y Montaje Pasillos Edificio C (Alberca)	13/02/13	18/02/13
• Verificación de Calidad de los Sistemas	19/02/13	25/02/13

TABLA A.30: Ruta Crítica del Proyecto en períodos de tiempo.

La realización de la Ruta Crítica del Proyecto, en este caso realizado en Gantt Project, es primordial en caso de que el presente se llegase a realizar de manera inmediata, lo que nos lleva a aprovechar situaciones de calendario escolar que ayudarían a la ejecución de mencionado Proyecto. Además es importante destacar que la implementación de está Ruta Crítica es llevada por 8 cuadrillas de trabajadores, lo que significa que el Proyecto se llevaría a cabo en un plazo poco menor de 4 meses aunque esto también significaría un aumento en el costo de mano de obra.

Por otro lado, si se llevase a cabo la implementación del Proyecto con la mitad de la mano de obra, el costo de la misma se reduciría a la mitad, aunque en términos de tiempo, tal Proyecto se llevaría aproximadamente 7 meses.

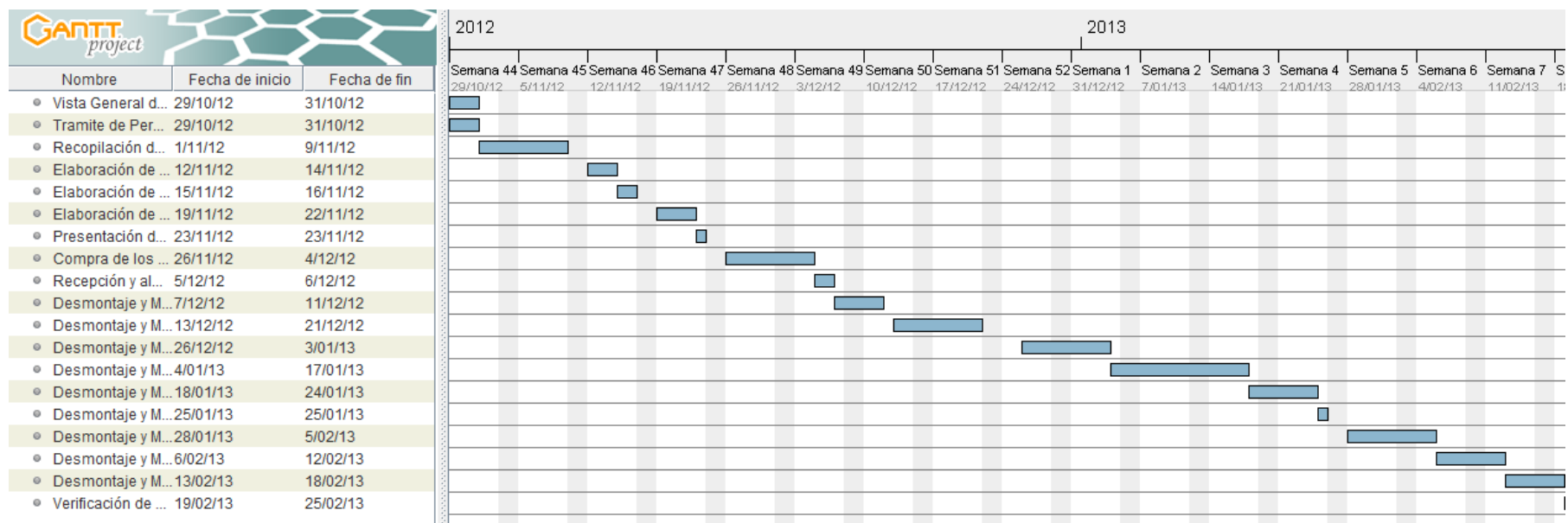


TABLA A.31: Desarrollo de la Ruta Crítica del Proyecto

Cabe señalar que la implementación de dicho proyecto llevaría a cambiar la estructura de los plafones existentes debido a que las dimensiones de las luminarias de las lámparas de inducción electromagnética son mucho más pequeñas que las luminarias fluorescentes, por lo tanto es preciso colocar plafón nuevo en las superficies sobrantes una vez que ya son instaladas las luminarias de inducción electromagnética. Los costos del plafón nuevo están contemplados en la mano de obra vistos en le Anexo XIV (INVERSIÓN INICIAL PROPUESTA).

