



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
Y ENERGÍAS ALTERNAS EN UN GRUPO FARMACÉUTICO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

RIVAUD GALLARDO MANUEL

Y PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTAN:

CASTILLO HERNÁNDEZ ÁNGEL URIEL

ESLAVA GERVACIO CÉSAR

MARÍN FLORES ÁVILA ALAIN DANIEL

ASESOR:

DR. GABRIEL LEÓN DE LOS SANTOS



México D.F. 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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

A mis padres

A Mónica

Agradezco a mis padres todo el apoyo y cariño que siempre he recibido y por quienes emprendí este camino. A Mónica por haberme acompañado y motivado para realizar este trabajo. Gracias a mis compañeros de tesis, Daniel, Ángel y César, por la oportunidad de trabajar en equipo. Gracias a Arturo Bernal, quien inició con nosotros esta aventura, por proporcionarnos la información utilizada para este trabajo. Un agradecimiento muy especial para el Doctor Gabriel León de los Santos por su guía y por ayudarnos a cerrar este ciclo tan importante en nuestras vidas. Y por supuesto, gracias al PAT, a la Facultad de Ingeniería y a la UNAM, nuestra máxima casa de estudios.

Manuel Rivaud Gallardo

Agradezco a mis hijas Karen y Anyeli, gracias por ese tiempo que sacrificaron, por su apoyo y sobre todo por su amor, cariño y comprensión. A mi esposa Angélica, gracias a tu paciencia y comprensión, preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por esa bondad, sacrificio y consejos que me inspiraron a ser mejor, gracias por estar siempre a mi lado. A mis padres Ángel y Verónica por sus consejos, por su sacrificio para llevarme por la vida, por su educación, apoyo y cariño. A mis compañeros de tesis Daniel, Manuel, Cesar por llevar y compartir este trabajo juntos, a Arturo por la información proporcionada. Al Dr. Gabriel León de los Santos por compartir su experiencia para poder cerrar este capítulo de mi vida. Al programa PAT, a mi querida Facultad de Ingeniería y mi alma mater la UNAM.

Ángel Uriel Castillo Hernández

A mi Esposa
A mis Padres

Gracias a mi esposa Maribel por la confianza, motivación y apoyo incondicional para la realización de esta tesis. Gracias a mis padres Claudio y Rosa por todo su cariño, guía y apoyo que siempre me han brindado y por quienes he llegado hasta aquí. Gracias a mis compañeros de tesis, Manuel, Daniel y Ángel por la oportunidad de trabajar en equipo. Gracias a Arturo Bernal, quien inició con nosotros esta aventura, por compartir la información utilizada para este trabajo. Gracias a el Doctor Gabriel León de los Santos por su paciencia, tiempo y quien fue nuestro principal guía en este último paso tan importante. Gracias al PAT por darnos esta oportunidad de tesis. Gracias a la FI y UNAM por haberme formado y llegar a ser un gran profesionalista. Hecho en CU.

César Eslava Gervacio

A mis padres
A mi hermano

A la memoria de mi padre Profr. Rubén Marín Flores Galicia y mi hermano Ing. Sergio Alejandro Marín Flores Ávila, agradeciendo eternamente su paciencia y enseñanzas, asegurando que su visión y ejemplo continúan vivos. Gracias al cariño incondicional de mi madre Raquel y mis hermanos Arsenio y Cristina, siempre presentes en todos los momentos especiales de mi vida. Gracias a mis compañeros de seminario Manuel, César y Ángel, por su amistad y compromiso para concluir este proyecto. Gracias a Arturo Bernal, por emprender con nosotros esta tesis. Agradezco a nuestro asesor el Dr. Gabriel León de los Santos, por todo su apoyo y sus innumerables atenciones en la realización de este trabajo. Gracias al PAT, a la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México por contribuir en mi formación profesional.

Alain Daniel Marín Flores Ávila

INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía y el aprovechamiento de las energías renovables son acciones que permiten cuidar bienes públicos como los energéticos no renovables y el medio ambiente. Asimismo, permiten fortalecer la competitividad de la economía, cuidar la economía familiar y hacer un uso más eficiente de la infraestructura energética del país.

En los comercios y empresas, el uso eficiente de la energía permite reducir costos de operación y producción, para así elevar significativamente los márgenes de utilidad y afrontar los retos de competitividad ante la globalización de las economías.

En México, por ejemplo, las acciones implementadas a través de los 296 proyectos de ahorro y eficiencia energética financiados por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) durante el 2013 significaron un ahorro de 51 GWh/año, lo que representa un ahorro económico de 112 millones de pesos que, a su vez, equivalen a dejar de emitir 24,824 toneladas de CO₂ a la atmósfera.¹

Normalmente la iluminación representa solo una parte del total de la electricidad utilizada en una instalación típica, pero siempre es el primer objetivo que se busca cuando se requieren tomar medidas para ahorrar energía eléctrica, es entonces que nos surgen criterios equivocados como reducir los niveles de iluminación a los mínimos requeridos a efecto de tener menos luminarias en operación u optar por luminarios convencionales considerando únicamente la inversión inicial en lugar de invertir en equipos de iluminación ahorradores de energía eléctrica.

Además, con sistemas de iluminación eficientes se obtiene un beneficio en el medio ambiente, que se manifiesta al disminuir el consumo de energía, lo cual nos lleva consecuentemente a la disminución en la generación de energía eléctrica del país. De

¹ FIDE presenta resultados de cierre de año. http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=499:marzo-5-2014-fide-presenta-resultados-de-cierre-de-ano-&catid=57:noticias&Itemid=267.

Consultada el 15/03/2014.

tal forma, si todas las empresas y negocios aplicaran productos más eficientes, como el caso de sistemas de iluminación eficientes se lograría ahorrar energía y disminuir la contaminación del medio ambiente.

Otro punto importante de impacto ambiental es el uso de las energías renovables, como es el caso de la energía solar en particular, ya que al considerar una alternativa de eficiencia energética como el caso de la iluminación para ahorro de energía, se puede considerar otra opción como lo es la autogeneración de energía eléctrica. En nuestro caso haciendo uso de techos y marquesinas de las sucursales del grupo farmacéutico, se puede instalar tecnología capaz de aprovechar la energía solar para generar energía eléctrica, con el fin de lograr el autoabastecimiento, disminuir el consumo de energía de la red y hacer un uso eficaz de la energía.

En la actualidad es de vital relevancia el cuidado del medio ambiente debido a las afectaciones causadas por las actividades humanas productivas, y también la necesidad de que las empresas industriales y de servicios logren mayores elementos de competitividad vía la reducción de sus costos de producción. Por estas dos razones y debido a que la energía y los requerimientos energéticos de los procesos productivos y de servicios impactan directamente en el medio ambiente y en los costos de producción, es de vital importancia optimizar el consumo de energía.

Con base en este contexto energético y medioambiental, el grupo farmacéutico tiene la necesidad de mejorar procesos y resolver problemas relacionados con los costos de operación, el consumo de energía y mitigar el impacto al medio ambiente derivado del uso de energía de origen fósil. Asimismo, es importante señalar que es indispensable cumplir con la normatividad vigente en estos puntos para evitar cualquier tipo de complicaciones que puedan provenir de multas u otro tipo de sanciones.

Para lograr lo anterior el grupo farmacéutico debe estudiar y conocer la forma en que usa y consume la energía, para a partir de ahí, proponer y evaluar medidas técnico operativas que le permitan optimizar el consumo de energía y con ello mejorar sus costos de operación y lograr mayor competitividad.

Es importante considerar el análisis detallado del costo beneficio de las alternativas eficientes antes mencionadas, ya que ello ayudará a hacer la evaluación necesaria y generar los elementos técnicos y económicos útiles en los procesos de toma de decisiones para la implementación de los proyectos de eficiencia energética y uso de fuentes energéticas alternas para el grupo farmacéutico.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
Introducción	1
1.1 Panorama energético.....	1
1.2 Desarrollo sostenible	14
1.3 Calentamiento Global	15
1.4 Eficiencia energética y fuentes alternas de energía.....	17
1.5 Normativa en México	24
1.6 Instalaciones eléctricas	29
Conclusiones	34
CAPÍTULO 2 EL GRUPO FARMACÉUTICO	35
Introducción	35
2.1 Descripción del grupo farmacéutico.....	35
2.2 Condiciones de operación.....	45
2.3 Caracterización de la demanda energética.....	46
2.4 Costos de operación actuales.....	50
2.5 Factura eléctrica	51
2.6 Elección de las sucursales a estudiar	52
Conclusiones	54
CAPÍTULO 3 FACTIBILIDAD DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO DE ENERGÍAS ALTERNAS	55
Introducción	55
3.1 Sistemas de iluminación	56
3.2 Uso de energías alternas: celdas fotovoltaicas.....	94

3.3	Propuestas y evaluación de alternativas de eficiencia energética y energías alternas	98
	Conclusiones	167
CAPÍTULO 4	VIABILIDAD ECONÓMICA Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS	168
	Introducción	168
4.1	Costos de inversión y ahorros generados.....	169
4.2	Variables económicas.....	187
4.3	Análisis económico de las propuestas	193
4.4	Análisis financiero de las propuestas	210
4.5	Programas de apoyo financiero	230
	Conclusiones	233
	CONCLUSIONES GENERALES	236
	APÉNDICE A	238
	APÉNDICE B	250
	ÍNDICE DESGLOSADO.....	255
	ÍNDICE DE TABLAS.....	260
	ÍNDICE DE FIGURAS	265
	ÍNDICE DE ECUACIONES	270
	BIBLIOGRAFÍA	271

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

INTRODUCCIÓN

En este capítulo inicial se presenta un panorama general de la generación y consumo de la energía tanto a nivel mundial como en México, para después presentar la relación que ello tiene con el bienestar económico y social de los países, así como su impacto en el medio ambiente.

Resaltando los puntos anteriores, se presenta el concepto de desarrollo sostenible y se menciona también como el uso eficiente de la energía y la utilización de fuentes de energía alternas se muestran como las opciones para alcanzar el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección al ambiente.

Posteriormente se da un panorama de las principales leyes, normas y reglamentos de México que están relacionadas con el fomento del desarrollo de sostenible y el uso eficiente de la energía.

Siendo las áreas de iluminación y de consumo eléctrico las estudiadas en este trabajo, finalmente se presentan brevemente los elementos que conforman a una instalación eléctrica.

1.1 PANORAMA ENERGÉTICO

En esta sección se presenta un breve resumen del panorama energético a nivel mundial y en México, enfocándose particularmente en el sector eléctrico y en las fuentes de energía alternas.

1.1.1 PANORAMA ENERGÉTICO MUNDIAL

Una gran parte de las actividades que se realizan en la actualidad están relacionadas con la producción y uso de la energía. La industria, el transporte, el alumbrado público, la iluminación de negocios y residencial, los sistemas de comunicación, el entretenimiento y, en general, el estilo de vida actual, dependen de la generación de energía para poder llevarse a cabo. De hecho, hoy en día se considera que el índice de desarrollo de un país está relacionado con el consumo de energía.

A partir de la revolución industrial, la generación y consumo de energía ha tenido un acelerado crecimiento, el cual ha estado íntimamente relacionado con la economía, el bienestar social y, resaltado desde hace unas décadas por la gran relevancia de su impacto, con la contaminación y el medio ambiente.

La clasificación de las fuentes de energía en renovables y no renovables, ayuda a comprender la relación entre la generación y consumo de energía con la economía, la contaminación y el medio ambiente.

Dentro de las ventajas que tienen las fuentes de energía renovable están la posibilidad de poderlas utilizar sin que éstas lleguen a agotarse, como es el caso de la energía solar, la energía hidráulica, la energía eólica, etcétera. Asimismo, son poco dañinas o nada en absoluto para el medio ambiente. Por otro lado, en general la principal desventaja es el poco desarrollo que existe en su utilización, ya sea esto por su alto costo actual o por la falta de tecnología para aprovecharlas.

Por otro lado, las fuentes de energía no renovables han venido siendo utilizadas ampliamente, con la gran desventaja de que son limitadas, pudiendo llegar a terminarse en algún momento. Asimismo, su producción y/o uso generan impactos negativos sobre el medio ambiente. En canto a sus ventajas, la principal es que a tecnología para su uso está ampliamente extendida. Dentro de este tipo de fuentes se encuentra el petróleo, el gas natural, el propano, el carbón y el uranio.

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía (IEA por sus siglas en inglés), la producción total mundial de energía de 2011 fue de 13,201.76 Mtoe,² mientras que el consumo total mundial de energía por los usuarios finales fue de 8 917.53 Mtoe (el consumo total no considera la energía que se utiliza para generar energía, como la proveniente de combustibles fósiles utilizada en las plantas termoeléctricas para generar electricidad, además de otros ajustes menores debido a la exportación e importación de energía). La evolución de la producción y del consumo totales mundiales de 1973 a 2011 se muestra, respectivamente, en la Figura 1.1 y en la Figura 1.2.

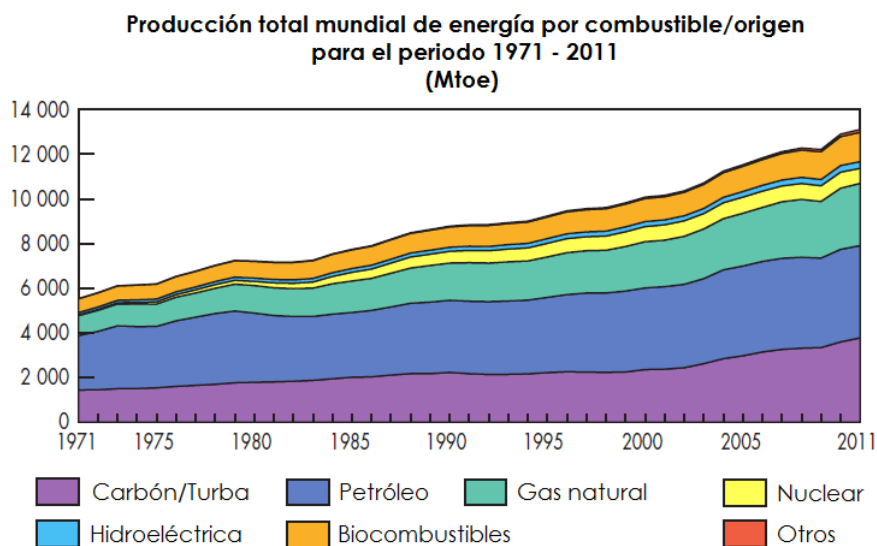


Figura 1.1. Producción total mundial de energía por combustible/origen para el periodo 1971 a 2011.

Fuente: Modificado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.

Consultada el 16/03/2014.

² Una Mtoe (por sus siglas en inglés) corresponde a un millón de toneladas equivalente de petróleo y es igual a 41,868 TJ o a 11,630 GWh.

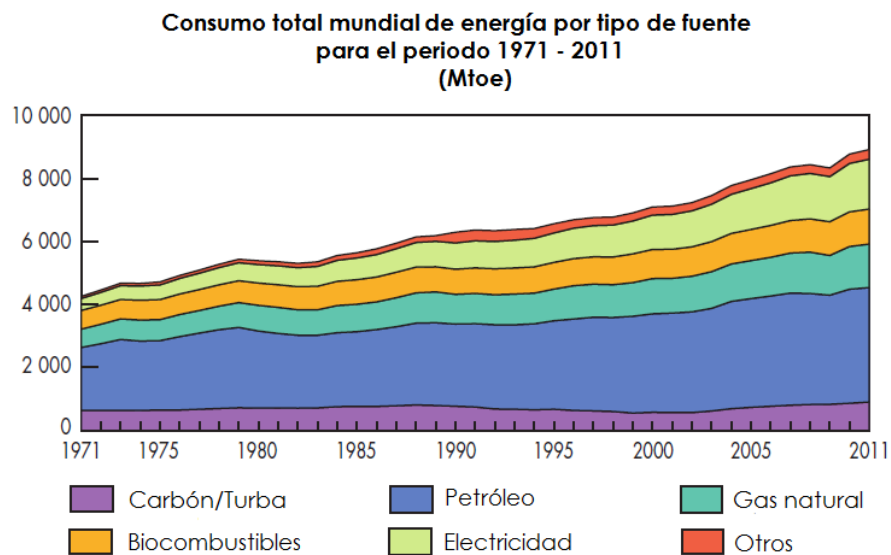


Figura 1.2. Consumo total mundial de energía por tipo de fuente para el periodo 1971 a 2011.

Fuente: Modificado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

Consultada el 16/03/2014.

En la Figura 1.1 y en la Figura 1.2, la categoría otros se refiere a energías no nombradas en las gráficas como energía geotérmica, energía solar o energía eólica.

Además de mostrar el crecimiento que ha existido en los últimos 40 años en cuanto a producción y consumo de energía se refiere, las figuras anteriores permiten observar la dependencia que todavía existe de fuentes de energía no renovables y, en especial, a las que provienen de combustibles fósiles. Lo anterior resalta todavía más si se considera que la mayor parte de la energía eléctrica que se consume a nivel mundial proviene de fuentes de energía no renovables y, particularmente, de las que utilizan combustibles fósiles, como se muestra en la Figura 1.3.

**Generación de electricidad a nivel mundial
por tipo de combustible/origen para el periodo 1971 - 2011
(TWh)**

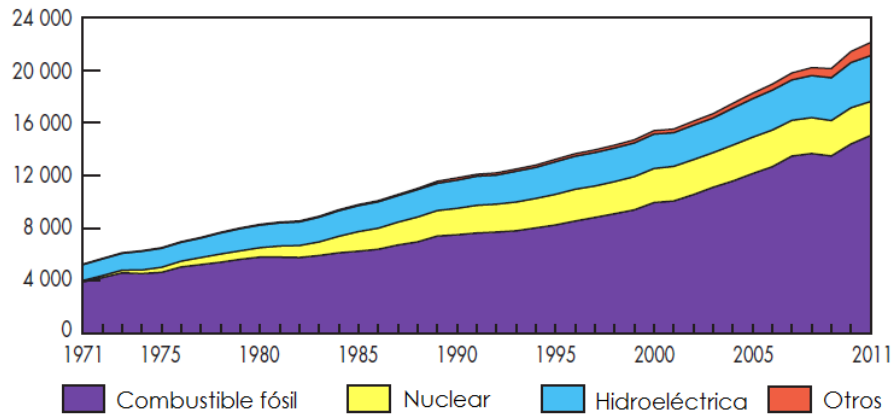


Figura 1.3. Generación de electricidad a nivel mundial por tipo de combustible/origen para el periodo 1971 a 2011.
Fuente: Modificado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

Consultada el 16/03/2014.

En la Figura 1.3, la categoría otros se refiere a energías no nombradas en la gráfica como energía geotérmica, energía solar o energía eólica. Como se observa, esta categoría, conformada principalmente por las energías alternativas, comienza a mostrar un alentador crecimiento a partir del año 2000.