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA II.1 : FACTOR DE REFLEXIÓN PARA LUZ BLANCA DÍA

TABLA II.2 : RELACIÓN OJO HUMANO VS CÁMARA FOTOGRÁFICA

TABLA II.3 : FACTORES DE CONVERSIÓN DE LUMINICENCIA E ILUMINANCIA

TABLA II.4 : FACTORES DE CORRECCIÓN PARA DIFERENTES FUENTES DE LUZ

TABLA II.5 : VALORES ORIENTATIVOS DEL FLUJO LUMINOSO DEPENDIENDO DEL TIPO DE FUENTE DE LUZ

TABLA II.6 : VALORES ORIENTATIVOS DE LA EFICACIA LUMINOSA DEPENDIENDO DEL TIPO DE FUENTE DE LUZ

TABLA II.7 : VALORES ORIENTATIVOS DE LA ILUMINANCIA DEPENDIENDO DE LA SITUACIÓN

TABLA II.8 : VALORES ORIENTATIVOS DE LA LUMINANCIA DEPENDIENDO LA SITUACIÓN

TABLA III.1 : INFORMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LÁMPARAS CON COMPONENTE DE MERCURIO PROPORCIONADA POR LA CÁMARA NACIONAL DE MANUFACTURAS ELÉCTRICAS (CANAME) DEL AÑO 2000

TABLA III.2 : CONSUMO DE MERCURIO POR LÁMPARA PRODUCIDA

TABLA III.3 : CONSUMO DE MERCURIO EN MÉXICO EN EL AÑO 2000

TABLA III.4 : NORMATIVIDAD DEL MERCURIO EN MÉXICO

TABLA III.5 : NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA REGULAR EL USO DEL MERCURIO

TABLA V.1 : CARACTERÍSTICAS DE LOS CÁTODOS EN LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES

TABLA V.2 : MEDIO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA A LÁMPARAS FLUORESCENTES

TABLA V.3 : CARACTERÍSTICAS DE LOS GASES EN LÁMPARAS FLUORESCENTES E INDUCCIÓN

TABLA V.4 : COMPARATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES LINEALES RS VS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN

TABLA V.5 : CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS INDUCTORES INTERNO Y EXTERNO

TABLA VI.1 (250-95): TAMAÑO NOMINAL MÍNIMO DE CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA CANALIZACIONES Y EQUIPOS

TABLA VI.2 (310-15(g)): FACTORES DE AJUSTE PARA MÁS DE TRES CONDUCTORES PORTADORES DE CORRIENTE EN UNA CANALIZACIÓN O CABLE

TABLA VI.3 (310-16): CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE

TABLA VI.4 (10-4): DIMENSIONES DE TUBO (CONDUIT) METÁLICO TIPO PESADO, SEMIPESADO Y LIGERO Y ÁREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES.

TABLA VI.5 (10-5): ÁREA APROXIMADA POR CONDUCTOR.

TABLA VI.6: NIVELES DE ILUMINACIÓN DE LA NORMA OFICIAL UNIVERSITARIA

TABLA VI.7: NIVELES DE ILUMINACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO DE LA NOM-025-STPS-2008

TABLA VI.8: RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE ÁREA Y EL NÚMERO DE ZONAS DE MEDICIÓN DE LA NOM-025-STPS-2008

TABLA VI.9: DENSIDADES DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA ALUMBRADO (DPEA)

TABLA VI.10: LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE INGENIERÍA (SISTEMAS FLUORESCENTES)

TABLA VI.11: DELIMITACIÓN DE ÁREAS DEL LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TABLA VI.12: ANÁLISIS ELÉCTRICO DEL EDIFICIO PRINCIPAL DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TABLA VI.13: CARGA TOTAL CONECTADA DE LOS EDIFICIOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TABLA VI.14: CONSIDERACIÓN DE HORAS DE USO. DEMANDA MÁXIMA Y FACTOR DE COINCIDENCIA

TABLA VI. 15: NÚMERO DE SISTEMAS DE INDUCCIÓN PROPUESTOS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA

TABLA VI.16: SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EXISTENTES EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA (CASO BASE)

TABLA VI.17: SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROPUESTOS PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA (CASO PROPUESTA)

TABLA VI.18: TARIFA H-M. CARGOS PARA ENERGÍA Y DEMANDA, PERIODOS Y HORARIOS DE MEDICIÓN.