Con respecto a la distribución mundial de la generación y consumo de la energía por región geoeconómica, ésta se muestra en la siguiente tabla para el año de 2011:

Región	Producción total de energía		Consumo total de energía		Consumo por habitante
	Mtoe	%	Mtoe	%	toe/cápita ³
OCDE América	2,431.89	18.4%	1,847.41	20.7%	5.63
OCDE Asia y Oceanía	416.22	3.2%	580.51	6.5%	4.17
No OCDE Europa y Euroasia	1,821.69	13.8%	741.00	8.3%	3.46
OCDE Europa	1,005.80	7.6%	1,223.09	13.7%	3.16
Medio Oriente	1,787.76	13.5%	431.40	4.8%	3.10
China ¹	2,432.56	18.4%	1,644.00	18.4%	2.03
No OCDE América	796.97	6.0%	450.60	5.1%	1.28
Asia excluyendo a China	1,405.13	10.6%	1,112.00	12.5%	0.69
África	1,103.74	8.4%	525.50	5.9%	0.67
Bunkers ²	-	-	362.03	4.1%	-
Total mundial	13,201.76	100.0%	8,917.53	100.0%	-

¹ China incluye a la República Popular de China y Hong Kong.

² Bunkers incluye al a aviación internacional y a los bunkers marinos internacionales.

³ El consumo de energía per cápita está determinando con base en la energía disponible para ser utilizada para cada región, la cual se obtiene sumando las importaciones y restando las exportaciones de energía a la energía total producida por región más otros ajustes menores.

Tabla 1.1. Distribución mundial de la generación y consumo de la energía por región geoeconómica para el año 2011.

Fuente: Elaboración propia con datos de la página Web de la IEA.

<http://www.iea.org/Sankey/index.html>.

Consultada el 16/03/2014.

La Tabla 1.1 se encuentra ordenada de mayor consumo de energía por habitante, en donde puede observarse como los países desarrollados, junto con China tienen el mayor consumo por habitante. Por el otro lado, las regiones con menor desarrollo, África, Asia (excluyendo a China y a los países miembros de la OCDE) y Latinoamérica (excluyendo a Chile y México, países miembros de la OCDE) aparecen en la tabla como dentro de las regiones con menor consumo de energía por habitante.

Por otro lado, como se mencionó, el impacto que tiene la generación y consumo de energía en la contaminación y el medio ambiente ha cobrado gran relevancia desde hace unas décadas.

Por sus consecuencias, la emisión de CO₂ (dióxido de carbono) al ambiente es utilizada como una medida del impacto que tiene en el medio ambiente la generación y consumo de energía.

De acuerdo con la IEA, como parte de los procesos de generación y consumo de energía, en el 2011 se emitieron a nivel mundial 31,342 millones de toneladas de CO₂ al ambiente. Por tipo de combustible, el 44.0% corresponden al uso de carbón y sus derivados, el 35.3% al petróleo, el 20.2% al gas natural y el 0.5% restante corresponde a otro tipo de combustibles. Cabe mencionar que lo anterior contraste con el panorama que se tenía en 1971, donde de los 15,628 millones de toneladas de CO₂ que se emitieron al ambiente, el 50.6% correspondió al petróleo, el 35.0% al uso de carbón y sus derivados, el 14.4% al gas natural y un porcentaje mínimo correspondió a otro tipo de combustibles.

Por lo que se refiere a la emisión de CO₂ al ambiente como parte de los procesos de generación y consumo de energía por región geoeconómica, la siguiente tabla muestra el comportamiento del año de 1971 al 2011:

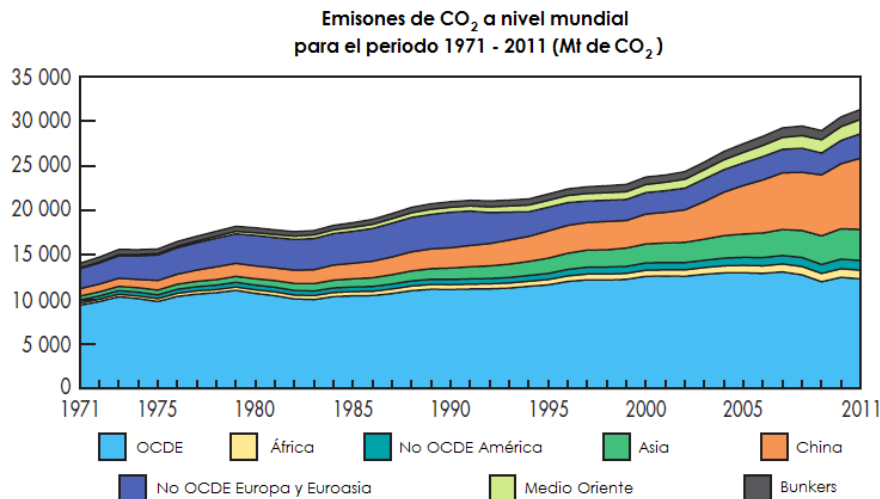


Figura 1.4. Emisiones de CO₂ a nivel mundial para el periodo 1971 a 2011.

Fuente: Modificado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

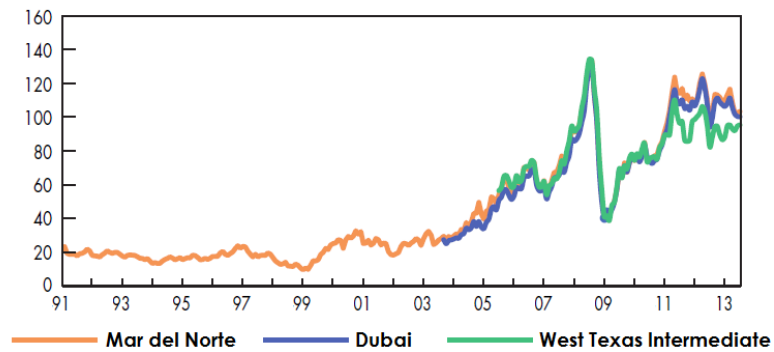
Consultada el 16/03/2014.

La figura anterior muestra que, aunque sin cambios relativamente mayores en los últimos 40 años, los países desarrollados en su conjunto (aquéllos que conforman la OCDE) generan el 39.4% del total de emisión de CO₂ al ambiente. Asimismo, destaca el caso de China, en donde su crecimiento ha sido acompañado de un incremento en la emisión de CO₂ al ambiente al grado que en el 2011 representa el 25.5% del total mundial. Sin embargo, si se considera la emisión de CO₂ al ambiente per cápita, los países desarrollados en su conjunto tienen la mayor emisión de CO₂ al ambiente per cápita, 9.95 toneladas de CO₂ por habitante, seguidos de la región que conforman los países no miembros de la OCDE de Europa y Euroasia y de la región formada por los países del Medio Oriente.

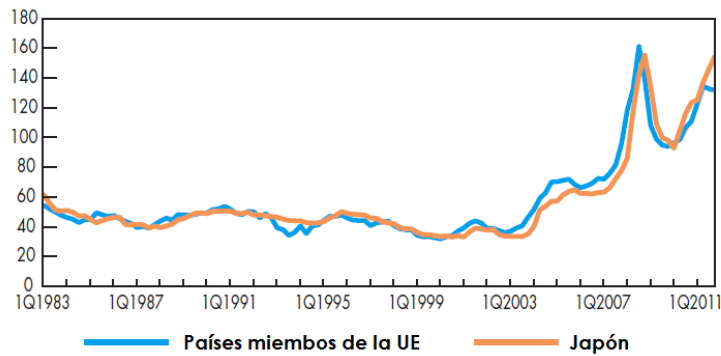
Finalmente, la Figura 1.5 muestra la variación de los principales precios de referencia a nivel mundial para los principales combustibles fósiles en los últimos 10 a 20 años.

Como puede observarse en dicha figura, en los últimos 10 a 15 años, los incrementos en los precios de referencia a nivel mundial para los principales combustibles fósiles han sido considerables.

**Precios mensuales promedio del petróleo crudo
US\$/barril**



**Costos trimestrales promedio
de importación del carbón
US\$/tonelada**



**Precios anuales promedios
de importación del gas natural
US\$(MBtu)**

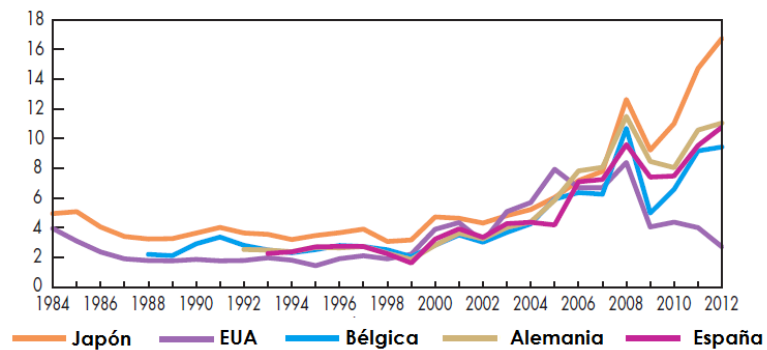


Figura 1.5. Variación de los principales precios de referencia a nivel mundial para los principales combustibles fósiles en los últimos 10 a 20 años.

Fuente: Modificado de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

Consultada el 16/03/2014.

1.1.2 PANORAMA ENERGÉTICO EN MÉXICO

De acuerdo con el Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía de México, el balance de los principales indicadores económicos y energéticos para el año de 2012 son los siguientes:

Descripción	Unidad	Año 2012
Consumo nacional de energía (petajoules)	PJ	8,800.43
PIB nacional (miles de millones de pesos de 2008) ¹	\$	13,244.20
Población nacional (millones de habitantes) ²	pna	117.054
Intensidad energética (KJ/\$ producido)	Num	664.474
Consumo per cápita de energía (GJ/hab.)		75.183
Consumo de electricidad (GWh)	GWh	233,808.09
Consumo de electricidad per cápita (kWh/hab.)	Num	1,997.44
Producción (petajoules)	PJ	9,073.83
Oferta interna bruta (petajoules)		8,800.43
Relación producción entre oferta interna bruta	Num	1.031

Tabla 1.2. Principales indicadores económicos y energéticos de México para el año de 2012.

Fuente: Sistema de Información Energética. <http://sie.energia.gob.mx>.

Consultada el 16/03/2014.

Como se muestra en la Tabla 1.3, comparado con otros países, a partir de los datos disponibles de la IEA para el año de 2011³, México se encuentra por abajo del promedio no sólo de los países miembros de la OCDE, sino del promedio mundial, tanto en lo que al consumo de energía por habitante se refiere, como en la emisión de bióxido de carbono por habitante. Sin embargo, en ambos rubros se encuentra por encima de los promedios de las regiones con menor desarrollo: Latinoamérica (excluyendo a Chile y México, países miembros de la OCDE), Asia (excluyendo a China y a los países miembros de la OCDE) y África. Lo anterior refleja el lugar que tiene México dentro de la economía mundial.

³ Los datos contenidos en el *compendio Key World Energy Statistics 2013* de la IEA corresponden al año de 2011.

Región	Producción total de energía Mtoe	Consumo por habitante toe/cápita	Emisiones de CO2 por habitante CO2/capita
Total/Promedio Mundial	13,202	1.88	4.50
México	228	1.70	3.96
OCDE	3,854	4.28	9.95
No OCDE Europa y Euroasia	1,822	3.46	8.08
Medio Oriente	1,788	3.10	7.70
China	2,433	2.03	5.92
No OCDE América	797	1.28	2.36
Asia	1,405	0.69	1.51
África	1,104	0.67	0.93

Tabla 1.3. Comparación de indicadores energéticos de México con los de otras regiones del mundo para el año de 2011.

Fuente: Elaboración propia con los datos de Key World Energy Statistics 2013, IEA.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>

Consultada el 16/03/2014.

Por lo que respecta al sector eléctrico, en la Figura 1.6 se puede observar la distribución de la generación bruta de energía eléctrica en México por proceso para el periodo 2002 a 2013. Como puede verse, alrededor del 85% de la energía eléctrica que se genera en el país se hace a partir de combustibles fósiles, por lo que se tienen una dependencia del costo de los mismos. También, el uso de combustibles fósiles contribuye en menor o mayor medida a la contaminación y deterioro ambiental.

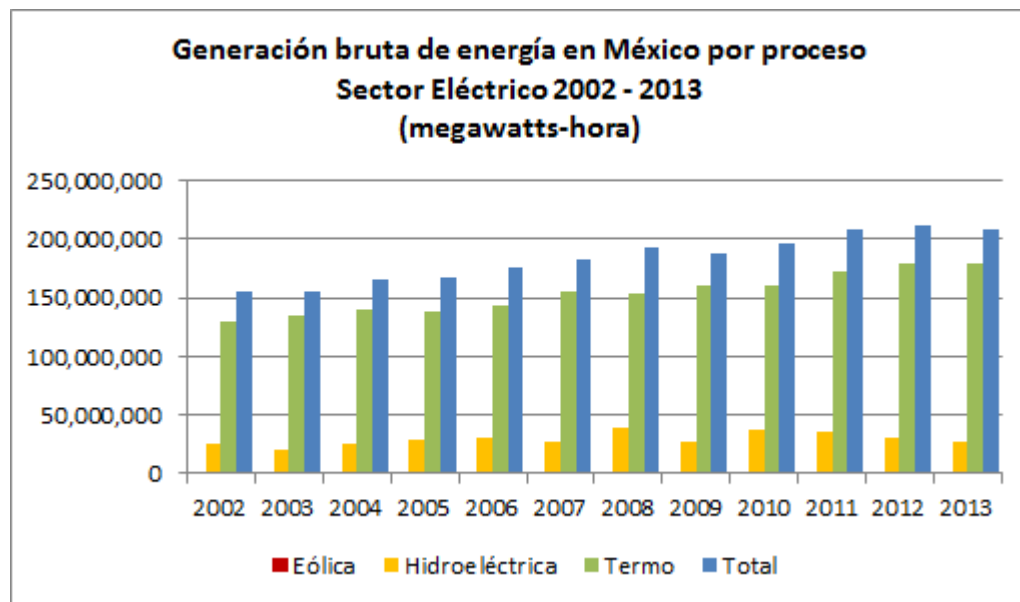


Figura 1.6. Generación bruta de energía en México por proceso para el periodo 2002 - 2012.

Fuente: Sistema de Información Energética. <http://sie.energia.gob.mx>. Consultada el 16/03/2014.

Por lo que respecta al costo de la energía eléctrica en México, en la Figura 1.7 se muestra, a manera de ejemplo, los cargos por energía, pesos por kilowatt hora, para la tarifa O-M de la región central para el periodo de 2002 a 2013. Los cargos se muestran tanto en pesos corrientes como en pesos constantes de 2013⁴.

Si se considera el cargo por energía del año de 2002 expresado en pesos constantes de 2013, el cargo por energía en el año de 2013 representa un incremento real, esto es, ya considerando la inflación, del 74%. También vale la pena mencionar, que considerando la inflación, no hay un incremento en el cargo por energía de 2011 a 2013.

⁴ Para determinar los cargos por energía (\$/kWh) en pesos constantes de 2013, se multiplicó el cargo de cada año obtenido de la página Web de CFE por la suma de uno más el valor de la inflación acumulada para el periodo que va de ese año a 2013. El valor de la inflación acumulada para cada periodo se obtuvo de la página Web de INEGI.

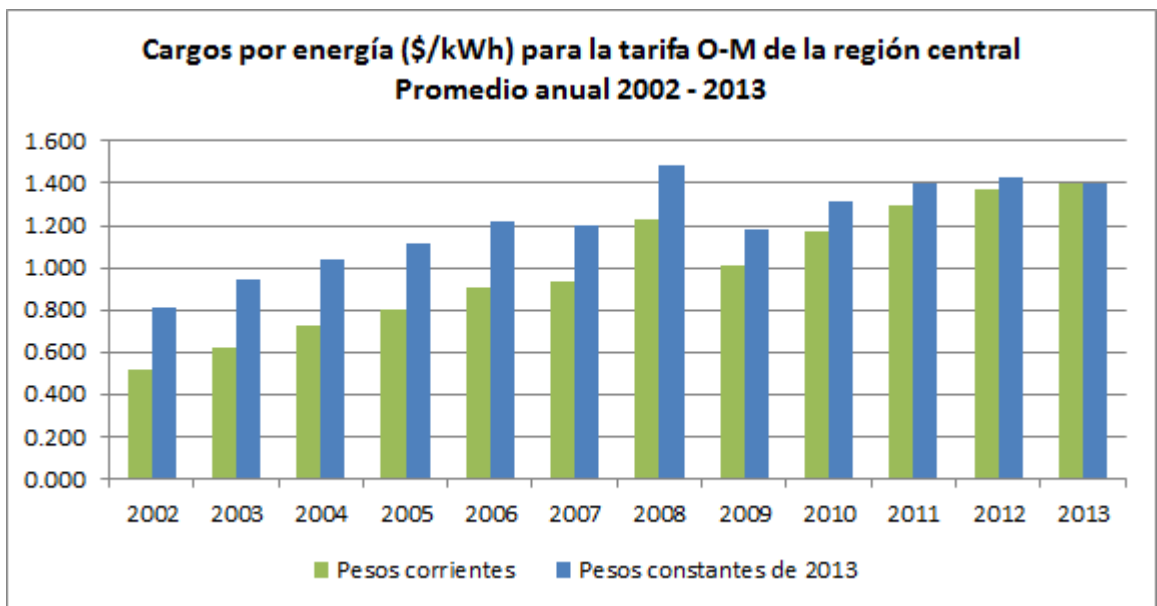


Figura 1.7. Cargos por energía (\$/kWh) para la tarifa O-M de la región central Promedio anual 2002 - 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de las página web de CFE e INEGI.

En cuanto al uso de energías renovables y energías alternas en el país, la Tabla 1.4 muestra la generación de electricidad por medio de éstas para los tres últimos años:

Tecnología	Generación bruta de energía (GWh)		
	2011	2012	2013
Geotermoléctrica	6,506.61	5,816.64	6,069.72
Eólica (CFE + PIE ¹)	357.28	1,744.14	1,813.89
CFE	105.68	187.96	189.61
PIE	251.60	1,556.19	1,624.28
Hidroeléctrica	35,795.90	31,316.57	27,430.03
Fotovoltaica	0.00	2.08	13.09
Nucleoeléctrica	10,089.20	8,769.60	11,799.87

¹ Energía entregada a CFE por los productores independientes de energía (PIE).

Tabla 1.4. Generación bruta de energía eléctrica por energías renovables y energías alternas en los últimos tres años.

Fuente: Sistema de Información Energética. <http://sie.energia.gob.mx>.

Consultada el 16/03/2014.

Considerando que la generación bruta de energía eléctrica para el año de 2013 fue de 258,117 GWh, puede verse que existen grandes retos y oportunidades para el país en cuanto al desarrollo y uso de energías renovables y alternas se refiere.

1.2 DESARROLLO SOSTENIBLE

En la actualidad, no puede concebirse el desarrollo económico y social sin tomar en cuenta el concepto de desarrollo sostenible.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) define al desarrollo sostenible como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (informe titulado “Nuestro futuro común” de 1987, Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo).