TABLA VI.19: DATOS CASO BASE

TABLA VI.20: DATOS DEL COSTO MENSUAL PROMEDIO DE ENERGÍA Y DEMANDA (CASO BASE Y PROPUESTA)

TABLA VI.21: COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DEL CASO BASE [NMX/AÑO]

TABLA VI.22: COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DEL CASO PROPUESTA [NMX/AÑO]

TABLA VI.23: COSTOS TOTALES DE LOS CASOS BASE Y PROPUESTA

TABLA A.1: DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES

TABLA A.2: DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS INCANDESCENTE Y FLUORESCENTES

TABLA A.3: DATOS TÉCNICOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES LINEALES

TABLA A.4: ANÁLISIS ELÉCTRICO CASO BASE

TABLA A.5: ANÁLISIS ELÉCTRICO CASO PROPUESTA

TABLA A.6: DATOS TÉCNICOS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

TABLA A.7: EJEMPLO DE LA OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN POR MEDIO DE LA RELACIÓN DE CAVIDAD DEL CUARTO Y LAS REFLECTANCIA EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES DEL TECHO, PARED Y PISO (MÉTODO DE CAVIDAD ZONAL), PARA UNA LUMINARIA DETERMINADA.

TABLA A.8: SALA DE CONSULTA PLANTA BAJA

TABLA A.9: ÁREA DE LIBROS 1

TABLA A.10: SALA DE CONSULTA PLANTA ALTA

TABLA A.11: ÁREA DE LIBROS 2

TABLA A.12: ÁREA DE ENTRADA, SALIDA, PRÉSTAMO Y FOTOCOPIADO DE LA BIBLIOTECA

TABLA A.13: SALONES DEL EDIFICIO C (ALBERCA)

TABLA A.14: SALONES EDIFICIO C

TABLA A.15: PASILLO EDIFICIO C (ALBERCA)

TABLA A.16: SALONES DEL EDIFICIO A (DIRECCIÓN)

TABLA A.17: PASILLO DEL EDIFICIO A

TABLA A.18: LABORATORIO ELÉCTRICA

TABLA A.19: LABORATORIO DE MECÁNICA

TABLA A.20: LABORATORIO DE MATERIALES

TABLA A.21: PERFIL DE CARGA DIARIA CASO BASE

TABLA A.22: PERFIL DE CARGA SABATINO CASO BASE

TABLA A.23: PERFIL DE CARGA CASO BASE

TABLA A.24: PERFIL DE CARGA CASO PROPUESTA

TABLA A.25: COSTO MANTENIMIENTO CASO BASE

TABLA A.26: COSTO MANTENIMIENTO CASO PROPUESTA

TABLA A.27: COSTO LÁMPARAS DE CASO BASE

TABLA A.28: COSTO LÁMPARAS DE CASO PROPUESTA

TABLA A.29: COSTO INVERSIÓN INICIAL

TABLA A.30: RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO EN PERIODOS DE TIEMPO

TABLA A.31: DESARROLLO DE LA RUTA CRITICA DEL PROYECTO

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA I. 1: EMISIONES DE CO₂ EN RELACIÓN A LA ENERGÍA MUNDIAL

FIGURA I. 2: CONSUMO MUNDIAL DE PETRÓLEO

FIGURA I. 3: DEPENDENCIA ENERGÉTICA RESPECTO A LA ENERGÍA PRODUCIDA DEL PETRÓLEO

FIGURA I. 4: USO DE LA ELECTRICIDAD

FIGURA I. 5: DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO RESIDENCIAL

FIGURA I. 7: INTENSIDAD ENERGÉTICA POR REGIONES

FIGURA I. 7: ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

FIGURA I. 8: INFORMACIÓN CONTENIDA EN LAS ETIQUETAS ENERGÉTICAS

FIGURA II. 1: ESQUEMA DE PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

FIGURA II. 2: ESQUEMA DE ONDA

FIGURA II. 3: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

FIGURA II. 4: ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO DE LA RADIACIÓN VISIBLE

FIGURA II. 5: TIPOS DE REFLEXIÓN

FIGURA II. 6: FORMAS DE REFRACCIÓN DE LA LUZ

FIGURA II. 7: REFRACCIÓN REGULAR

FIGURA II. 8: DIBUJO DE UNA CORTE HORIZONTAL DEL OJO

FIGURA II. 9: SECCIÓN DE LA RETINA

FIGURA II. 10: CURVA DE FOTO SENSIBILIDAD DEL OJO CON SU RESPECTIVA ADAPTACIÓN

FIGURA II. 11: CURVA DE SENSIBILIDAD FOTÓPICA DEL OJO HUMANO

FIGURA II. 12: CURVA FOTÓPICA Y CURVA ESCOTÓPICA

FIGURA II. 13: CURVA FOTÓPICA Y CROMA DE LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESIÓN (IZQUIERDA) Y VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN (DERECHA)

FIGURA II.14: CURVA ESCOTÓPICA Y CROMA DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS (IZQUIERDA) Y VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

FIGURA II. 15: ANGULO EN EL PLANO

FIGURA II. 16: ANGULO SOLIDO

FIGURA II. 17: FLUJO LUMINOSO

FIGURA II. 18: LUMINANCIA

FIGURA II. 19: EJEMPLO DE VARIACIÓN DE ESCALA DE ICR EN UNA IMAGEN

FIGURA II. 20: COLORES QUE VAN DE ACUERDO CON LA TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA

FIGURA II. 21: TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA

FIGURA III.1: TIPO DE LÁMPARA FLUORESCENTE

FIGURA III.2: LÁMPARA FLUORESCENTE COMPACTA

FIGURA III.3: EJEMPLO DE TAMAÑO DE LAS LÁMPARAS FLUORESCENTES T12, T8, T5

FIGURA III.4: CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE

FIGURA III.5: FUNCIONAMIENTO DE UN TUBO DE LUZ FLUORESCENTE

FIGURA III.6: CONEXIÓN DE UNA LÁMPARA FLUORESCENTE CON UN BALASTRO MAGNÉTICO

FIGURA III.7: ESTRUCTURA DE LA LUMINARIA TROFFER DE ÓPTICA NORMAL (IZQUIERDA) Y PARABÓLICA (DERECHA)

FIGURA III.8: DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ LUMINARIA TROFFER DE ÓPTICA NORMAL Y PERSIANAS PARABÓLICAS

FIGURA III. 9: EMISIONES DE MERCURIO AL MEDIO AMBIENTE EN MÉXICO

FIGURA III. 10: EMISIONES DE MERCURIO GENERADAS POR LÁMPARAS INCANDESCENTES Y FLUORESCENTES

FIGURA III. 11: USO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES EN MÉXICO

FIGURA III. 12: DEMANDA NACIONAL DE LÁMPARAS FLUORESCENTES EN EL AÑO 2000

FIGURA III. 13: PORCENTAJE DE MERCURIO DE ACUERDO A SUS APLICACIONES EN MÉXICO EN EL AÑO 2000

FIGURA IV. 1: MODELO DE FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE LA LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE INDUCTOR EXTERNO

FIGURA IV. 2: EXCITACIÓN POR COLISIÓN

FIGURA IV. 3: PROCESO DE FOTO EXCITACIÓN

FIGURA IV. 4: VIDAÚTIL TEÓRICA DE LÁMPRAS, SEGÚN ESTUDIO REALIZADO EN LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA, ESPAÑA

FIGURA IV. 5: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE INDUCTOR INTERNO

FIGURA IV. 6: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LA LÁMPARA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR INTERNO

FIGURA IV. 7: CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE INDUCCIÓN ELECTROMANÉTICA DE INDUCTOR EXTERNO

FIGURA IV. 8: PRESENTACIONES DE SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMANÉTICA INDUCTOR EXTERNO

FIGURA IV. 9: FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LA LÁMPARA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO

FIGURA IV. 10: CURVA DE DEPRECIACIÓN LUMÍNICA DE LOS DIVERSOS TIPOS DE PRICIPALES LÁMPARAS EN EL MERCADO

FIGURA IV. 11: LUMINARIA LED INSTALADA EN EL PERIFÉRICO DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JALISCO

FIGURA V. 1: (a) MODELOS DE LÁMPARAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EXISTENTES EN EL MERCADO. (b) MODELOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES EXISTENTES EN EL MERCADO.

FIGURA V. 2: CONTENIDO DE MERCURIO EN LÁMPARAS FLUORESCENTES Y DE INDUCCIÓN

FIGURA V. 3: VIDA MEDIA DE LÁMPARAS FLUORESCENTES LINEALES RS Y DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

FIGURA V. 4: (a) ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR ALTO. (b) ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR BAJO

FIGURA V. 5: ALUMBRADO PÚBLICO CON LÁMPARAS DE INDUCCIÓN EN EL PAÍS DE CANADÁ, DONDE SE PUEDE OBSERVAR QUE EXISTE UN ALTO ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR

FIGURA V. 6: ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR EN LÁMPARAS FLUORESCENTES Y DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

FIGURA V. 7: TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA

FIGURA V. 8: EFICACIA CONVENCIONAL DE LÁMPARAS FLUORESCENTES RS Y DE INDUCCIÓN CON VALORES PROMEDIO

FIGURA V. 9: TEMPERATURA AMBIENTE DE OPERACIÓN DE LÁMPARAS FLUORESCENTES LINEALES RS I DE INDUCCIÓN

FIGURA V. 10: TIEMPO DE ENCENDIDO

FIGURA V. 11: TIEMPO DE REENCENDIDO

FIGURA V. 12: GENERADOR DE ALTA FRECUENCIA DE 200 WATTS TIPO CIRCUITO DISCRETO

FIGURA VI. 1: FACULTAD DE INGENIERÍA

FIGURA VI. 2: BIBLIOTECA “ANTONIO DOVALÍ JAIME” DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA; SALA DE CONSULTA PLANTA BAJA