La Asamblea General de Naciones Unidas se refirió en su Cumbre Mundial de 2005 a los tres componentes del desarrollo sostenible: el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, como “pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente”.

En México, el desarrollo sostenible en el sector eléctrico es una prioridad, en donde los objetivos a lograr son:

- La generación de electricidad a menor costo
- La implementación de iniciativas de energías limpias con responsabilidad social
- La participación de las comunidades en el proceso de toma de decisión para la ejecución de proyectos en el sector eléctrico

Como se observa, además de tomar en cuenta los temas económicos y ambientales, el concepto de desarrollo sostenible también involucra el tema social, relacionándose así el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica

Dentro de las principales acciones que pueden verse como resultado de la incorporación del desarrollo sostenible en el sector eléctrico en México se encuentra la entrada en vigor en noviembre de 2008 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento para la Transición Energética (LAERFTE). Ésta tiene como objetivo regular el aprovechamiento de fuentes de energías renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética. También, derivado de la LAERFTE se creó el Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía con el propósito de potenciar el financiamiento disponible para la transición energética, el ahorro de energía, las tecnologías limpias y el aprovechamiento de las energías renovables.

1.3 CALENTAMIENTO GLOBAL

Al presentar el panorama energético se mencionó que, por sus consecuencias, la emisión de CO₂ (dióxido de carbono) al ambiente es utilizada como una medida del impacto que tiene en el medio ambiente la generación y consumo de energía. Esto se debe a que dichas actividades generan los llamados gases de efecto invernadero, fundamentalmente vapor de agua, dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, que son emitidos a la atmósfera y dificultan la salida del calor que emite la tierra durante la noche.

El estudio de dicho fenómeno se fortaleció a finales de la década de 1980, cuando la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de analizar de manera objetiva toda la información técnica, científica y socioeconómica que ayude a entender las consecuencias del cambio climático ocasionado por las actividades humanas, sus repercusiones en el medio ambiente y la manera de mitigar sus efectos.

Después de diversas cumbres celebradas por el IPCC, los primeros resultados se dieron cuando en la ciudad japonesa de Kioto en 1997, con la ratificación de 125 países, se dio un acuerdo internacional que obligaba a los 37 países más industrializados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Este acuerdo es conocido como el Protocolo de Kioto.

Aunque la gran mayoría de los países que suscribieron el Protocolo de Kioto permanecen unidos y son partícipes de las distintas acciones promulgadas dentro del mismo, desafortunadamente ha habido una postura de oposición de los principales países contaminantes. Por ejemplo, el 11 de diciembre de 2011 Canadá abandonó el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático para no pagar las multas relacionadas con el incumplimiento de la reducción de emisiones. Cabe mencionar que al igual que Estados Unidos, que rechazó la ratificación del acuerdo, el gobierno de Canadá no manifestó estar en contra de reducir las emisiones de gases invernadero, sino no estar de acuerdo con las condiciones que se establecieron en 1997. Aun así, lo anterior es una muestra de las dificultades que se han presentado para lograr acuerdos que permitan avanzar de una manera más rápida y decisiva hacia la significativa disminución de gases de efecto invernadero.

No obstante las dificultades que se han presentado, a las que también hay que añadir las teorías de que las actividades humanas no son un elemento significativo en el calentamiento global que se ha presentado en las últimas décadas, sino que éste depende más de procesos naturales, la conciencia sobre el problema y las acciones al respecto han ido aumentando.

Con respecto a las consecuencias que tiene el calentamiento global, esto es, el incremento de la temperatura ambiente promedio de la tierra, se encuentran, por mencionar algunas, la posible inundación de espacios costeros al subir el nivel de los océanos por la fusión de los casquetes polares, variaciones en el régimen de lluvias, con fuertes sequías en unos lugares y lluvias torrenciales en otros, aumento de siniestros ligados al clima como huracanes e inundaciones. También pueden agregarse los efectos que el incremento de la temperatura ambiente promedio de la tierra pueda

tener sobre los organismos vivos. Lo anterior deja en claro que, creyendo en el efecto que las actividades humanas tienen en el calentamiento global, es imperante controlar la emisión de gases invernadero al ambiente que éstas generan.

Dentro de las acciones que los gobiernos de los países y grupos internacionales pueden fomentar para reducir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, se encuentran el apoyo a la implementación de prácticas de eficiencia energética y también al desarrollo del uso de fuentes de generación de energía limpias, como lo son las fuentes de energía alterna, además de reducir o prohibir el uso de energías contaminantes. Cabe mencionar que esto último, tomando en cuenta los tres componentes del desarrollo sostenible, debe de ser un proceso gradual que no sólo tome en cuenta la protección del medio ambiente, sino que también contemple el desarrollo económico y el desarrollo social.

1.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA

1.4.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Como se ha mencionado, actualmente el mundo se enfrenta ante el reto de combatir el cambio climático, al mismo tiempo que persigue el crecimiento económico y una distribución equitativa de la riqueza. Dentro del papel fundamental que desempeña el sector energético en el desarrollo económico y social de un país, resulta fundamental cambiar la forma en que se produce y consume la energía para así garantizar un futuro más sustentable.

La eficiencia energética es el camino hacia esa transición energética; es la solución que permite el uso racional de la energía a la vez que se mantienen los niveles de competitividad.

En México, la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía define a la eficiencia energética como todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las

necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía, quedando incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía.

Cabe mencionar que además de los beneficios ambientales que se obtienen al reducir la cantidad de energía que se utiliza para un proceso dado, también están, como es de suponerse, los económicos. Simplemente, el utilizar menos energía representa una reducción en el dinero que se tiene que pagar por ella. Esto es, el ahorro de energía también debe ser considerado aunque la generación de la energía o el consumo de la misma se consideren limpios o amigables con el medio ambiente.

Esto último implica que no sólo deben de considerarse la eficiencia y el impacto ambiental de las fuentes de energía o los bienes o servicios que de ella dependen cuando se habla de eficiencia energética sino además la manera en que éstos se utilizan. Esto es, también debe de haber un cambio que lleve hacia una actitud de ahorro de energía (y de recursos en general).

Un ejemplo de lo anterior, relacionado con las propuestas de eficiencia energética que se presentan en este trabajo, el uso de LEDs (diodos emisores de luz) para iluminación de áreas comerciales, puede encontrarse en el artículo “Promesas y limitaciones de los diodos emisores de luz”.⁵ Básicamente, en dicho artículo se cuestiona que, aceptando las ventajas que en cuanto a eficiencia y tiempo de vida tienen los LEDs para iluminación sobre otros tipos de lámparas, esto no necesariamente se reflejará en un menor uso de energía si no hay medidas adicionales (legislación, cargos adicionales, impuestos, por ejemplo), que impidan que dicho ahorro, reflejado también en un ahorro económico, termine utilizándose para iluminar más tiempo, con mayor intensidad, etcétera, cuando esto en realidad no es necesario, o transfiriéndose a otra actividad.

⁵ Ozzie Zehner. *Promises and Limitations of Light-Emitting Diodes*. Universidad de California, Berkeley. <https://www.academia.edu/Download>. Consultada el 15/03/2014.

Como curiosidad histórica, cabe mencionar que el tema del ejemplo anterior, que ha sido y es cuestionado y estudiado desde diversas perspectivas, fue planteado en 1865 por el economista británico William Stanley Jevons, en lo que es conocido como la paradoja de Jevons o el efecto rebote. La paradoja implica que las mejoras de eficiencia energética pueden al final resultar en un incremento del consumo de energía como resultado de la reducción en los costos de los bienes y servicios.

Puede decirse que, en cierta medida, tarifas de uso de energía que se basan en rangos de consumo para establecer los cargos, como sucede con algunas de las tarifas eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ayudan a que no se gaste más energía de la necesaria, al aumentar el valor de los cargos por energía conforme aumenta su consumo.

Asimismo, y relacionado con la eficiencia de los bienes y servicios, en México la Secretaría de Energía ha emitido diversas normas oficiales mexicanas, las cuales tienen carácter de obligatorio, con el fin de establecer los niveles de eficiencia que deben cumplirse así como los métodos prueba con que debe verificarse dicho cumplimiento. De esta manera, con la participación del sector productivo, el gobierno de México busca restringir el uso no eficiente de la energía así como la elaboración y comercialización de productos que no cumplan con requisitos mínimos de eficiencia.

Cabe resaltar que en la búsqueda de una mayor eficiencia energética, los órganos rectores, como las instituciones gubernamentales, no sólo apoyan por medio de restricciones y posibles penalizaciones, sino también lo hacen por medio del fomento a la investigación, el desarrollo y el uso de tecnologías más eficientes. Ejemplos de lo anterior son los programas de apoyo al financiamiento, como el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en el caso de México, o el premio *L Prize* otorgado por el Departamento de Energía del gobierno de Estados Unidos a la compañía Philips⁶ por haber ganado el concurso de desarrollo de opciones de iluminación con LEDs de alta eficiencia y desempeño.

⁶ Fuente: <http://energy.gov/articles/department-energy-announces-philips-lighting-north-america-winner-l-prize-competition>. Consultada el 17/03/2014.

Por lo que se refiere a la generación de energía, a continuación se presentan las fuentes de energía alternas que hoy en día pueden ayudar a cambiar la forma en que ésta se produce en búsqueda de un futuro más sustentable.

1.4.2 FUENTES DE ENERGÍA ALTERNAS

Puede entenderse por fuentes de energía alternas como aquellas que sustituyen a las tradicionales en búsqueda de un desarrollo sustentable. Tomando en cuenta los tres componentes del desarrollo sostenible, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, puede decirse que las fuentes de energía alternas no sólo deben de ser renovables, sino que también deben de ser económicamente viables.

Vale la pena mencionar que la energía hidroeléctrica y la energía nuclear son consideradas como energías alternas por algunas personas mientras que por otras no. En el caso de la energía hidroeléctrica a gran escala, hay quienes opinan que los impactos ambientales acumulativos que se generan debido a la necesidad de inundar cañones y redirigir cuencas, cambiando o destruyendo parcial o totalmente los ecosistemas, hacen que ésta no sea considerada como una energía alterna. En cuanto a las centrales nucleares, éstas son cuestionadas por el tipo de residuos que generan y por los daños que pueden llegar a ocurrir en caso de suceder accidentes.

Sin embargo, los cuestionamientos anteriores también pueden extenderse a otro tipo de energías alternas. En el caso de las celdas fotovoltaicas, por ejemplo, el uso de sustancias contaminantes para su construcción hace que también se discuta la limpieza de la generación de electricidad por medio de este método. Por todo lo anterior, puede decirse que la planeación, el manejo de los procesos y la disposición de los desechos, entre otros, juegan un papel fundamental en la sustentabilidad de las energías alternas.

Por otro lado, considerando a las fuentes alternas como una mejor opción de generación de energía, lo anterior implica que una fuente renovable puede en su momento llegar a ser reemplazada por otra que presente mejores condiciones económicas, sociales y de protección al ambiente.

Cabe mencionar que las desventajas de las fuentes de energía que actualmente se vislumbran como alternativas a las fuentes no renovables, es su actual desarrollo tecnológico y, relacionado con éste, su costo. Asimismo, la gran mayoría de ellas dependen de condiciones aleatorias, como son los casos de la energía fotovoltaica y de la energía eólica, que dependen de las condiciones de los niveles solares y de viento que se puedan presentar. Afortunadamente, en la actualidad puede observarse que hay un compromiso de gobiernos, empresas y organizaciones no gubernamentales en la búsqueda de mejorar las tecnologías y hacer más baratas y accesibles las fuentes de energía alternas.

A continuación se presenta un breve resumen de las fuentes de energía alterna.

1.4.2.1 Biomasa

En una acepción estrictamente ecológica, se define como un conjunto de sustancias orgánicas procedentes de seres vivos depositados en un determinado lugar. También se entiende como el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma.

Toda esta variedad en cuanto al origen, tiene como nexo común el derivar directa o indirectamente del proceso de fotosíntesis; por ello son ilimitadas en el tiempo y se presentan en forma periódica, es decir de forma renovable. La biomasa, al igual que otras fuentes de energías renovables, se caracteriza principalmente por su menor impacto ambiental, su carácter de recurso autóctono y su sustentabilidad basada en una fuente y suministro energético inagotable. El concepto de biomasa energética incluye los materiales de origen biológico que no pueden ser empleados con fines alimenticios o industriales.

La obtención de energía a través del uso de la biomasa se basa en el hecho de que cualquier residuo orgánico es susceptible de ser sometido a procesos de degradación anaerobia para su aprovechamiento energético, como es el caso específico de aguas residuales, sobre todo las de origen urbano. La digestión anaerobia es un proceso

bioquímico que se realiza por la acción de diferentes bacterias y en ausencia de oxígeno, que generan como producto de desecho biogás, compuesto por metano en una proporción del 54% al 70% y dióxido de carbono de un 27% al 45%.⁷

Cabe mencionar que para considerar a la biomasa como una fuente de energía alterna, debe de tenerse especial cuidado en el control y manejo de los gases que de ésta pueden generarse, ya que mientras que algunos de éstos, como el bioetanol no emiten contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas, otros sí.

1.4.2.2 Celdas fotovoltaicas

Dado que la emisión de radiación solar es permanente, diaria e inagotable, se presenta la captación de energía solar como una forma alternativa de energía renovable, limpia, sin contaminación o residuos al planeta tierra.

El sistema de generación de energía eléctrica partiendo de la captación de la energía solar, se desarrolla a través de tecnología de punta, con paneles fotovoltaicos. Éstos son los que generan energía eléctrica bajo la acción del flujo luminoso permanente de los rayos solares. Los paneles se disponen de manera que se obtenga la mayor cantidad de luminosidad durante el día. La radiación obtenida se concentra en las células fotovoltaicas, que son obleas de aproximadamente 400 micras que procesan la radiación y generan energía eléctrica limpia, sin impacto sobre el medio ambiente.

1.4.2.3 Energía mareomotriz

Esta funciona con el aprovechamiento de las olas y mareas de los océanos, mismas que pueden encontrarse en todas las regiones litorales del planeta, con una dinámica constante y sin impactos ambientales significativos. La obtención de energía a través del uso de mareas es rentable a corto plazo y la cobertura de población es significativa desde el punto de vista ambiental.

⁷ Energías Alternativas: Solución para el Desarrollo Sustentable. Ana María Cabello Quiñones. Refinor, S.A. Primera edición. 2006.

1.4.2.4 Energía eólica

Esta energía renovable se obtiene del movimiento constante del viento o de la brisa. En todas las regiones del planeta pueden encontrarse masas de aire ciclónicas y anticiclónicas, que circulan permanentemente en las mismas direcciones, variando algunas según la estación del año. Lo relevante es que existen todo el año, siendo intensos en ocasiones y otras veces en calma, pero jamás desaparecen. Por esta razón son de gran relevancia al momento de generar energía alternativa basada en el factor eólico.

La forma más tradicional de generación de energía eólica es instalar "aspas" o "torres" en tierra firme, constituidas de acero, las que se deben localizar en áreas de circulación atmosférica regular que asegure el abastecimiento de vientos en forma permanente.

Este tipo de instalaciones es capaz de generar energía eléctrica en valores que se encuentran entre los 300 y los 400 kW, permitiendo cubrir los requerimientos energéticos de una población de 70,000 habitantes o de distintas comunidades de manera simultánea. Pueden conectarse a la red eléctrica central para servir de recurso energético a plantas industriales, aportando hasta un 30% del total de la energía utilizada en sus procesos.

Al comparar la energía eólica con las anteriormente mencionadas, ésta resulta competitiva, económica y factible en todas las regiones del planeta.⁸ De hecho, es una excelente alternativa para regiones pobres que ven limitados sus recursos energéticos y la imposibilidad de producir energía eléctrica por los métodos tradicionales.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha difundido la necesidad de incorporar este tipo de generación de energía sustentable a las actividades productivas para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y mejorar así la calidad de vida de los habitantes del mundo.

⁸ Energías Alternativas: Solución para el Desarrollo Sustentable. Ana María Cabello Quiñones. Refinor, S.A. Primera edición. 2006.

1.4.2.5 Energía hidráulica

En este tipo de generación de energía se aplican los principios físicos más elementales para convertir la energía potencial de una gran cantidad de agua acumulada en energía cinética del agua en circulación.

La energía hidráulica es un recurso renovable, ya que el agua se renueva a través del ciclo hidrológico. El principal método con que se almacena el agua y se aumenta su elevación para incrementar su energía potencial son las presas.

Como se mencionó anteriormente, debido a la necesidad de inundar cañones y redirigir cuencas, cambiando o destruyendo parcial o totalmente los ecosistemas, la energía hidroeléctrica no es siempre considerada como una energía limpia.

1.4.2.6 Energía geotérmica

El elemento principal en el uso de la energía geotérmica consiste en aprovechar el calor natural procedente del magma de la tierra. Esta energía se puede usar de manera directa para calentar edificaciones o producir electricidad mediante el vapor que expulsa o calentando agua para generar vapor.

Los lugares más adecuados para su uso se ubican en zonas próximas a volcanes.

Puesto que a largo plazo es improbable que el magma se enfríe, la energía geotérmica es considerada una fuente renovable de energía.

1.5 NORMATIVA EN MÉXICO

1.5.1 LEYES MEXICANAS

La siguiente cronología muestra el desarrollo de las leyes en México con relación al desarrollo sostenible y al uso de energías alternas:

- 1917 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos - El artículo 27 establece que toda actividad de la industria eléctrica que tenga por objeto la prestación de un servicio público estará reservada exclusivamente al Estado.
- 1958 Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (reformada en 2008) - Establece que PEMEX, los organismos subsidiarios y sus empresas podrán cogenerar energía eléctrica y vender sus excedentes a Comisión Federal de Electricidad, mediante convenios con las entidades mencionadas.
- 1975 Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su reglamento (LSPEE) (reformada en 1992) - No considera servicio público el autoabastecimiento, la cogeneración, el pequeño productor, el productor independiente de energía, la importación para uso propio y la exportación
- 2008 Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y su Reglamento - Tiene objeto el propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.
- 2008 Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética y su Reglamento (reformada en 2012) - Tiene como objetivo regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y tecnologías limpias. Específicamente en su artículo 20 indica que a la cogeneración aplicarán las mismas ventajas establecidas para las energías renovables.
- 2012 Ley General de Cambio Climático - Tiene como objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto Invernadero, entre otros.

Con relación al aprovechamiento sustentable de la energía y la eficiencia energética, el 28 de noviembre de 2008 se expide en México la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, la cual tiene como objeto propiciar un aprovechamiento sustentable de la energía mediante el uso óptimo de la misma en todos sus procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo.

En su artículo 2, fracciones I y IV La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía define aprovechamiento sustentable de la energía y la eficiencia energética como:

I. Aprovechamiento sustentable de la energía: El uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.

IV. Eficiencia Energética: Todas las acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Queda incluida dentro de esta definición, la sustitución de fuentes no renovables de energía por fuentes renovables de energía.