FIGURA VI. 3: BIBLIOTECA “ANTONIO DOVALÍ JAIME” DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA; SALA DE CONSULTA PLANTA ALTA

FIGURA VI. 4: LUMINARIA ENCENDIDA EN PASILLO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA A PLENA LUZ DEL DÍA

FIGURA VI. 5: PRESENTACIONES DE LOS SISTEMAS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO

FIGURA VI. 6: EJEMPLO DE LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO DE 250 W

FIGURA VI.7: LÁMPARA DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA INDUCTOR EXTERNO EN FUNCIONAMIENTO

FIGURA A.1: CURVAS FOTOMÉTRICAS DE LAS LUMINARIAS QUE SE PRETENDE IMPLEMENTAR PARA EL CASO PROPUESTA DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DE LAS ÁREAS DE TRABAJO

FIGURA A.2: CAVIDADES DEL ÁREA POR DETERMINAR

GLOSARIO

Efecto invernadero: Fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de la atmósfera del planeta, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

Gases de efecto invernadero: Conjunto de gases (dióxido de carbono y el metano en mayor proporción) cuya presencia en la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana.

Reflexión: Cambio de dirección de un rayo o una onda que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial. Ejemplos comunes son la reflexión de la luz, el sonido y las ondas en el agua.

Reflexión especular: Si la superficie de un material es microscópicamente lisa y plana, como en el caso del vidrio float, los haces de luz incidentes y reflejados crean el mismo ángulo con una normal a la superficie de reflexión produciendo una reflexión especular.

Reflexión difusa: Si la superficie de un material es ‘rugosa’, y no microscópicamente lisa, se producirán reflexiones difusas. Cada rayo de luz que cae en una partícula de la superficie obedecerá la ley básica de la reflexión, pero como las partículas están orientadas de manera aleatoria, las reflexiones se distribuirán de manera aleatoria. Una superficie perfecta de reflexión difusa en la práctica reflejaría la luz igualmente en todas direcciones, logrando una terminación mate perfecta. Las superficies de vidrio con dibujo o delicadamente grabadas producen significativas reflexiones difusas.

Reflexión mixta: Combinación de reflexión especular, extienda y difusa. Este tipo de reflexión mixta es que se da en la mayoría de los materiales reales.

Refracción: Fenómeno producido cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes (prisma por ejemplo), debido a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente por cambiar la densidad del medio.

La transmisión de la luz a través de un cuerpo, sufre dos refracciones: del paso del aire (ambiente) hacia el interior del cuerpo y del interior del cuerpo al aire nuevamente. Al

igual que la refracción puede ser de tres tipos: regular, difusa y mixta. Estas presentan las mismas características que en la reflexión.

Troffer: Accesorio de iluminación ya sea con un difusor para calentar una habitación con el calor disipado por la iluminación, o un extractor de aire para reducir la carga de calor. Es un canal invertido de metal que encaja y sirve como reflector, regularmente empotrado en el techo, para el uso de lámparas fluorescentes.

Difusor: Pantalla que filtra y dispersa la luz proveniente de las lámparas y permite dirigir los rayos luminosos según el efecto deseado.

Distribución Batwing: Distribución en forma de alas de la iluminación, esta tecnología garantiza una iluminación homogénea de los productos tanto horizontal como verticalmente, permitiendo distancias de separación entre luminarias de hasta cuatro metros. Ideal para proveer iluminación uniforme en aplicaciones de iluminación general.

Volatilización: Es el cambio de estado que ocurre cuando una sustancia pasa del estado sólido al gaseoso, por aumento de la temperatura, sin pasar por el estado líquido intermedio.

Solenoid: Bobina de forma cilíndrica que cuenta con un hilo de material conductor enrollada sobre si a fin de que, con el paso de la corriente eléctrica, se genere un campo eléctrico. Cuando este campo magnético aparece comienza a operar como un imán.

Oquedad: Espacio hueco en el interior de un cuerpo u objeto.

Transformador toroidal: El núcleo consiste en un anillo, normalmente de compuestos artificiales de ferrita, sobre el que se bobinan el primario y el secundario. Son más voluminosos, pero el flujo magnético queda confinado en el núcleo, teniendo flujos de dispersión muy reducidos.

En el transformador toroidal el flujo magnético queda concentrado uniformemente en el núcleo y, debido a la ausencia de entrehierros, se eliminan vibraciones. Asimismo, como el bobinado se reparte por toda la superficie del núcleo, desaparece prácticamente el ruido provocado por la magnetosfricción y favorece la disipación del calor. Estos

detalles permiten mejorar sustancialmente las características y rendimientos de los transformadores toroidales, respecto a los convencionales.

Luz ultravioleta: es un tipo de radiación electromagnética. La luz ultravioleta (UV) tiene una longitud de onda más corta que la de la luz visible. Los colores morado y violeta tienen longitudes de onda más cortas que otros colores de luz, y la luz ultravioleta tiene longitudes de ondas aún más cortas que la ultravioleta, de manera que es una especie de luz "más morada que el morado" o una luz que va "más allá del violeta".

La radiación ultravioleta se encuentra entre la luz visible y los rayos X del espectro electromagnético. La "luz" ultravioleta (UV) tiene longitudes de onda entre 380 y 10 nanómetros. La longitud de onda de la luz ultravioleta tiene aproximadamente 400 nanómetros ($4\ 000\ \text{Å}$). La radiación ultravioleta oscila entre valores de 800 terahertz (THz ó 1012 Hertz) y 30 000 THz.

Efecto estroboscópico: efecto óptico que se produce al iluminar mediante destellos, un objeto que se mueve en forma rápida y periódica.

Así, cuando un objeto no puede ser visto si no es con esta iluminación destellante, cuando la frecuencia de los destellos se aproxima a la frecuencia de paso del objeto ante el observador, éste lo vera moverse lentamente, hacia adelante o hacia atrás según que la frecuencia de los destellos sea, respectivamente, inferior o superior a la de paso del objeto.

Los destellos de iluminación normalmente son producidos mediante una lámpara de descarga gaseosa como, por ejemplo, una lámpara fluorescente, aunque generalmente se emplean lámparas de flash por su mayor intensidad luminosa.

Cable coaxial: Es un cable utilizado para transportar señales eléctricas de alta frecuencia que posee dos conductores concéntricos, uno central, llamado vivo, encargado de llevar la información, y uno exterior, de aspecto tubular, llamado malla o blindaje, que sirve como referencia de tierra y retorno de las corrientes.

Amalgama de mercurio: Aleación de mercurio combinado con otros metales que se encuentra presente en las lámparas de inducción electromagnética. Se mantiene en forma estable y sólida a temperatura ambiente. Es una alternativa más amigable con el

medio ambiente y más segura que el mercurio líquido porque el vapor de mercurio no sería liberado hasta que se alcanzara alrededor de 100 ° C bajo presión atmosférica.

LED (Diodo Emisor de Luz): Diodo semiconductor que emite luz. Se usan como indicadores en muchos dispositivos, y cada vez con mucha más frecuencia, en iluminación. Presentado como un componente electrónico en 1962, los primeros leds emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta.

Dispositivo de encendido: Dispositivo electrónico que suministra un pulso de alto voltaje para iniciar una descarga eléctrica. Normalmente, está asociado al balasto o forma parte de él.

Distancia entre casquillos: En el caso de lámparas fluorescentes en forma de U, esta medida es la distancia media entre las paredes interiores de los casquillos.

Distribución de potencia espectral: Gráfico de la potencia radiante emitida por una fuente de luz como una función de la longitud de onda. La distribución de potencia espectral ofrece un perfil visual o "huella" de las características de color de la fuente de luz en la parte visible del espectro.

Espectro electromagnético: Secuencia continua de radiación eléctrica y magnética, que puede caracterizarse por longitud de onda o frecuencia. La luz visible abarca una parte reducida del espectro electromagnético en la región, desde unos 380 nanómetros (violeta) a 770 nanómetros (rojo) por longitud de onda.

Factor de Cresta (corriente máxima): Proporción de la corriente máxima de la lámpara y su corriente de funcionamiento media (RMS). A menor factor de cresta, mayor suavidad del balasto con respecto a la lámpara.

Lámpara de descarga de alta intensidad: Término general para describir lámparas de mercurio con haluro metálico (GE ConstantColor® CMH®, Multi-Vapor®, MXR o Arcstream®), y lámparas de sodio de alta presión (GE Lucalox®). Las lámparas de descarga de alta intensidad contienen tubos en arco compactos, en cuyo interior hay

distintos gases y sales metálicas que funcionan a presiones y temperaturas relativamente altas.