1.5.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

En cuanto a las Normas Oficiales Mexicanas, es la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (hoy Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, CONUEE)⁹, tiene la facultad de emitir Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética, las cuales son formuladas por el Comité Consultivo

⁹ De acuerdo a lo establecido en el Artículo Quinto Transitorio de “La Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía”, cuando las leyes, reglamentos, decretos acuerdos u otros ordenamientos jurídicos hagan mención a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, la referencia se entenderá hecha a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), que es presidido por el Director General de la Conae.

Como se establece en el Artículo 3o., fracción XI de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, esto es, las Normas Oficiales Mexicanas son de uso obligatorio para quien cae dentro del alcance de la aplicación de las mismas y cuando las actividades o productos se hagan durante la vigencia de la misma.

Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes emitidas por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía destacan:

- Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-ENER-2001, Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales
- Norma Oficial Mexicana NOM-011-ENER-2006, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI-2008, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado

Otras dependencias gubernamentales de México, como la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (Semarnat) también están relacionadas con la emisión de normas oficiales mexicanas que están relacionadas de una u otra manera con el aprovechamiento sustentable de la energía y la eficiencia energética. Ejemplos de éstas son:

- Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

- Norma Oficial Mexicana NOM-029-STPS-2011, Mantenimiento de las instalaciones eléctricas en los centros de trabajo-Condiciónes de seguridad.

1.5.3 NORMAS MEXICANAS

El Artículo 3o., fracción X de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización define a la Norma Mexicana como:

X. Norma mexicana: la que elabore un organismo nacional de normalización, o la Secretaría, en los términos de esta Ley, que prevé para un uso común y repetido reglas, especificaciones, atributos, métodos de prueba, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado.

Estas normas son de uso no obligatorio, aunque para quien cae dentro del alcance de la aplicación de las mismas y cuando las actividades o productos se hagan durante la vigencia de la misma, este tipo de norma puede ser obligado su uso si es referida en una Norma Oficial Mexicana para realizar algo. Las normas mexicanas pueden ser elaboradas por organismos privados relacionados a la materia y no forzosamente por entidades públicas del gobierno.

Un ejemplo de una Norma Mexicana es:

- Norma Mexicana NMX-J-307/1-ANCE-2008, Luminarios-Especificaciones y Métodos de Prueba.

1.5.4 NORMATIVA INTERNACIONAL

En el ámbito internacional, la Organización Internacional de Normalización (ISO) es el más grande desarrollador a nivel mundial de estándares internacionales.

Relacionados con el medio ambiente y el uso de la energía, los estándares de las familias ISO 14000 - Environmental management e ISO 50001 - Energy management tienen gran relevancia a nivel mundial:

ISO 14001:2004 especifica los requerimientos para un Sistema de Gestión Ambiental y ofrece la posibilidad de sistematizar, de manera sencilla, los aspectos ambientales que se generan en cada una de las actividades que se desarrollan en una organización, además de promover la protección ambiental y la prevención de la contaminación desde un punto de vista de equilibrio con los aspectos socioeconómicos.

ISO 50001:2011 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir a una organización seguir un enfoque sistemático para lograr la mejora continua de la eficiencia energética.

1.6 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Dado que en este trabajo se realizan propuestas sobre las áreas de iluminación de las sucursales del grupo farmacéutico en estudio, además de también proponer el uso de un sistema fotovoltaico como fuente de energía alterna para la generación de electricidad, a continuación se mencionan brevemente las características de una instalación eléctrica. Posteriormente, en el Capítulo 2 se describen los elementos que conforman al grupo farmacéutico y en el Capítulo 3 se presentan los conceptos básicos de iluminación y de celdas fotovoltaicas que permiten conocer áreas de oportunidad y proponer mejoras.

El conjunto de elementos que intervienen desde el punto de alimentación o acometida de la compañía suministradora (CFE) hasta el último punto de una casa habitación, comercio, bodega o industria en donde se requiere el servicio eléctrico, constituye lo que se conoce como los componentes de una instalación eléctrica.

Los elementos que comúnmente conforman a una instalación eléctrica son:

- Conductores eléctricos
- Interruptores
- Fusibles
- Centros de carga y tableros de distribución
- Contactos y apagadores
- Lámparas
- Canalizaciones y accesorios

Todos los elementos usados en una instalación eléctrica deben cumplir con ciertos requisitos, los cuales no son sólo técnicos, sino también de uso y presentación, para lo cual deben acatar las disposiciones que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones Eléctricas (utilización).

Asimismo, los elementos que conforman a una instalación eléctrica se identifican en un plano o diagrama eléctrico por medio de símbolos.

A continuación se presenta una breve descripción de los elementos antes mencionados que conforman a una instalación eléctrica.

1.6.1 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Los conductores eléctricos son los alambres y cables que se emplean en casas habitación, comercios, bodegas, etcétera.

Para instalaciones eléctricas en baja tensión (menos de 1,000 V de acuerdo con la Norma Mexicana NMX-J-098-ANCE-1999, Sistemas eléctricos de potencia-Suministro-Tensiones eléctricas normalizadas) los conductores eléctricos están formados por los siguientes elementos: el conductor eléctrico en sí mismo, que es el elemento, hecho de cobre, por el que circula la corriente eléctrica; el aislamiento, cuya función principal es la de soportar el voltaje aplicado y separar al conductor eléctrico de partes puestas a tierra; y, una cubierta externa, cuya función es la de proteger al cable de factores

externos (golpes, abrasión, etcétera) y ambientales (lluvia, polvo, rayos solares, etcétera).

Los conductores eléctricos se seleccionan para su uso dependiendo de las características para las que se requieran utilizar, destacando el diámetro o calibre del mismo en función de la corriente eléctrica que circulará por ellos.

1.6.2 INTERRUPTORES

Un interruptor es un dispositivo que sirve para interrumpir o restablecer una corriente eléctrica a través de un circuito eléctrico.

Además de utilizarse para encender o apagar equipos o sistemas de iluminación según se requiera utilizarlos o no, los interruptores cumplen una función fundamental para dar protección a las instalaciones y equipos eléctricos en caso de que se presenten fallas eléctricas acompañadas de incrementos de corriente.

De acuerdo con lo anterior, los interruptores pueden clasificarse como no automáticos o automáticos. Los interruptores no automáticos tienen como función la de conectar y desconectar cargas sin brindar ninguna clase de protección. Por su parte, los interruptores automáticos son aquellos que además de conectar y desconectar cargas en circuitos eléctricos, brindan cierta protección a los conductores alimentadores o a los equipos conectados contra fallas eléctricas, provocando la desconexión automática de ellos de la línea. Algunos tipos de esta clase de interruptores son los interruptores con cuchillas con fusibles, los magnéticos, los termomagnéticos y los electrónicos.

1.6.3 FUSIBLES

Un fusible se puede definir como un dispositivo que se emplea para proteger los sistemas eléctricos contra fallas de sobrecarga y cortocircuito; esto se efectúa intercalándolo en un circuito eléctrico, de tal manera que cuando pase una corriente a través de éste, cuya intensidad excede un valor prefijado, interrumpe el circuito al que

está conectado. Esto se logra al fundirse el elemento del dispositivo de protección. Este elemento puede tener forma de alambre, cinta, etcétera.

A diferencia de los interruptores que protegen contra fallas, un fusible podrá realizar únicamente una interrupción en caso de falla, ya que en este proceso el elemento del dispositivo de protección es destruido, por lo que será necesario reemplazar dicho elemento o todo el fusible para volverlo a utilizar.

1.6.4 CENTROS DE CARGA Y TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN

El origen de los tableros y centros de carga se desarrollaron como consecuencia de las siguientes necesidades:

- Dividir grandes sistemas eléctricos en varios circuitos reduciendo calibres de conductores.
- Tener medios de conexión y de protección para cada circuito eléctrico de un sistema.
- Localizar en un solo lugar los dispositivos mencionados en el punto anterior.

1.6.5 CONTACTOS Y APAGADORES

Un apagador se define como un interruptor pequeño de acción rápida, operación manual y baja capacidad que se usa por lo general para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales, así como unidades de alumbrado pequeñas. Debido a que la operación de los apagadores es manual, los voltajes nominales no deben exceder a 600 V.

Existen diferentes tipos de apagadores. El más simple es el de una vía o monopolar, con dos terminales que se usan para “prender” o “apagar” una lámpara u otro objeto desde un punto sencillo de localización.

Los apagadores sencillos para instalaciones residenciales se fabrican para 127 V y corrientes de 15 A.

Por su parte, los contactos se usan para enchufar (conectar) por medio de clavijas dispositivos portátiles, tales como: lámparas, taladros, radios, televisores, tostadores, licuadoras, lavadoras, batidoras, rasuradoras eléctricas, etcétera.

Los contactos deben tener una capacidad nominal no menor de 15 amperes para 125 volts y no menor de 10 amperes para 250 volts.

Los contactos pueden ser sencillos o dobles, del tipo polarizado (para conexión a tierra) y a prueba de agua.

1.6.6 LÁMPARAS

Las lámparas forman parte de una instalación eléctrica al requerir del suministro eléctrico para su funcionamiento.

La luz artificial que se obtiene de las lámparas juega un papel muy importante en la actualidad, debido a que sin ella no se podrían realizar las actividades nocturnas ni muchas de las que se realizan en el día.

En la actualidad se dispone de una enorme variedad de diferentes tipos de lámparas, dentro de las cuales se encuentran las lámparas incandescentes, fluorescentes y de descarga. Como parte de la elaboración de las propuestas sobre iluminación que se realizan para las sucursales del grupo farmacéutico en estudio, en la sección “3.1.1 Tipos de lámparas” se presentan con mayor detalle los tipos de lámparas y sus características.

1.6.7 CANALIZACIONES Y ACCESORIOS

Las canalizaciones eléctricas sirven para proporcionar protección mecánica a los conductores, ya que los aísla físicamente y confina cualquier problema de calor o chispas producidas por falla de aislamiento.

Existe una gran variedad de medios para contener a los conductores eléctricos conocidos como canalizaciones eléctricas; algunas son de uso común y otras se usan en aplicaciones específicas. Algunos de estos medios son tubos, ductos, charolas y electroductos.

Además de las canalizaciones y de los elementos mencionados con anterioridad, también en una instalación eléctrica se utilizan una serie de accesorios como cajas y accesorios para canalización con tubo, ductos metálicos con tapa y charolas para cables.

CONCLUSIONES

El panorama energético tanto a nivel mundial como en México muestra que sigue existiendo una gran dependencia de los combustibles fósiles, los cuales son una fuente de energía contaminante y no renovable.

En la búsqueda del bienestar económico y social, la protección al ambiente debe ser considerada de alta prioridad. Si bien queda mucho por hacer, el fomento a un uso eficiente de la energía y a la utilización de fuentes de energía alternas ha tomado fuerza en las últimas décadas empujado por las acciones de gobiernos, organizaciones no gubernamentales y la industria.

Además de la legislación que al respecto se ha creado, también existen acciones de apoyo financiero para promover el uso y el desarrollo de tecnologías nuevas, más eficientes y amigables con el medio ambiente.

CAPÍTULO 2

EL GRUPO FARMACÉUTICO

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se hace una descripción de las instalaciones del grupo farmacéutico y de sus sucursales. Primero se describen físicamente las sucursales y se mencionan los distintos equipos que en ellas se utilizan. Posteriormente se explican las condiciones de operación y se examina la demanda energética de las sucursales. Finalmente se analizan los costos de operación y la factura eléctrica.

Con base en lo anterior, junto con el resultado de los estudios de iluminación que se realizaron a una serie de sucursales, y tomando en cuenta la similitud que existe entre las sucursales en lo que a arquitectura, distribución y equipos utilizados se refiere, como conclusión de este capítulo se define un grupo de farmacias que se estudiarán y sobre las cuales se realizarán las propuestas que permitan mejorar procesos y resolver problemas relacionados con los costos de operación, el consumo de energía y mitigar el impacto al medio ambiente derivado del uso de energía de origen fósil, además de dar cumplimiento a la normatividad aplicable.

2.1 DESCRIPCIÓN DEL GRUPO FARMACÉUTICO

El grupo farmacéutico estudiado en este trabajo se dedica a la venta de productos y servicios para la salud y el cuidado personal. Tiene 50 sucursales ubicadas principalmente en el valle de México y zona metropolitana. Su venta al público es de autoservicio y venta al mostrador, contando sus sucursales con las siguientes áreas principales: piso de ventas, oficina de gerencia, oficina de control, almacén, área de recibo, área de reparto, área de cajoneras, zona de conservación de medicamentos,

estacionamiento para clientes, cuarto de máquinas, área para equipos de cómputo, comedor y sanitarios.

La construcción de las sucursales parte de un mismo diseño base, buscando que las instalaciones sean lo más similares posibles en cuanto a arquitectura y distribución de recursos se refiere. Asimismo, los equipos instalados en las sucursales son del mismo tipo y capacidad. Por lo antes mencionado, el estudio de unas cuantas sucursales puede tomarse como referencia para las demás.

Principalmente, existen dos modelos de sucursal. En uno de ellos, el terreno se divide en construcción principal y estacionamiento abierto. En el otro, el estacionamiento es subterráneo y la sucursal comprende los niveles superiores. En este segundo caso la iluminación del estacionamiento es artificial. En ambos casos también existen cajones de estacionamiento al frente de la sucursal, principalmente para personas con capacidades especiales.

Todas las sucursales cuentan iluminación exterior y anuncios luminosos a lo largo de sus marquesinas. Dependiendo de la ubicación y tamaño de la sucursal, puede haber uno o dos anuncios. Los anuncios están hechos de acrílico y sus cenefas pueden llegar a ser de 30 metros de longitud. La iluminación de los anuncios se realiza con base en lámparas fluorescentes que se encienden de las 6:00 p.m. de un día a las 8:00 a.m. del otro.

Al frente de las sucursales se encuentra el piso de ventas, el cual es el área de entrada al público y también es el área de autoservicio. Éste se encuentra al nivel de la calle o medio nivel sobre ésta cuando el estacionamiento en las sucursales es subterráneo.

La entrada al piso de ventas es abierta, esto es, no cuenta con puerta. Ésta entrada sólo se cierra en el horario nocturno por medio de una cortina metálica.

A los lados de la entrada se encuentran las ventanas laterales que son ventanales que van del piso a la techumbre.

En el piso de ventas se encuentran las góndolas y apartados para venta de productos en general y cuenta con iluminación y climatización artificial.

La techumbre del piso de ventas está conformada por acrílicos translúcidos y multipaneles intercalados o únicamente por multipaneles. En este sistema los acrílicos permiten el paso de la luz natural mientras el multipanel opera como aislante térmico.

De la estructura que soporta la techumbre se cuelgan los ductos del aire acondicionado y los arreglos de lámparas fluorescentes, como se muestra en la Figura 2.1.



Figura 2.1. Techumbre, ductos de aire acondicionado y arreglos de lámparas fluorescentes.

Fuente: Elaboración propia.

En la techumbre de las sucursales también pueden observarse los extractores de aire y, en algunas sucursales, la tubería para recolección de aguas pluviales. Esto se muestra en la Figura 2.2.



Figura 2.2. Extractores de aire y tubería para recolección de aguas pluviales.

Fuente: Elaboración propia.

En los extremos laterales el piso de ventas está limitado por las paredes de la edificación, las cuales son de muro de block y no cuentan con ventanas o algún otro tipo de apertura. En algunos casos, en uno de los extremos laterales de la sucursal puede encontrarse el área superior del almacén.

Al fondo del piso de ventas, y todavía dentro de éste, se encuentra el área de mostradores, en donde se surten medicamentos y artículos, y se realiza el cobro de mercancía por puntos de venta.

Atrás del área de los mostradores y terminando el piso de ventas, se encuentra la parte posterior de las sucursales. Ésta es de dos niveles y comprende las áreas exclusivas para personal de la farmacia.

En la parte inferior, y justo atrás de los mostradores, está el pasillo en donde se encuentran las cajoneras, el mueble de excedentes y la zona de conservación de medicamentos de alta especialidad. A los extremos del pasillo se encuentran la oficina de control y las escaleras que llevan al nivel superior, habiendo casos en que ambas se encuentran en el mismo extremo.

El pasillo mencionado cuenta con iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y extracción de aire en la parte superior.

Las cajoneras y el mueble de excedentes situadas en el pasillo se utilizan para almacenar el medicamento especializado.

En cuanto a la oficina de control, ésta es un cuarto pequeño para una o dos personas, tiene paredes de tabla roca e iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes. En ella se lleva la administración de los medicamentos controlados.

Junto al área del control se encuentra la zona de conservación de medicamentos, la cual consiste en un equipo de refrigeración en donde se conservan los medicamentos de alta especialidad y vacunas.

El equipo de refrigeración se utiliza para la conservación de la cadena de frío, necesaria para controlar la temperatura de algunos medicamentos. El equipo se conforma de un gabinete hermético en el que se almacena el producto. Dentro de éste, en su parte superior, se encuentra el evaporador para generar la inyección de aire frío y el intercambio térmico con el producto. El motor compresor es del tipo reciprocante con una capacidad de $\frac{1}{2}$ HP y un condensador para la disipación de carga térmica al ambiente. La temperatura interna se maneja con base a un controlador marca Carel y un graficador de aguja para los registros de calibración anual. Un equipo de refrigeración utilizado en las sucursales del grupo farmacéutico puede observarse en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Equipo de refrigeración.

Fuente: Elaboración propia.

A un lado de la zona de conservación de medicamentos también se tiene un anaquel donde se almacenan bajo llave los medicamentos que por sus características requieren un control especial.

En la parte inferior también se encuentra el área de reparto, la cual está al fondo del inmueble o a un costado del almacén junto a la salida de emergencias. En esta área hay entre dos y tres puntos de venta. Cuenta con una ventanilla al exterior para la entrega de pedidos y mercancía. Tiene iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y muro de block.

Junto al área de reparto se encuentra siempre el área para equipos de cómputo. Ésta tiene iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y cuenta con equipos UPS y uno o dos racks para el equipo de cómputo y el de circuito cerrado.

A un costado del piso de ventas o al fondo del inmueble, atrás del pasillo antes mencionado, se encuentra el almacén, que puede ser de uno o dos niveles. El almacén está constituido por racks de carga paralelos entre sí. Cuenta con iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y extracción de aire en la parte superior.

En la parte inferior de las sucursales también se encuentra el cuarto de máquinas, al cual se puede acceder por dos ubicaciones. Una es por el almacén o y otra por el área de estacionamiento. En este cuarto se encuentra la planta de emergencia con caseta acústica y el tablero de control y de transferencia. El cuarto tiene iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y cuenta con una ventana tipo *louver* que da al exterior. Una vista externa de esta ventana puede observarse en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Ventana tipo *louver* del cuarto de máquinas.

Fuente: Elaboración propia.

La planta de emergencia utilizada en las sucursales es del tipo estacionaria con motor diésel y automática. La planta de emergencia abastece de energía eléctrica en caso de falla en el suministro por parte de la red eléctrica. Está constituida por un motor de combustión interna (sistema de lubricación, sistema de gases de escape y sistema de arranque), generador de corriente alterna (sistema de excitación y sistema de regulación de voltaje), sistema de control, protección, medición, alarmas y sistema de transferencia automática. Ante un fallo en el suministro de energía por parte de la red eléctrica, la planta de energía tiene un tiempo máximo de entrada de 8 segundos y se utiliza para la alimentación de la iluminación artificial y de los equipos de cómputo de los puntos de venta. Una planta de emergencia del tipo utilizado en las sucursales se muestra en la Figura 2.5.



Figura 2.5. Planta de emergencia de 100 kW, marca Cummins, modelo 6BTA5.9.

Fuente: <http://www.cumminspower.com/www/common/templatehtml/technicaldocument/SpecSheets/Diesel/na/s-1577.pdf>.

Consultada el 13/03/2014.

En el nivel superior de las sucursales se encuentra la oficina de gerencia, el comedor, los sanitarios, el acceso a techumbre por escotilla y, cuando existe, la parte superior del almacén.

La oficina de gerencia es un cuarto pequeño para una o dos personas. Cuenta con puerta y ventana interiores. Tiene iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes. Como su nombre lo indica, en esta oficina se encuentra la gerencia de la sucursal.

Por lo que se refiere al comedor, éste es un espacio que tiene de 2 a 3 metros por lado. En este se tiene una barra lateral para el consumo de alimentos y un horno de microondas para el calentamiento de los mismos. Cuenta con iluminación artificial por medio de lámparas fluorescentes y extracción de aire en la techumbre.

En cuanto a los sanitarios, estos son dos medios baños de damas y caballeros.

Cuando las sucursales cuentan con almacén en la parte superior, éste tiene las mismas características que el almacén de la parte inferior.

En cuanto al sistema de aire acondicionado y los tinacos, éstos se encuentran sobre la techumbre en la parte posterior de la edificación, la cual es un área reforzada diseñada para soportar el peso de los elementos mencionados.

Como se mencionó, los ramales del aire acondicionado se encuentran instalados a lo largo de toda la techumbre interior del lugar. Su caudal se distribuye únicamente en el piso de ventas, ofreciendo un ambiente confortable y limpio a todos sus clientes y personal de tienda. Este sistema es regulado automáticamente y su control de temperatura registra y compensa la variación del clima interior.

Aunque existen algunas modificaciones en la distribución de los servicios (agua, luz, drenaje, cisternas, etcétera), en la selección y compra de equipo la decisión fue dotar a todas las sucursales con equipos iguales (marca, modelo, capacidad, dimensiones, consumo eléctrico, etcétera).

El aire acondicionado está compuesto por unidades lavadoras de aire y unidades paquete marca Trane. Su capacidad de enfriamiento es de 5 y 20 toneladas, respectivamente. Durante el día, su funcionamiento es continuo, mientras que por la noche su operación es programable.

El principio de operación de una lavadora de aire es la absorción de calor por medio de evaporación de agua. Estos equipos están diseñados para climatizar grandes espacios (supermercados, cines, auditorios, gimnasios) a un bajo costo y un máximo rendimiento. No utilizan químicos refrigerantes y evitan que se perciba humedad en el ambiente dado que el aire es renovado. En la Figura 2.6 se muestra una lavadora de aire similar a las que se utilizan en las sucursales del grupo farmacéutico.



Figura 2.6. Lavadora de aire similar a las utilizadas en las sucursales del grupo farmacéutico.

Fuente: <http://www.exime.com.mx/cealsa/lava.html>

Consultada el 03/02/2014.

Las sucursales también cuentan con equipos para el bombeo del agua potable de las cisternas a los tinacos y con equipos para el bombeo de aguas negras del cárcamo a la red principal.

El sistema de agua potable cuenta con bombas centrífugas genéricas con motores de inducción que van de $\frac{1}{2}$ a 2 caballos de fuerza y con tuberías de cobre de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y 1 pulgada. Las bombas son accionadas mediante control eléctrico de nivel.

El sistema de aguas residuales utiliza bombas de agua sumergibles de 1 a 2 caballos de fuerza conectadas a tuberías de PVC y con controles eléctricos tipo boya y de electrodo.

Por lo que se refiere al número de personas que trabajan en las sucursales, éste varía de sucursal a sucursal, pero puede decirse que en promedio trabajan en cada sucursal 20 personas en el turno matutino, 20 en el turno vespertino y 10 en el turno nocturno.

2.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN

El horario de venta abierta al público de las sucursales del grupo farmacéutico es de 6:00 a.m. a 1:00 a.m. El horario nocturno, en el cual se atiende a través de ventanilla, es de 1:00 a.m. a 6:00 a.m. Las sucursales abren los 365 días años.

Con respecto a la iluminación de las distintas áreas de las sucursales, ésta se controla de manera manual. Por políticas de la empresa, en el piso de ventas se mantienen las luces encendidas todo el día por cuestiones de imagen. En las demás áreas de las sucursales, las lámparas suelen estar prendidas cuando hay actividades, ya que generalmente en éstas no se recibe luz del exterior, y apagadas cuando no las hay.

Por lo que respecta al aire acondicionado, éste está programado para operar durante el horario de venta abierta al público con un *set point* de 23 grados centígrados y con un diferencial de 2 a 3 grados. Durante el horario nocturno el aire acondicionado permanece sin operar en modo *stand by*.

En cuanto a los equipos de refrigeración, éstos siempre se encuentran encendidos, dado que se utilizan para la conservación de la cadena de frío, necesaria para controlar la temperatura de algunos medicamentos.

Respecto a las bombas del sistema de agua potable y a las del sistema de aguas residuales, éstas funcionan de manera automática por medio de sus controles eléctricos.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA

Con el fin de conocer el consumo de energía eléctrica del grupo farmacéutico se analizaron los recibos de consumo de energía eléctrica de las sucursales del último año emitidos por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Del análisis mencionado se observó que para ciertas farmacias se emite un recibo en donde se indica el consumo por mes mientras que para otras el recibo muestra el consumo por bimestre. Se observó también que en los recibos bimestrales en muchas ocasiones existen ajustes a los consumos previamente determinados y que además hay variaciones significativas en el consumo que se registra para cada bimestre.

La Figura 2.7 y la Figura 2.8 muestran ejemplos de los datos obtenidos de un recibo mensual y de un recibo bimestral para dos sucursales del grupo farmacéutico.

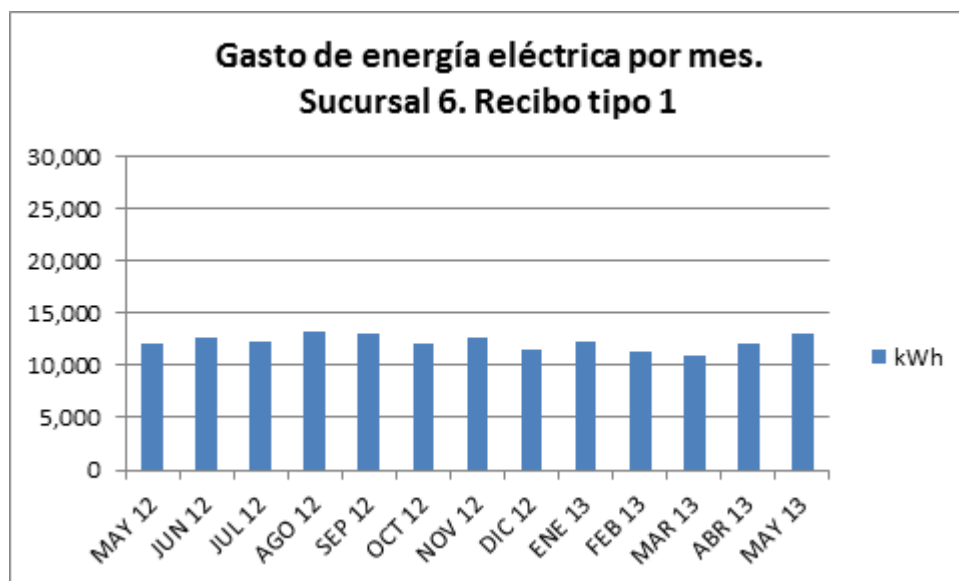


Figura 2.7. Gasto de energía eléctrica por mes de la sucursal 6.

Fuente: Elaboración propia con datos del recibo de consumo eléctrico emitido por CFE.

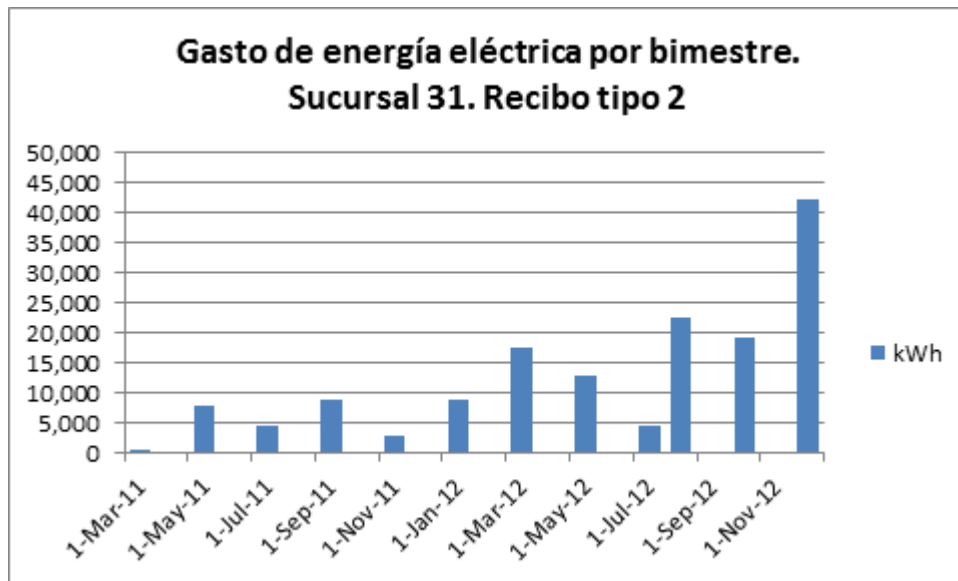


Figura 2.8. Gasto de energía eléctrica por bimestre de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia con datos del recibo de consumo eléctrico emitido por CFE.

Como puede observarse en la Figura 2.7 y en la Figura 2.8, en el caso del recibo bimestral la variación de un bimestre a otro es considerable y no corresponde al consumo que se espera para una sucursal en la que las condiciones de operación no cambian drásticamente.

Tomando en cuenta lo anterior, y con la finalidad de conocer qué sucursales tienen el mayor consumo, se calcularon los valores promedio y máximo para las sucursales cuyo recibo es mensual. Esto se muestra en la Figura 2.9, donde las sucursales están ordenadas de mayor a menor consumo mensual promedio.

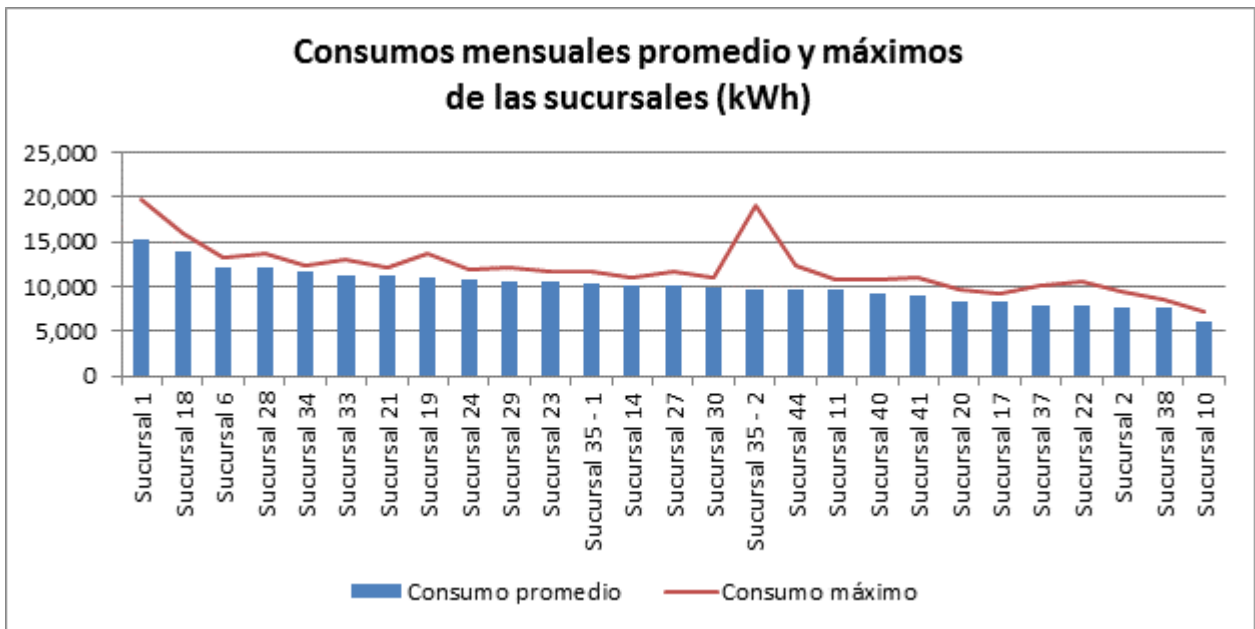


Figura 2.9. Consumos mensuales promedio y máximos de las sucursales.

Fuente: Elaboración propia con datos de los recibos de consumo eléctrico emitidos por CFE.

Con respecto a la Figura 2.9, el caso de la sucursal 35-2, donde se observa un consumo máximo relativamente superior al consumo promedio, el valor máximo observado en el recibo de consumo eléctrico emitido por CFE es de 19,015 kWh y corresponde al mes de mayo de 2012. Sin embargo, el consumo eléctrico para los meses de junio de 2012 a mayo de 2013 no supera en ninguna ocasión los 10,000 kWh. Por lo anterior, no se considera relevante el valor máximo observado y puede suponerse que éste se debe a un ajuste realizado por CFE al iniciar el registro del suministro de energía eléctrica en dicha sucursal.

En el caso de las sucursales que tienen recibo bimestral, como se menciona en la sección “2.6 Elección de las sucursales a estudiar”, se decidió analizar con mayor detalle la sucursal 31, la cual tiene este tipo de recibo, con la finalidad de tener una mejor comprensión de su consumo real. El consumo de energía eléctrica por bimestre de la sucursal 31, de acuerdo con su recibo, se mostró anteriormente en la Figura 2.8.

En cuanto a la distribución de la carga eléctrica en las sucursales, en la Figura 2.10 se muestra el diagrama unifilar de la sucursal 6. Como se ha mencionado, la similitud que hay entre sucursales permite tomar como ejemplo dicho diagrama para entender de manera general como se realiza la distribución de carga en las demás sucursales.

2.4 COSTOS DE OPERACIÓN ACTUALES

Con respecto a los costos de operación, la Figura 2.11 muestra el presupuesto anual, en pesos corrientes del 2013, que se ejerció para distintas áreas de las sucursales del grupo farmacéutico.

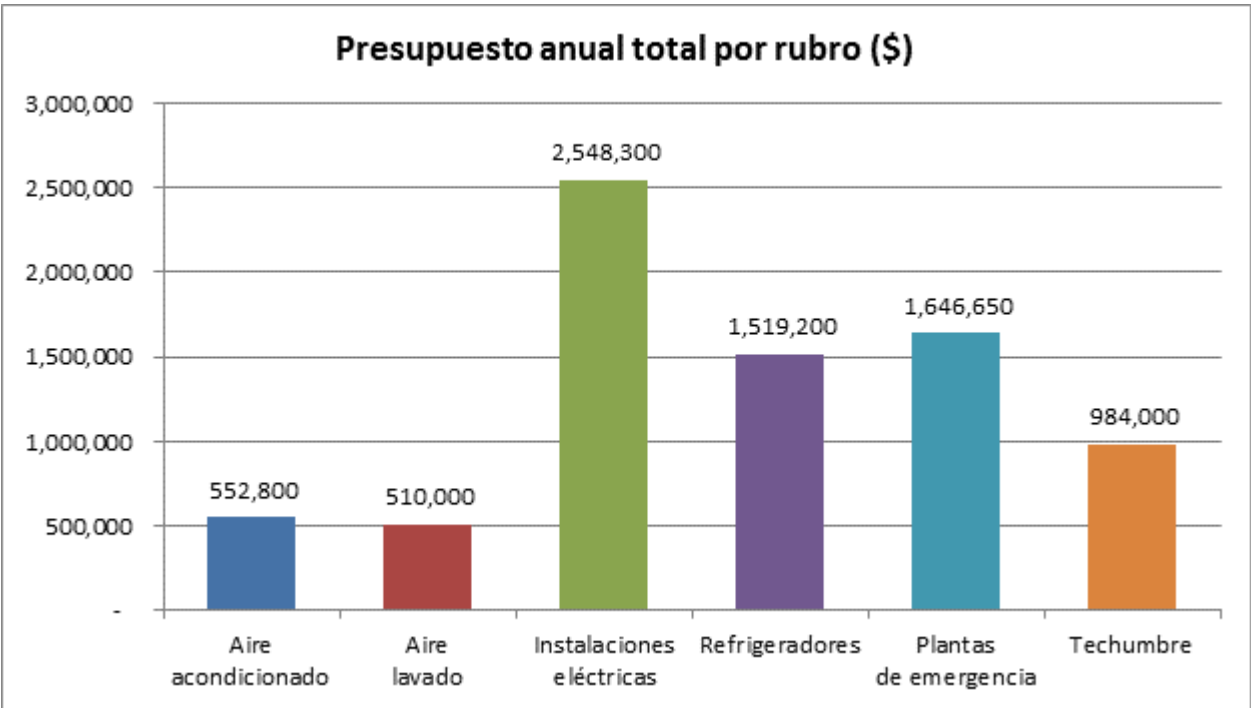


Figura 2.11. Costo anual total de mantenimiento preventivo por rubro.

Fuente: Elaboración propia con información del grupo farmacéutico.

Como se observa en la figura, una parte considerable del presupuesto se ejerce para los pagos correspondientes a instalaciones eléctricas, las cuales están constituidas principalmente por la iluminación de exteriores, incluyendo los anuncios luminosos, y por la iluminación de interiores.

2.5 FACTURA ELÉCTRICA

En la Figura 2.12 se muestra el costo mensual promedio del consumo eléctrico de las sucursales que tienen recibo mensual.