Lámpara de haluro metálico: Fuente de luz de descarga de alta intensidad en la que la luz se genera por radiación procedente de mercurio, más haluros metálicos como sodio, escandio, indio y disprosio. Algunos tipos de lámpara pueden utilizar también revestimientos de fósforo. Los nombres registrados de GE incluyen: Multi-Vapor®, ConstantColor® CMH®, PulseArc®, Staybright®, Watt-Miser®, ChromaFit y Arcstream®.

Lámpara de sodio de alta presión: Son lámparas de descarga de alta intensidad que generan luz mediante una descarga eléctrica a través de vapor de sodio, que funciona a presiones y temperaturas relativamente altas. GE comercializa estas lámparas con el nombre registrado de Lucalox®.

Lámpara halógena: Una lámpara halógena es una lámpara incandescente con un filamento rodeado por gases halógenos, como yodo o bromo. Los gases halógenos permiten usar los filamentos a temperaturas más altas y con mayor eficacia. El halógeno participa en un ciclo de transporte de tungsteno, devolviendo tungsteno a la lámpara y prolongando su vida útil.

Lámparas sin electrodos: Fuentes de luz en las que la descarga se produce en una cámara exenta de electrodos (sin metal). La energía para la descarga se suministra mediante excitación de radiofrecuencia, por ejemplo microondas.

Efecto EMI (interferencia electromagnética): Es la perturbación que ocurre en cualquier circuito, componente o sistema electrónico causada por una fuente de radiación electromagnética externa al mismo. También se conoce como EMI por sus siglas en inglés (ElectroMagnetic Interference), Radio Frequency Interference o RFI. Esta perturbación puede interrumpir, degradar o limitar el rendimiento de ese sistema. La fuente de la interferencia puede ser cualquier objeto, ya sea artificial o natural, que posea corrientes eléctricas que varíen rápidamente, como un circuito eléctrico, el Sol o las auroras boreales.

Efecto flicker: Es la impresión molesta e incómoda producida por las variaciones periódicas de la luminancia (luz que llega al ojo) en el campo de visión. Tales

sensaciones se experimentan cuando se conduce un vehículo a través de cambios periódicos espaciales de luminancia, como los producidos por las luminarias instaladas en las paredes o techos de los túneles cuando existe una separación inadecuada entre las mismas, con una elevada velocidad de cambio en la distribución de la intensidad luminosa.

La incomodidad visual experimentada por el conductor debida al parpadeo o efecto Flicker depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Número de cambios de la luminancia por segundo (frecuencia de parpadeo o Flicker).
- Duración total del efecto Flicker.
- Velocidad de cambio de claro a oscuro, en un solo ciclo.
- Relación de pico-luz a valle-oscuridad, dentro de cada periodo (profundidad de modulación de luminancia).

Dimmer: Es un circuito que permite controlar la potencia de alimentación de una carga resistiva alimentada con corriente alterna.

PCB's (Bifenilos Policlorados): Son fluidos viscosos, incombustibles, no biodegradables, utilizados desde 1930 en lugar del aceite mineral en transformadores eléctricos, capacitores, balastos, papel de copia sin carbón, molusquicidas, pinturas marinas, manufactura de plásticos y otras aplicaciones.

Askarel: Es el nombre que comúnmente se le da a la mezcla de PCB's y solventes, que es la forma en que se usa en transformadores.

Corriente Inrush: Es una condición transitoria que ocurre cuando se energiza un transformador. El problema de esta corriente es que puede llegar a ser de 100 veces la corriente de vacío de régimen permanente del transformador o si se considera que esta corriente es del 5 al 8% de la corriente nominal.

Distorsión Armónica (THD): La distorsión armónica se produce cuando la señal de salida de un sistema no equivale a la señal que entró en él. Esta falta de linealidad afecta a la forma de la onda, porque el equipo ha introducido armónicos que no estaban en la

señal de entrada. Puesto que son armónicos, es decir múltiplos de la señal de entrada, esta distorsión no es tan disonante y es más difícil de detectar.

Al hablar de distorsión armónica, normalmente se hace referencia a la llamada distorsión armónica total, que es precisamente, la cantidad de armónicos que el equipo introduce y que no estaban en la señal original.

BIBLIOGRAFIA

Naciones Unidas. *PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.* Kioto : s.n., 1998.

International Energy Agency. *Light's Labour's Lost.* París : Actis, 2006.

Poveda, Mentor. *EFICIENCIA ENERGÉTICA: RECURSO NO APROVECHADO.* Quito : s.n., 2007.

SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE. *Plan de Ahorro de Energía y Combustibles.* Tegucigalpa : s.n., 2008.