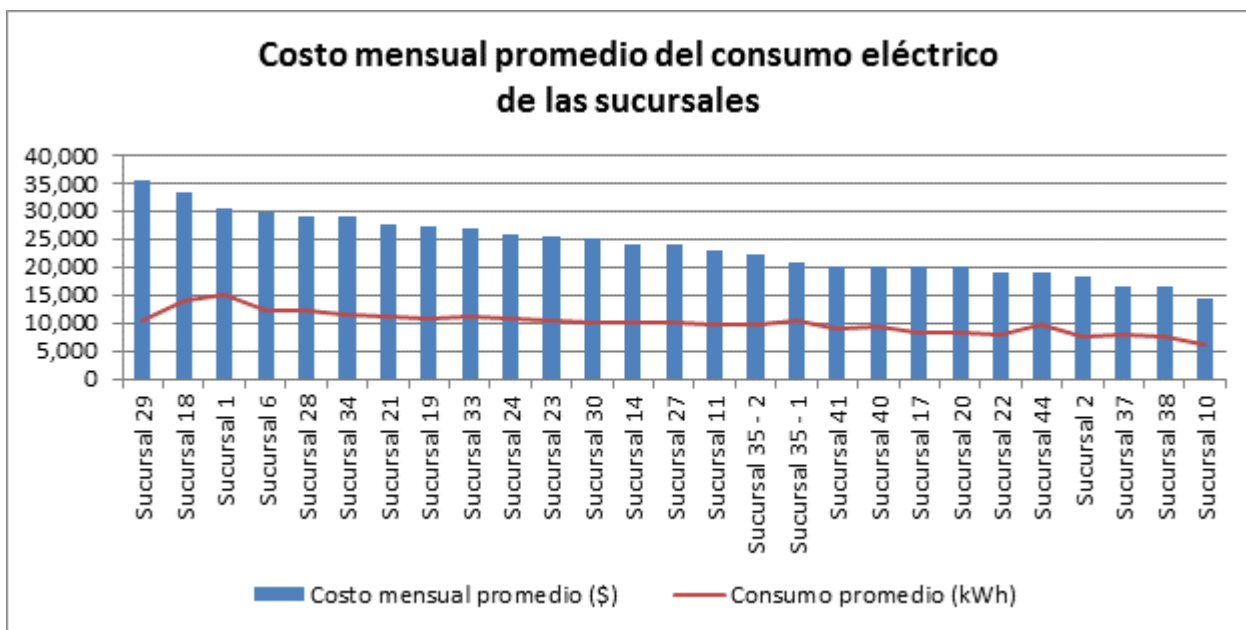


Figura 2.12. Costo mensual promedio del consumo eléctrico de las sucursales.

Fuente: Elaboración propia con datos de los recibos de consumo eléctrico emitidos por CFE.

En la Figura 2.12 puede observarse que la sucursal 29 tiene el mayor costo promedio mensual aun cuando ésta no tiene el mayor consumo promedio mensual. Sobre esto, cabe mencionar que no se cuenta con la información que permita explicar por qué el costo por kWh es mayor en esta sucursal que en las demás. Sin embargo, esto es algo que el grupo farmacéutico podría revisar con CFE.

Dado que más adelante, como se mencionó en la sección “2.3 Caracterización de la demanda energética”, se analiza el caso de la sucursal 31, a continuación se presenta en la Figura 2.13 el costo mensual promedio del consumo eléctrico para dicha sucursal.

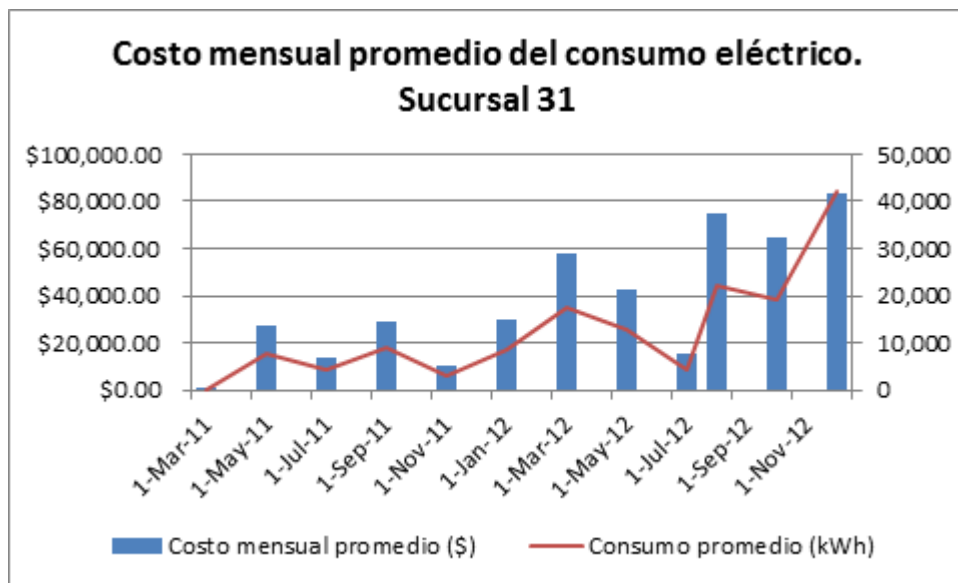


Figura 2.13. Costo mensual promedio del consumo eléctrico de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia con datos del recibo de consumo eléctrico emitido por CFE.

2.6 ELECCIÓN DE LAS SUCURSALES A ESTUDIAR

Tomando en cuenta la ya mencionada similitud que existe entre las sucursales del grupo farmacéutico en lo que a arquitectura, distribución y equipos utilizados se refiere, en esta sección se eligieron cuatro sucursales que se estudiarán con mayor detalle y sobre las cuales se realizarán las propuestas en materia de iluminación que permitan dar cumplimiento a la normatividad aplicable y hacer un uso más eficiente de la energía.

Con base en lo anterior, se considera que los métodos utilizados para analizar el las cuatro sucursales elegidas y realizar propuestas de mejora pueden hacerse extensivos a las demás sucursales del grupo farmacéutico.

Asimismo, debido a su ubicación, se eligió a la sucursal 41, ubicada en el Centro Comercial Santa Fe en la delegación Cuajimalpa en el Distrito Federal, para proponer el uso de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica. La elección de esta sucursal se explica en la sección “3.3.3 Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado”.

Con respecto a los criterios utilizados para seleccionar las cuatro sucursales a estudiar en materia de iluminación, estos son:

- Cumplimiento a la normatividad
- Consumo y factura eléctricos
- Facilidad de acceso a las sucursales y a su información

Las cuatro sucursales elegidas son la 6, 24, 26 y 31.

Con respecto al cumplimiento de la normatividad, esto resulta de gran importancia para el grupo farmacéutico debido a que puede llegar a suceder que se impongan multas por no cumplir con la normatividad vigente. La elección de las sucursales tomó en cuenta el hecho de que para éstas se cuenta con los estudios de iluminación donde se identificaron situaciones a subsanar, y que esto permite mostrar la manera en que se pueden llevar a cabo acciones correctivas para cumplir con la normatividad vigente.

Por lo que respecta al criterio relativo al consumo y factura eléctricos, éste se utiliza para poder identificar las sucursales que tienen un mayor consumo eléctrico y en las que hay mayores costos por dicho consumo. Determinar las áreas de oportunidad en estos puntos permitirá evaluar propuestas de eficiencia energética que se reflejen directamente en menores costos para el grupo farmacéutico y en un uso más eficiente de los recursos, cumpliendo siempre con la normatividad vigente en materia de eficiencia energética.

En este sentido, y considerando las sucursales que cuentan con un recibo de consumo eléctrico mensual, en la Figura 2.9 y en la Figura 2.12 se puede observar que las sucursales 1, 6, 18 y 29 son las que mayor consumo y factura eléctrica tienen. Dado que se cuenta con la información de la sucursal 6, ésta es una de las elegidas a estudiar.

En cuanto a las sucursales que cuentan con recibo de consumo de energía eléctrica bimestral, como se mencionó anteriormente en la sección “2.3 Caracterización de la

demanda energética”, dichos recibos presentan ajustes y variaciones en el consumo de un bimestre a otro que no permiten determinar de forma clara el consumo mensual real. De las sucursales que cuentan con este tipo de recibos se eligió a la 31 para ser estudiada.

Finalmente, por contar con la información necesaria y tener acceso a ellas, fue por lo que también se eligieron las sucursales 24 y 26 para ser estudiadas.

CONCLUSIONES

El grupo farmacéutico está formado por 50 sucursales cuyas similitudes en lo que a arquitectura, distribución y equipos utilizados se refiere permite que el estudio y método de elaboración de propuestas realizados para un grupo de ellas puede hacerse extensivo con relativa facilidad al resto de las sucursales.

El conocimiento de las diferentes áreas y equipos de las sucursales, así como de sus costos y consumos energéticos, es fundamental para poder identificar las áreas de mejora en cuanto a eficiencia energética, reducción de costos, cumplimiento de normatividad y uso de energías alternas se refiere.

Con base en la información que se tiene del grupo farmacéutico, se identificó un grupo de cuatro sucursales, 6, 24, 26 y 31., que serán estudiadas con mayor detalle. La selección de estas sucursales se realizó con base en los siguientes criterios:

- Cumplimiento a la normatividad
- Consumo y factura eléctricos
- Facilidad de acceso a las sucursales y a su información

En el siguiente capítulo se realizan los estudios en las áreas de iluminación y consumo eléctrico a las cuatro sucursales seleccionadas y se presentan los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 3

FACTIBILIDAD DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO DE ENERGÍAS ALTERNAS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los estudios realizados en las áreas de iluminación y consumo eléctrico a cuatro sucursales del grupo farmacéutico así como las propuestas de mejora en materia de eficiencia energética, reducción de costos, cumplimiento de normatividad y uso de energías alternas.

Partiendo de las observaciones obtenidas en visitas realizadas a distintas instalaciones del grupo farmacéutico, platicando con personal encargado del mantenimiento y conociendo los datos de consumo eléctrico, se propone utilizar tecnologías más eficientes en el sistema de iluminación instalado en la techumbre del piso de ventas, así como una mejor distribución de las luminarias, con el objetivo de generar un ahorro económico que permita justificar la implementación de las adecuaciones y mejoras. Asimismo, se propone el uso de energías renovables (paneles fotovoltaicos) para el autoconsumo.

En las propuestas en materia de iluminación interior también se plantea dar cumplimiento a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana “NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo” y se revisó también la Norma Oficial Mexicana “NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales”¹⁰ por densidad de potencia eléctrica.

¹⁰ Que para centros comerciales fija un máximo de 20 W/m² y de 14 W/m² para oficinas.

Para poder exponer las propuestas, en este capítulo también se presentan los conceptos básicos de iluminación y de celdas fotovoltaicas que permiten conocer áreas de oportunidad y proponer mejoras.

En cuanto a normatividad, además de presentar la NOM-025-STPS-2008, también se mencionan los aspectos que deben de cumplirse relacionados con el uso eficiente de la energía y con el uso de energías alternas. Estos están relacionados con las normas:

- 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.
- NOM-001-SEDE-2005 - Instalaciones Eléctricas.
- NOM-028-ENER-2010 - Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.

3.1 SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

En el diseño de un sistema de iluminación debe de tomarse en cuenta que se proporcionen los niveles de iluminación adecuados para las tareas y que esto se realice con los mayores niveles de eficiencia y menores costos posibles.

Para determinar los niveles de iluminación adecuados existen normas y recomendaciones que establecen los valores mínimos y recomendados de acuerdo con las actividades que se realicen.

Para el caso de centros de trabajo, en México la Norma Oficial Mexicana “NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”, establece los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, de acuerdo con la Tabla 3.1:

Tarea visual del puesto de trabajo	Área de trabajo	Niveles mínimos de iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	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 de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

Tabla 3.1. Niveles de Iluminación en los centros de trabajo.

Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Cabe mencionar que el objetivo de la NOM-025-STPS-2008 es 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. Esto es, en la determinación de los niveles de iluminación requeridos, la norma no sólo atiende que se cuente con la iluminación necesaria para realizar una tarea o serie de tareas, sino que éstas puedan realizarse de manera segura y sin causar daños a la salud.

Para apoyar en la aplicación de la norma y la verificación de la misma, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social también publicó la Guía Informativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008.

Por lo que se refiere al tema de eficiencia energética, la Norma Oficial Mexicana “NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales” tiene como objetivos:

- a) 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.
- b) 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.

En dicha norma se define la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado como el “índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción”. Éste se expresa en W/m^2 .

En la sección “6. Especificaciones”, la norma establece que los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior no deben exceder los valores indicados en la Tabla 3.2:

Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
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
Gimnasios y centros deportivos	16
Museos	17
Templos	24
Talleres de servicios	
Talleres de servicio 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 3.2. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).

Fuente: Norma Oficial Mexicana “NOM-007-ENER-2004, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Secretaría de Energía.

Para el caso particular de comercios, también existe la “Guía para Iluminación Eficiente en Comercios”, publicada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). En esta guía se presenta información y una serie de recomendaciones relativas a la iluminación en comercios. Varias de estas recomendaciones, junto con otras más que también pueden encontrarse en mucha de la literatura de iluminación de interiores, se presentan y utilizan más adelante en este capítulo en la selección de propuestas y evaluación de alternativas de eficiencia energética y energías alternas.

A continuación se presentan los conceptos básicos relacionados con los elementos que conforman un sistema de iluminación, así como los métodos que permiten realizar el cálculo de niveles de iluminación en interiores. También se presentan, más adelante, los principios de operación de las celdas fotovoltaicas.

3.1.1 TIPOS DE LÁMPARAS

3.1.1.1 Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente (Figura 3.1) fue la primera forma de iluminación empleando energía eléctrica. La luz que produce se genera por el fenómeno de la incandescencia: al hacer circular una corriente eléctrica por un filamento metálico (tungsteno), éste experimenta un cambio en su temperatura lo suficientemente elevada para comenzar a emitir radiación en forma de luz visible, infrarroja y calor.



Figura 3.1. Lámpara incandescente.

Fuente: Catálogo general de luz 2012-2013 OSRAM.

El fenómeno de la incandescencia se puede obtener de dos formas. La primera es la combustión de una sustancia líquida o gaseosa de algún material. La segunda es por el paso de una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy fino.

La alta temperatura generada por el fenómeno de la incandescencia provoca la emisión de radiación electromagnética, que se registra en la zona visible del espectro electromagnético (Figura 3.2) que nuestro ojo interpreta como luz visible.

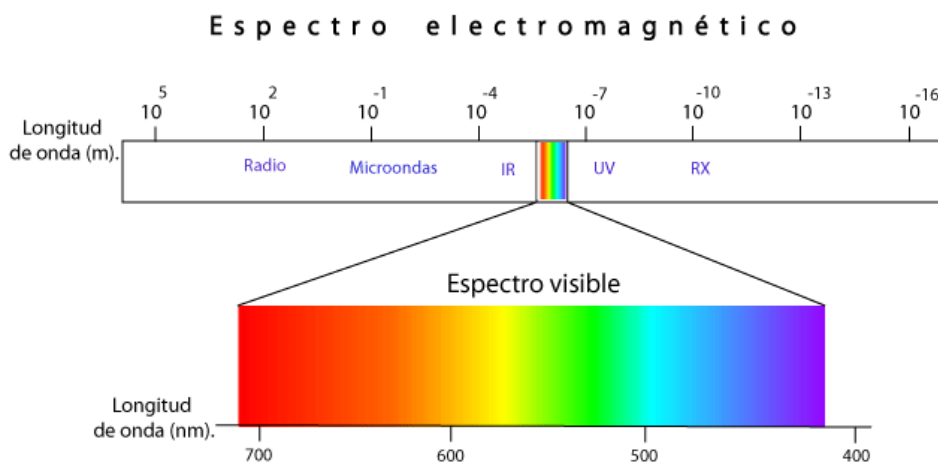


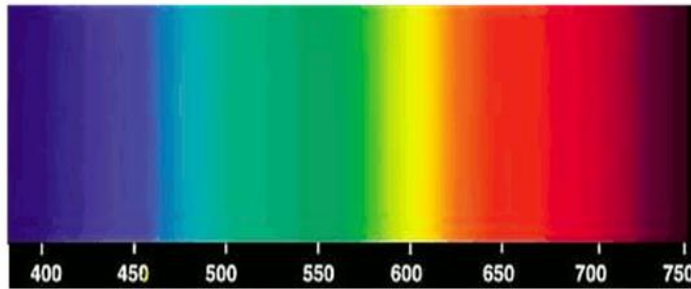
Figura 3.2. Espectro visible (luz) del espectro electromagnético.

Fuente: http://www.aulaclie.es/fotografia-photoshop/t_4_7.htm.

Consultada el 06/01/2014.

La energía electromagnética visible (luz) está compuesta por todas las longitudes de onda que nuestro ojo puede reconocer (Figura 3.3). Lo más notable de iluminar un espacio usando lámparas incandescentes, es la buena reproducción de colores pues su espectro de emisiones es continuo.

Debido a que las elevadas temperaturas ocasionan el rápido deterioro del filamento ennegreciendo el interior del bombillo que las contiene, algunas variantes de lámparas incandescentes utilizan una mezcla de gases inertes o se fabrican al vacío para hacerlas más duraderas e incrementar la temperatura de trabajo del filamento y por consiguiente su brillantez.



Violeta	380-450 nm	Amarillo	570-590 nm
Azul	450- 495 nm	Anaranjado	590- 620 nm
Verde	495-570 nm	Rojo	620-750 nm

Figura 3.3. Región visible del espectro electromagnético y longitudes de onda perceptibles por el ojo humano.

Fuente: <http://vladhohenheim.wordpress.com/>.

Consultada el 06/01/2014.

En general, en las lámparas incandescentes con potencias de hasta de 40 W, el filamento se encuentra encerrado en una atmósfera al vacío. En el caso de potencias mayores, las lámparas se encuentran rellenas con una combinación de gases que normalmente está compuesta por nitrógeno y argón (un gas inerte y un gas noble). En otros casos, el filamento se encuentra inmerso en una atmósfera de nitrógeno y kriptón. Dado que el kriptón es un gas que tiene un alto costo, su uso suele limitarse a lámparas decorativas o cuando se precisan muy buenas características de funcionamiento.

La vida útil de las lámparas incandescentes es de 1,000 horas. Los valores típicos de potencias de fabricación van de los 25 W a los 2,000 W. Los de eficiencia luminosa se encuentran entre los 7.5 lm/W y los 11 lm/W para lámparas al vacío y entre los 10 lm/W y los 20 lm/W para lámparas rellenas con gas inerte.

Cabe mencionar que en México la “Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba”, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de diciembre de 2010 y modificada en su numeral 5.1 el 6 de diciembre de 2013, restringe la comercialización de las lámparas incandescentes al establecer valores mínimos de eficacia para lámparas

incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas.

En la práctica, con dichas restricciones, las lámparas incandescentes que comúnmente se han utilizado en hogares y comercios dejarán de venderse a partir de enero de 2015.¹¹ Esto puede observarse al comparar los valores establecidos por la NOM-028-ENER-2010 que se muestran en la Figura 3.4 con la información de la Tabla 3.3 que corresponde a la información técnica de lámparas incandescentes tradicionales de uno de los mayores fabricantes de lámparas tanto en México como a nivel mundial.

Tabla 1. Valores mínimos de eficacia para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas. Espectro general. Etapa 1

Intervalo de flujo luminoso (lm)	Potencia máxima permitida (W)	Eficacia mínima (lm/W)	Entrada en vigor
1 490-2 600	72	20.69	Diciembre 2011
1 050-1 489	53	19.81	Diciembre 2012
750-1 049	43	17.44	Diciembre 2014
406-749	29	14.00	Diciembre 2014

Nota:

- 1.- La potencia de 100 W y mayores en lámparas incandescentes no podrá comercializarse con una eficacia menor a 20.69 lm/W a partir del 31 de diciembre de 2011.
- 2.- La potencia de 75 W y mayores en lámparas incandescentes no podrá comercializarse con una eficacia menor a 19.81 lm/W a partir del 31 de diciembre de 2012.
- 3.- La potencia de 60 W y 40 W en lámparas incandescentes no podrá comercializarse con una eficacia menor a 17.44 y 14 lm/W, respectivamente, a partir del 31 de diciembre de 2014.
- 4.- Lámparas incandescentes e incandescentes con halógenos con flujos luminosos mayores a 2,600 lm con espectro general deberán cumplir con una eficacia mínima de 60 lm/W establecido en la tabla 7.
- 5.- Las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas deben cumplir con la NOM-017-ENER/SCFI-2012, vigente.

Figura 3.4. Valores mínimos de eficacia establecidos por la NOM-028-ENER-2010, modificada en su numeral 5.1, para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas.

Fuente: Diario Oficial de la Federación del 6 de diciembre de 2013.

¹¹ Previo a la modificación al numeral 5.1 de la NOM-028-ENER-2010, la fecha establecida para prohibir la venta de las lámparas incandescentes que comúnmente se han utilizado en hogares y comercios era el 1 de enero de 2014.

Potencia	Kelvin	Voltaje	Base	Bulbo	Alto (mm)	Vida Promedio (Hrs)	Flujo Luminoso (Lm)	Eficacia Luminosa (Lm/W)
25W	2700	125V	E26/E27	A55	94.0	1,000	260	10.40
40W	2700	125V	E26/E27	A55	94.0	1,000	490	12.25
60W	2700	125V	E26/E27	A55	94.0	1,000	820	13.67
75W	2700	125V	E26/E27	A55	94.0	1,000	1,070	14.27
100W	2700	125V	E26/E27	A55	94.0	1,000	1,560	15.6
150W	2700	125V	E26/E27	A65	116.0	1,000	2,440	16.27
200W	2700	125V	E26/E27	A65	116.0	1,000	3,400	17.00

Tabla 3.3. Información técnica de lámparas incandescentes tradicionales del fabricante Philips.

Fuente: <http://www.lighting.philips.com.mx/connect/fichast.wpd>.

Consultada el 16/01/2014.

Sí, por ejemplo, se compara el valor de eficacia mínima establecido por la NOM-028-ENER-2010 para lámparas de 100 W y mayores que se muestra en la nota 1 de la Figura 3.4 y que es 20.69 lm/W, con la eficacia de la lámpara incandescente tradicional de 100 W que se muestra en la Tabla 3.3 y que es de 15.6 lm/W, puede observarse que la eficacia de esta última está muy por debajo de lo que permite la norma. Esto es, al no poder cumplir las lámparas de 100 W con la eficacia mínima establecida por la norma, su comercialización no ha estado permitida desde el primer día de enero de 2012.

Como se observa en la Figura 3.4, a partir de enero de 2015 las lámparas de potencias menores también dejarán de comercializarse.

Vale la pena mencionar que el objetivo de la norma NOM-028-ENER-2010 es establecer valores mínimos de eficacia luminosa para las lámparas incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas en búsqueda de una mayor eficiencia energética en los sectores residencial, comercial, servicios, industrial y alumbrado público. Asimismo, dicha norma no aplica para lámparas de propósito particular como, por ejemplo, lámparas de luz negra, anti-insectos, infrarrojas, uso en medios de transporte, señalización, minería, etcétera.

3.1.1.2 Lámparas halógenas

Son el siguiente desarrollo tecnológico de las lámparas incandescentes. De manera similar emplean el fenómeno de la incandescencia para producir luz. Sin embargo, la atmósfera en la que se encuentra inmerso el filamento es una combinación de gases haluros y yodo vaporizado. La combinación de estos gases con el filamento de tungsteno genera una reacción química, conocida como ciclo de halógeno, que aumenta la vida útil del filamento al volverse a depositar el tungsteno sobre éste en el interior de la bombilla

Como el ciclo del halógeno se desarrolla a altas temperaturas, los bombillos de este tipo de lámparas se fabrican de un compuesto a base de cuarzo, por lo que deben ser manipuladas con precaución y evitar su deterioro (desvitrificación del cuarzo).

Cabe señalar que algunos modelos de lámparas halógenas utilizan un voltaje de alta tensión 220 VAC y otros trabajan a tensión reducida 12 VAC. Gracias a ello se pueden fabricar para cualquier aplicación y tamaño (dicroicas, doble envoltura, etcétera).

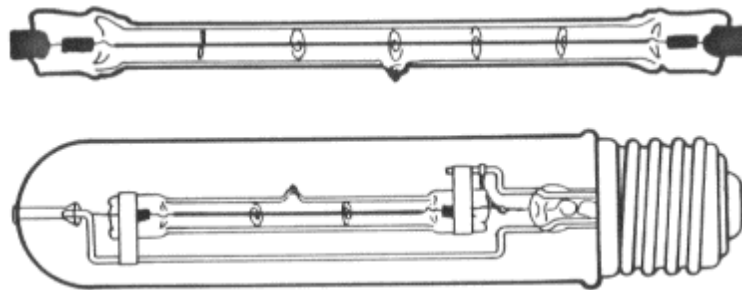


Figura 3.5. Modelos de lámparas halógenas.

Fuente: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_21/ANTONIO%20JOSE_%20HEREDIA%20SOTO_1.pdf.

Consultada el 06/01/2014.

La eficiencia luminosa de las lámparas halógenas es de 22 lm/W y se encuentran en una amplia variedad de potencias que van desde los 150 W hasta a los 2,000 W.

Las lámparas halógenas son empleadas principalmente en alumbrado de proyección vitrinas, anuncios, etcétera.

3.1.1.3 Lámparas de descarga

Este tipo de lámparas emplea el fenómeno de la luminiscencia para producir luz visible. La luminiscencia es todo proceso de emisión de luz que no utiliza altas temperaturas para generar radiación lumínica.

En el caso de las lámparas, la luminiscencia se obtiene de la diferencia de potencial entre dos electrodos situados a lo largo de un tubo que contiene una combinación de gases y vapores metálicos (tubo de descarga) generando una radiación luminosa. Cuando la emisión de radiación luminosa se mantiene sólo mientras dura la causa que la produce (descarga eléctrica), la luminiscencia creada se denomina fluorescencia. Por el contrario, si la emisión de radiaciones luminosas continua después de terminada la causa que la produce, se llama fosforescencia. La duración de éste fenómeno varía dependiendo de la sustancia utilizada al fabricar los tubos de las lámparas.

A diferencia de la tecnología utilizada por las lámparas incandescentes y halógenas, la producción de luz se genera con un mínimo incremento de la temperatura. También se les conoce como lámparas de luz fría.

3.1.1.4 Lámparas de vapor de mercurio a baja presión o lámparas fluorescentes

Son un caso particular de lámparas de descarga. Su funcionamiento se basa en la emisión de radiación ultravioleta (UV) producida por el vapor de mercurio que al reaccionar con las sustancias fluorescentes se transforma en luz.

Los tubos de las lámparas fluorescentes están llenos de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa) y una pequeña cantidad de gas argón para facilitar su encendido y controlar el flujo de electrones. La baja presión permite que el mercurio contenido en el tubo de descarga se mantenga vaporizado a temperaturas ambiente normales.

Dado que predomina la emisión de radiación ultravioleta, el interior del tubo se recubre con compuestos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiación visible. La composición química de éstos compuestos da las características de color, calidad y cantidad de luz.

La eficacia luminosa de estas lámparas depende de su potencia, las propiedades químicas de las sustancias fluorescentes, el tipo de gas, la presión de llenado y la temperatura ambiente. La temperatura ambiente es una variable importante en su fabricación ya que de ella depende la presión del gas y el flujo luminoso de la lámpara.

El encendido de muchas lámparas fluorescentes se realiza utilizando uno o dos dispositivos arrancadores: cebador y balastro. El cebador realiza el precalentamiento de los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque (encendido normal). Para un encendido rápido, el calentamiento es constante, y en las lámparas de arranque instantáneo, se consigue aplicando una tensión elevada.

La función del balastro electromagnético es generar el arco eléctrico que necesita el tubo durante el proceso de encendido y mantenerlo posteriormente. La tensión del arco depende de la longitud del tubo y suele estar comprendida entre 40 y 100 V. De no utilizar este dispositivo, la corriente aumentaría rápidamente hasta destruir el tubo.

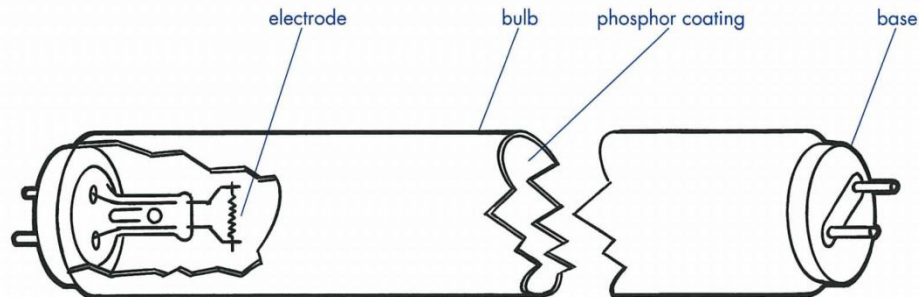


Figura 3.6. Modelos de lámparas de vapor de mercurio a baja presión.

Fuente: <http://www.lrc.rpi.edu/resources/publications/lpbh/062Fluorescent.pdf>.

Consultada el 06/01/2014.

Además del consumo de potencia de las lámparas, se debe considerar un 15% más de consumo requerido por el balastro.

La vida promedio de las lámparas fluorescentes es de 7,500 horas y puede ser menor dependiendo del número de veces que se enciendan y se apaguen, presentando una depreciación luminosa (que corresponde al valor del flujo luminoso medido luego de 100 horas de funcionamiento) manifestándose en el agotamiento de los polvos fosforados que recubren el interior del tubo. Por lo anterior no se recomienda el uso de lámparas fluorescentes para servicios intermitentes (a mayor número de ciclos de arranque, menor vida útil).

Los tubos fluorescentes son fabricados en varias longitudes y diámetros. Los más populares son los modelos T5, T8 y T12. La letra T corresponde al tipo de lámpara (tubo) y el número corresponde al diámetro en octavos de pulgada. La siguiente tabla muestra los modelos de tubos fluorescentes diámetros y potencias más comunes:

Modelo	Casquillo	Diámetro		Potencia (W) y longitud del tubo (mm)
		Pulgadas	Milímetros	
T5 HE	G5 bipin	5/8	15.87	14 W / 549 mm 21 W / 849 mm 28 W / 1149 mm 35 W / 1149 mm
T5 HO	G5 bipin	5/8	15.87	24 W / 549 mm 39 W / 849 mm 54 W / 1149 mm 80 W / 1449 mm
T8	G13 bipin / simple pin	1	25.4	15 W / 438 mm 18 W / 590 mm 23 W / 970 mm 30 W / 895 mm 36 W / 1,200 mm 58 W / 1,500 mm
T12	G13 bipin / simple pin	12/8	38.1	20 W / 600 mm 40 W / 600 mm y 1,200 mm 65 W / 1,500 mm

Tabla 3.4. Modelos de tubos fluorescentes diámetros y potencias más comunes.

Fuente: <http://bombillasverdes.blogspot.mx/2009/07/medidas-de-tubos-fluorescentes.html>.

Consultada el 19/01/2014.

El modelo T12 corresponde a aplicaciones residenciales. Utiliza balastros magnéticos. Actualmente es una tecnología obsoleta.

El modelo T8 se usa en la iluminación en comercios. Usa balastro electrónico.

El modelo T5 son lámparas más cortas en longitud y no sustituyen directamente al tipo T8. Se fabrican en distintas versiones: T5 estándar, T5 HO (alto flujo) y T5 HE (alta eficacia). Utilizan balastros electrónicos, pero de operación distinta a los empleados por las lámparas T8. Actualmente existen en el mercado adaptadores que se conectan a sus terminales cuando se desean utilizar para sustituir tubos T8.

Un avance significativo en las lámparas fluorescentes, es el desarrollo de las llamadas lámparas fluorescentes compactas o de bajo consumo (CFL). La innovación en este tipo de lámparas es la incorporación de los dispositivos arrancadores en su diseño, así como la instalación directa en el hogar u oficina. Por su tamaño compacto y su eficiencia, tradicionalmente han sido la respuesta al reemplazo de las lámparas incandescentes estándar.

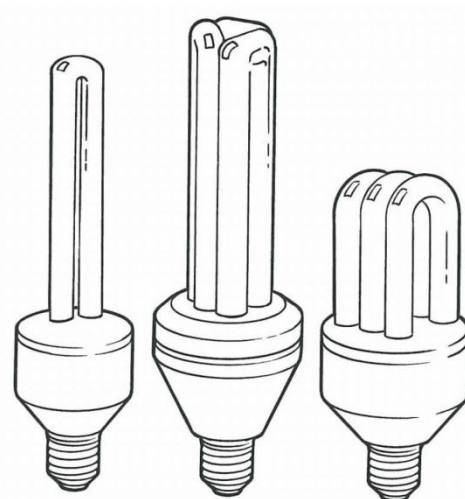


Figura 3.7. Ejemplos de lámparas fluorescentes compactas o de bajo consumo (CFL).

Fuente: <http://www.lrc.rpi.edu/resources/publications/lpbh/062Fluorescent.pdf>.

Consultada el 06/01/2014.

La reproducción cromática de los objetos iluminados con lámparas fluorescentes es deficiente debido a la no uniformidad de sus longitudes de onda en la región visible del espectro electromagnético. La reproducción cromática es mejorada en detrimento de la eficacia luminosa. La eficacia luminosa mayor se traduce en una reproducción cromática más deficiente.

3.1.1.5 Balastros

3.1.1.5.1 Balastro electromagnético

Conocido por muchos nombres, este transformador de corriente o reactancia inductiva genera el arco eléctrico usado por el tubo de descarga durante el proceso de encendido y lo mantiene posteriormente. Además limita la corriente que fluye por el tubo.

El cuerpo del transformador está formado por láminas metálicas en donde se enrolla un devanado de alambre de cobre esmaltado. De él salen dos o tres cables que se conectan a las terminales de la lámpara. Un capacitor se inserta en el arreglo para mejorar el factor de potencia de la lámpara haciéndola más eficiente. Por último, se emplean resinas selladoras a base de poliéster para aislar todos los elementos conectados internamente y la carcasa metálica que lo protege.

Se construyen para distintos niveles de alimentación de línea, desde 110 VAC hasta 220 VAC, y están diseñados para trabajar de 50 a 60 Hz de frecuencia. Se distinguen por su tamaño y peso característico.

Es muy importante conocer el tipo de encendido de cada lámpara, y emplear el balastro correcto. Algunos métodos de encendido son:

- Precalentamiento de filamentos
- Encendido rápido
- Encendido instantáneo
- Encendido electrónico (tecnología actual)

3.1.1.5.2 Balastro electrónico

El balastro electrónico es la solución electrónica al encendido de lámparas de descarga. El encendido de las lámparas se realiza mediante altas frecuencias (mayores a 20 kHz). Utiliza componentes electrónicos en lugar del transformador eléctrico. Al incrementar la frecuencia con que se alimenta la lámpara el flujo luminoso crece. Sus etapas de diseño son rectificación de la tensión de entrada, conversión de voltaje CD-CD, incluyendo corrección del factor de potencia, y una etapa inversora de alta frecuencia que alimenta a la lámpara.

Por su diseño e implementación, con los balastros electrónicos se obtiene un mayor ahorro de energía que con los convencionales: de 20% a 25%. También se elimina el parpadeo de los tubos en el encendido y el ruido audible (zumbido).

3.1.1.6 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Estas lámparas se diseñan para tensiones superiores a 230 VAC. Emplean un balastro para su encendido. Su estructura interna está compuesta por un tubo de descarga con vapor de mercurio, dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar su encendido. A este tubo lo protege una bombilla más grande.

Por sus características de alta potencia e impresionante flujo luminoso, son seleccionadas para iluminar espacios muy altos (locales comerciales, lobbies, atrios, etcétera) en donde la iluminación incandescente o la fluorescente no representan la mejor opción.

3.1.1.7 Lámparas LED

Las lámparas LED (*Light Emitting Diode* - Diodo emisor de luz), son el último desarrollo tecnológico en materia de iluminación. No emplean balastros o arrancadores especiales para su encendido. Tampoco usan filamentos. Emplean tecnología de semiconductores como fuente luminosa. Gracias a su reducido tamaño pueden integrarse en arreglos

que ofrecen mayores niveles de intensidad luminosa, cerca de los 200 Lm/W actualmente, superando a las tecnologías fluorescente e incandescente.

La Figura 3.8 muestra un modelo de tubo LED actualmente disponible en el mercado.



Figura 3.8. Tubo LED.

Fuente: <http://www.arghys.com/fotos/precios-luces-led.html>.

Consultada el 06/01/2014.

La tecnología LED no emplea ningún producto contaminante o tóxico en su fabricación. Es 100% reciclable y su bajo consumo de potencia (menos CO₂ a la atmósfera) la hace una opción como fuente luminosa de muy bajo impacto al medio ambiente.

Los LEDs utilizados para iluminación no emiten radiación infrarroja (IR) ni ultravioleta (UV) junto con el haz de luz producido como sucede con todas las fuentes de luz convencionales. El poco calor generado se disipa por conducción a través de su parte trasera. Por ello, las luminarias diseñadas con LED deben contar con una buena disipación de calor durante su funcionamiento, evitando así, que la potencia de la luminaria disminuya con el aumento de la temperatura.

Su respuesta de encendido es instantánea si se compara con las fuentes actuales de iluminación. Algunos modelos en el mercado son regulables permitiendo un control de flujo luminoso y ambiente deseado.

Los LEDs con alta calidad cromática disipan una luz más nítida y brillante consiguiendo una mejor representación de matices y contrastes de los objetos iluminados, similar a las fuentes fluorescentes o de descarga con reproducción de color mejorada.

3.1.1.7.1 Principio de funcionamiento de los LEDs

El principio de funcionamiento de los LEDs se basa en la radiación de energía en forma de luz que se produce cuando una corriente eléctrica circula a través de la unión de los materiales semiconductores tipo P y tipo N que conforman a estos dispositivos. A este fenómeno, en el cual se genera luz por medio de una corriente eléctrica, se le conoce como electroluminiscencia.

En el caso de los LEDs, la radiación de energía se presenta cuando se da la combinación de electrones y huecos de los materiales semiconductores tipo P y tipo N cuando los LEDs son polarizados en forma directa. En dicha combinación, la radiación de energía se presenta debido a los electrones que brincan de una banda de energía a otra (de la banda de conducción a la banda de valencia) a causa de la polarización y como parte del establecimiento de la corriente eléctrica, Dependiendo del tipo de material utilizado, la radiación de energía que se presenta puede ser en forma de calor o en forma de luz.