Richard G. Mistrick, Jack F. Parsons, "SECTION 26 ILLUMINATION", STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS, pp, 50-75, 2006.

IESNA, "Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering", ANSI/IESNA RP-16-05, pp, 1-3, May 8, 2008.

Arq. Jorge D. Czajkowski, "Luminotecnia e iluminación artificial" Instalaciones Eléctricas, pp,1-21,2006.

Juan Bisquert, "Eficiencia y ahorro energético" Iluminación natural y artificial, pp,1-16,2006.

Beatriz M. O'Donell, José Sandoval y Fernando Paukste, "Fuentes Luminosas", Cap. 4, pp,1-15,2006.

OSRAM, "Manual de Luminotecnia", Cap. 2-3, pp, 25-133, 2006.

Aguilar Rico, M; Blanca Gimenez, V.(1995). Iluminación y color. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia

Jimenez, Carlos. (1997). Manuales de luminotecnia. Locales. Ediciones CEAC.

RD Lingered, MA Myer and ML Paget, "Performance of T12 and T8 Fluorescent Lamps and Troffers and LED Linear Replacement Lamps", CALIPER BENCHMARK REPORT, pp, 1-22, January, 2009.

Lighting Atlantic International University Honolulu. (2007), Hawaiiwinter, pp, 83-90.

PÁGINAS WEB

Castillo, Ing. Pablo Realpozo del. Fideicomiso para el Ahorro de Energía. [En línea] 5 de Agosto de 2008. www.fide.org.mx.

Beyond Petroleum. [En línea] Junio de 2008. www.bp.com/statisticalreview.

Gobierno de Chile, Ministerio de Hacienda. [En línea] www.chilecompra.cl.

PHILIPS. Guía de Aplicaciones para Ambientes. [En línea] 2007. www.philips.org.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO. 31 medidas, en 4 ámbitos, para reducir el consumo energético de España. [En línea] 2008. www.mityc.es.

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Programa de Financiamiento para el Ahorro de Energía Eléctrica. [En línea] 2007. www.fide.org.mx.

Universidad de Navarra. Principales Tipos de Lámparas. [En línea] 2008. www.unav.es.

Lámparas Providencia. Lámparas de Inducción Electromagnética Ventajas y Características del Producto. [En línea] 1998. www.geoscomchile.com.

Revista Iluminet. ¿Es incorrecto el uso de lámparas de inducción para Alumbrado Público?. [En línea] 2010. www.iluminet.com.mx.

Diario Milenio. Tribunal suspende compra de luminarias en Tonalá. 2009. [En línea] www.impreso.milenio.com

Diario Milenio. Iluminación del Periférico con LED es deficiente: CIMEJ. 2010. [En línea]. www.jalisco.milenio.com.

Revista Iluminet. Todavía no es el momento para los LEDs en alumbrado público: Alex Ramírez. [En línea] 2009. www.iluminet.com.mx

Normas Oficiales Mexicanas en Eficiencia Energética Vigentes. [En línea] www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1002_nom_publicadas_vigen

Comisión Nacional para el uso Eficiente de la Energía. [En línea] www.conae.gob.mx/wb/

General Electric. [En línea] www.geiluminacion.com.mx/

Internacional Energy Agency. [En línea]. www.iea.org/

Comisión Federal de Electricidad. [En línea]

www.cfe.gob.mx/negocio/conocetarifa/Paginas/Tarifas.aspx

A continuación se coloca algunas direcciones de páginas de fabricantes y distribuidores de lámparas, luminarias y componentes auxiliares donde encontrarán mucho datos sobre tipos de lámparas y luminarias, ejemplos de proyectos programas de cálculo, direcciones de contacto, etc.

Naturalmente no están todos y se ha procurado poner aquellos que ofrecieran algún elemento de interés como:

Philips iluminación. [En línea] www.lighting.philips.com/

Osram. [En línea] www.osram.com/

Sylvania. [En línea] www.sylvania.com/

General Electric. [En línea] www.geiluminacion.com.mx/

Especialidades luminotécnicas S.A. [En línea] www.elt.es/

D-TECH. [En línea] <http://www.d-tech.com.mx/es/>

A continuación se coloca algunas direcciones de páginas de distribuidores de plafón, para tener en cuenta el costo del mismo si en dado caso se llevase a cabo el proyecto.

Costonet. [En línea]. www.costonet.com.mx/falso/plafon

Plafones e Interiores. [En línea] www.plafones.com/sitio/index.

DOCUMENTOS

Ramírez Rivero Alex (2010). Apuntes del Curso de Iluminación. México. D.F.

Philips. (2009). Revista Internacional de Luminotecnia. 45-67