En materiales como el silicio o el germanio, la mayor parte de la radiación de energía se presenta en forma de calor, por lo que la radiación de energía en forma de luz es mínima o nula. Por lo anterior, en la fabricación de los LEDs se utilizan otros materiales, cuya base es el arseniuro de galio (GaAs) combinado con otros materiales. De esta manera, la mayor parte de la energía liberada se presenta en forma de luz.

El color y rendimiento de los LEDs dependen del material base y sus añadidos utilizados en su construcción. La intensidad luminosa irradiada depende, hasta cierto punto, de la intensidad eléctrica que circula a través de los LEDs. La luz aumenta conforme aumenta la intensidad, hasta que se produce la saturación. Es en este

momento en que la intensidad luminosa deja de aumentar, su color empieza a cambiar y el diodo se avería.

En cuanto al material utilizado para la fabricación de los LEDs y el color de la luz que emiten, esto está relacionado con el hecho de que la energía necesaria para que los electrones brinquen de una banda de energía a la otra, y que se presenta al polarizar los LEDs, es distinta de acuerdo con el tipo de material. Esta característica, los distintos valores de separación entre la banda de valencia y la banda de conducción (*band gap*), es aprovechado en la fabricación de los LEDs para establecer el color de la luz que emiten.

Asimismo, si la energía requerida es pequeña, se tendrá que dicha energía se emitirá en forma de ondas infrarrojas de baja frecuencia (este tipo de LEDs no son utilizados para iluminación). En cambio, si se requiere más energía para que se produzca el paso de la corriente, las ondas que emitirá el LED tendrán más energía y se pasará de emitir luz infrarroja a emitir luz roja, naranja, amarilla, verde, azul, violeta y ultravioleta.

En consecuencia también, a más alta frecuencia, mayor será la caída de tensión en un LED. Por ejemplo, para un LED infrarrojo ésta será de 1.3 V, para uno rojo de 1.8 V, para uno verde de 2.5 V y para uno azul de 4.3 V.

Cabe mencionar el caso del LED de luz blanca, el cual puede construirse por medio de un LED de luz azul y utilizando una capa de recubrimiento de fósforo.

3.1.1.7.2 Tecnologías LED

Constantemente alrededor del mundo se realizan nuevas e importantes mejoras en el campo de la iluminación utilizando las virtudes de los dispositivos de estado sólido, que cada día son más compactos y eficientes.

A continuación se describen algunos de los modelos más recientes, una breve comparación entre tecnologías y sus innovadoras aplicaciones en todos los aparatos eléctricos y electrónicos que se utilizan a diario.

Entre los tipos de LED se tienen los siguientes:

- LED estándar
- LED de alta luminosidad
- LED SMD
- LED COB
- OLED

El LED estándar es el más común hasta el día de hoy. Es el modelo más utilizado por todos los estudiantes que realizan prácticas en electrónica y comunicaciones. También son comúnmente empleados como elementos indicadores (focos piloto) en muchos aparatos electrónicos.

Su diámetro va de los de 3 a los 5 mm y su forma más común es la cilíndrica. Existen variantes de diodos LEDs agrupados individualmente como un *display* de 7 segmentos para registrar de manera digital los niveles de audio en equipos de sonido. Otra forma en la que también se agrupan es incluirlos en una misma cápsula lo que permite obtener una variedad de colores de luz cuando son polarizados independientemente. Este arreglo es muy utilizado en los elementos de señalización vial.

La Figura 3.9 muestra un ejemplo de LEDs estándar de distintos colores:



Figura 3.9. LED estándar fabricado de distintos colores.

Fuente: <http://www.menoswattios.com/tipos-de-led.html>.

Consultada el 18/01/2014.

En cuanto a los LEDs de alta luminosidad y ultra alta luminosidad, éstos se fabrican como los LEDs estándar, aunque su tamaño es más grande y poseen mayor intensidad luminosa. Su encapsulado es transparente y el color de la luz que emiten se logra de acuerdo a la composición del material semiconductor empleado.

Como sustitución directa en lámparas de baterías e iluminación en autos, son fabricados en conjunto y conectados a un casquillo metálico con rosca.

Como fuentes de iluminación general y como alternativa en el hogar al uso de lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes compactas, se emplean LEDs agrupados con los valores de potencia necesarios para equiparar a dichas lámparas. Un ejemplo de estos arreglos se muestra en la Figura 3.10.

Son diseñados con un disipador de calor, un circuito *driver* para regular el voltaje y corriente de alimentación, y un casquillo metálico E-27 o E-14 para la sustitución del portalámparas (incandescente o halógeno) sin que sea necesario realizar ninguna adaptación previa.



Figura 3.10. LED de alta luminosidad agrupado como fuente de iluminación general.

Fuente: <http://lasersandlights.com/images/cc-vivid-led-light-bulb.jpg>.

Consultada el 18/01/2014.

Otro tipo de LED es el LED SMD o de montaje superficial (*Surface Mount Device*). Se trata de un LED encapsulado en una resina semirrígida y que se ensambla de manera superficial. Este tipo de encapsulado permite una gran superficie semiconductora, lo que proporciona una gran cantidad de luz mejorando la calidad del LED. La Figura 3.11 muestra una lámpara con LEDs SMD.



Figura 3.11. Lámpara con LEDs SMD.

Fuente: <http://www.menoswattios.com/tipos-de-led.html>.

Consultada el 18/01/2014.

Actualmente es considerado como la alternativa para la sustitución de bombillas incandescentes y tubos fluorescentes, por su bajo consumo energético y la poca liberación de calor.

El nombre del LED SMD suele ir acompañado de las medidas del encapsulado. Los estándares empleados en iluminación son los modelos SMD 3528 y SMD 5050. El modelo SMD 5050 es conocido como “tira de leds”.

Por lo que se refiere a los LEDs COB (*Chip On Board*), esta tecnología consiste en insertar una gran cantidad de LEDs en el mismo encapsulado formando un solo módulo lumínico. Esta forma de fabricación desplazará rápidamente a la tecnología SMD ya que, entre otras, permite una mayor densidad de LEDs, proporcionan una mayor intensidad luminosa y presenta mejores condiciones de temperatura de operación.

Finalmente, los LEDs OLED (*Organic Light Emitting Diode*), basan su operación en el uso de materiales orgánicos, refiriéndose esto a materiales fabricados con base en carbono e hidrógeno.

Básicamente, en los LEDs OLED, finas láminas de materiales orgánicos se colocan entre dos conductores. Dichos materiales orgánicos se consideran semiconductores debido a sus niveles de conductividad. Así, al igual que en los otros tipos de LED, al aplicar en los LEDs OLED una diferencia de potencial al arreglo de conductores y circular una corriente a través del material orgánico que se encuentra entre ellos, cierta energía es radiada en forma de luz debido al fenómeno de electroluminiscencia.

Los LEDs OLED presentan varias ventajas, como su flexibilidad, que hoy en día son aprovechadas principalmente en la fabricación de nuevos tipos de pantallas de aparatos electrónicos como teléfonos celulares y televisores. Actualmente se encuentran en desarrollo y todavía presentan algunas desventajas como lo es su alto costo de fabricación. La Figura 3.12 muestra un prototipo de una pantalla OLED donde se puede observar la flexibilidad de este tipo de LEDs.



Figura 3.12. Prototipo de pantalla OLED flexible.

Fuente: <http://www.oled-info.com/introduction>.

Consultada el 18/01/2014.

3.1.2 LUMINARIAS

Una luminaria es una unidad completa de iluminación que consiste de una fuente de luz (una o más lámparas) y de un conjunto de elementos que permiten realizar una serie de funciones:

- Conexión de las lámparas a la fuente de energía eléctrica
- Uso de circuitos de control para las lámparas
- Disipación de calor (casi todas las lámparas emiten más energía en forma de calor que luz)
- Reflexión y redirección de la luz a las áreas de trabajo
- Eliminación del deslumbramiento y difusión de la luz
- Protección de la lámpara
- Permitir contar con un apariencia decorativa
- Soporte y montaje de la unidad

Actualmente, con la gran variedad de luminarias y fabricantes que existen, en el mercado hay mucho más tipos de luminarias que de cualquier otro equipo de iluminación, incluyendo a las lámparas. Elegir el tipo de luminaria que de una mejor manera proporcione los patrones de iluminación requeridos para cada tipo de escenario es una parte fundamental de un buen y eficiente diseño de iluminación.

La Figura 3.13 es un pequeño ejemplo de la gran diversidad de tipos de luminarias que hay en el mercado.



Figura 3.13. Ejemplo de los distintos tipos de luminarias que pueden encontrarse en el mercado.

Fuente: Arqhys: Arquitectura y Decoración. Luminarias de instalación fija.

<http://www.arqhys.com/contenidos/luminarias-instalacion-fija.html>.

Consultada el 06/01/2014.

Las luminarias pueden clasificarse de acuerdo con su fuente de luz (tipo de lámpara), montaje, construcción, campo de aplicación o características fotométricas y eléctricas.

En cuanto a la clasificación de las luminarias de acuerdo con el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente, halógena, LED, etcétera) para el que son diseñadas, un aspecto a resaltar es que no deben de utilizarse lámparas distintas a las que se especifican en el diseño. Además de las diferencias básicas de tamaño y voltaje propias

de cada luminaria, la disipación de calor juega una parte fundamental en el correcto funcionamiento y la seguridad de una luminaria. Utilizar lámparas que generan más calor del que la luminaria puede disipar puede causar sobrecalentamiento de la unidad con sus correspondientes consecuencias.

Por lo que se refiere a la clasificación de las luminarias de acuerdo con su montaje, éstas pueden dividirse en lo que comúnmente se llaman lámparas (lámparas de mesa o escritorio por ejemplo), montadas sobre la superficie, empotradas, colgantes, reflectores, en riel, etcétera. En todos los casos, el montaje de la lámpara está relacionado con el campo de aplicación y con el tipo de ambiente que se desea tener.

Relacionado con el campo de aplicación, las luminarias pueden clasificarse en dos grupos principales: exteriores e interiores. Ejemplo de luminarias de interiores son las luminarias de uso comercial que pueden utilizarse en oficinas o tiendas; las de uso industrial utilizadas en fábricas, almacenes o hangares; además de las luminarias utilizadas con fines decorativos. Ejemplo de luminarias de exteriores son las utilizadas para lugares públicos abiertos como calles, parques y estadios; las utilizadas para caminos, carreteras y túneles. También existen luminarias de propósito específico como lo son las subacuáticas, las utilizadas en cine, teatro y televisión para efectos especiales, etcétera.

Respecto a las características fotométricas y eléctricas de las luminarias, puede decirse que éstas definen el desempeño de las mismas.

Las características fotométricas describen la eficiencia y eficacia con la que la luminaria maneja la luz producida por la lámpara para un objetivo específico, como lo es dirigirla a un punto específico.

Por su parte, las características eléctricas de la luminaria definen su eficacia (lúmenes por watt).

Dentro de las características fotométricas de las luminarias se encuentra la dirección del flujo luminoso. De acuerdo con ésta, las luminarias se clasifican de acuerdo con lo mostrado en la Figura 3.14.

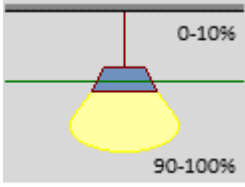
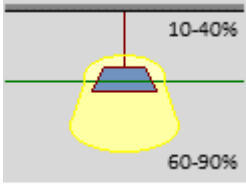
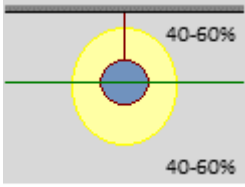
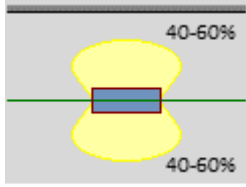
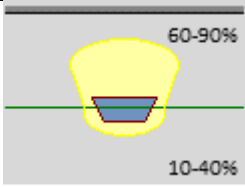
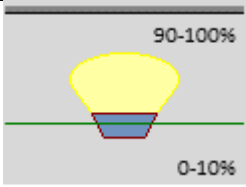
Directa		Semi-directa	
General difusa		Directa-indirecta	
Semi-directa		Indirecta	

Figura 3.14. Clasificación CIE según la distribución de la luz.

Fuente: Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores.

Javier García Fernández, Oriol Boix Aragonès.

Relacionado con la clasificación de las luminarias de acuerdo con la dirección del flujo luminoso se encuentra el concepto de rendimiento de la luminaria especificado como LOR (*Light Output Ratio*).

De acuerdo con el estándar DIN/EN 13032/2, el LOR se describe como la relación entre el flujo luminoso de la luminaria y los lúmenes de las lámparas utilizadas. Esto es, el LOR es un índice que permite tomar en cuenta la pérdida de luz que se da dentro de la luminaria.

Generalmente el LOR se divide en ULOR (*Upper Light Output Ratio*) y DLOR (*Downward Light Output Ratio*). Para el cálculo de LOR se divide el flujo luminoso total de la luminaria (lúmenes) entre el flujo total de las lámparas (lúmenes) que componen a

la luminaria. El ULOR y DLOR se calculan de manera similar pero tomando como referencia el flujo que va hacia arriba de la luminaria en el primer caso y el flujo que va hacia abajo en el segundo.

La Figura 3.15 muestra una luminaria cuyos valores de LOR, ULOR y DLOR son 96%, 60% y 36%, respectivamente.

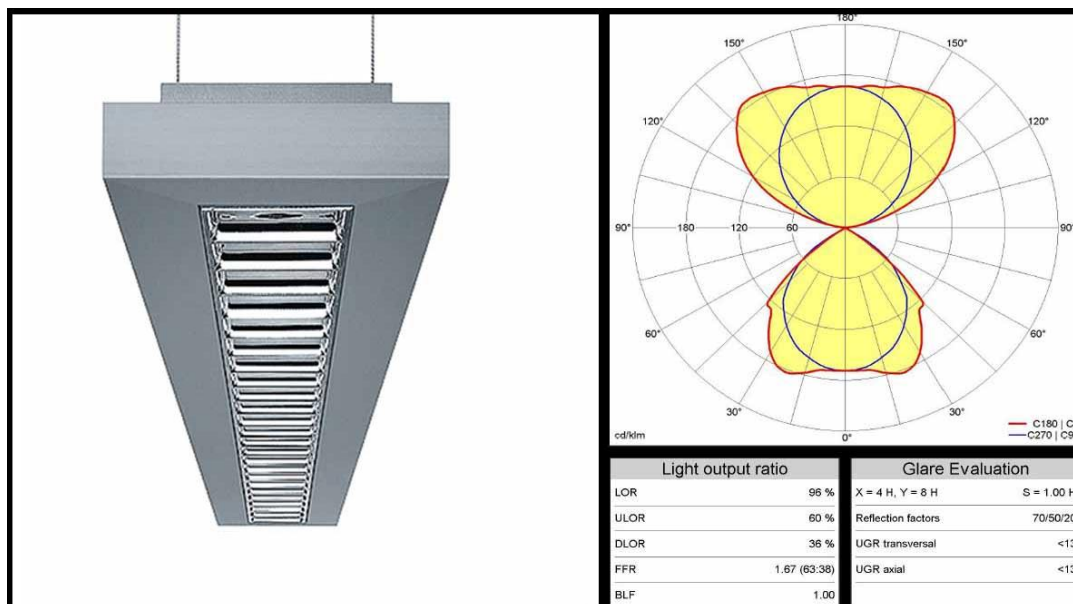


Figura 3.15. Ejemplos de los valores LOR, ULOR y DLOR de una luminaria.

Fuente: Paul Nulty Lighting Design (PNLD). Light Output Ratio.

<http://www.paulnulty.co.uk/light-output-ratio>.

Consultada el 06/01/2014.

Los valores de LOR, ULOR y DLOR son uno de los factores a tomar en cuenta al seleccionar una luminaria, ya que éstos están relacionados tanto con la eficiencia de una luminaria como con el tipo de ambiente que se busca tener.

En cuanto a la apertura del haz luminoso, las luminarias se clasifican en intensiva, semi-intensiva, dispersoras, semi- extensivas, extensivas e hiper-extensivas.

Otra categoría en la que se clasifican las luminarias es de acuerdo con su grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. Para ello se utiliza los códigos IP (*International Protection*) e IK de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI o IEC por sus siglas en inglés, *International Electrotechnical Commission*) definidos en los estándares IEC 60529 - *Degrees of Protection* e IEC 62262 - *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts*.

Además de las clasificaciones ya mencionadas, otras clasificaciones relevantes son las relacionadas con la protección eléctrica, los rangos de temperatura de operación y sus códigos de montaje.

Por lo que se refiere a las distintas funciones que llevan a cabo las luminarias, a continuación se mencionan brevemente algunas de ellas, así como los elementos que para ello se utilizan.

Una función de las luminarias es reflejar la luz emitida por las lámparas hacia una dirección dada. Para ello las luminarias cuentan con reflectores. La Figura 3.16 muestra el funcionamiento básico de un reflector. En ésta se observa como la luz emitida por la lámpara es dirigida en dirección contraria al reflector.

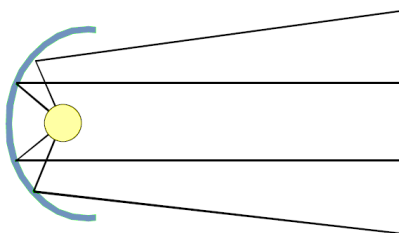


Figura 3.16. Reflector especular.

Fuente: Manual de luminotecnia para interiores. Carlos Laszlo.

http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF.

Consultada el 06/01/2014.

En el caso de las lámparas fluorescentes, los reflectores generalmente están hechos de acero esmaltado, mientras que el aluminio también se utiliza para los reflectores de luminarias más pequeñas.

En las luminarias también se utilizan elementos refractores, difusores y rejillas, los cuales permiten influir en la manera en que el flujo luminoso se distribuye además de controlar o eliminar el deslumbramiento.

La Figura 3.17 muestra un difusor prismático. Estos difusores consisten de una lámina de plástico con pequeñas pirámides o prismas en su cara exterior. La luz que proviene de las lámparas es dispersada en todas las direcciones al pasar por los pequeños prismas. El difusor también protege del deslumbramiento que provoca una lámpara que no está cubierta.



Figura 3.17. Difusor Prismático.

Fuente: <http://www.moonlite.com.au/products.php?pid=3&cid=11>.

Consultada el 06/01/2014.

Otro tipo de difusores, más baratos y sencillos, consisten en utilizar materiales como vidrios o plásticos translúcidos, aunque en éstos hay una mayor absorción de la luz que en el caso de los difusores prismáticos.

El uso de rejillas también permite controlar el deslumbramiento a la vez que permite la reflexión y difusión de la luz en distintas direcciones. La Figura 3.18 muestra el dibujo una luminaria que utiliza rejilla.

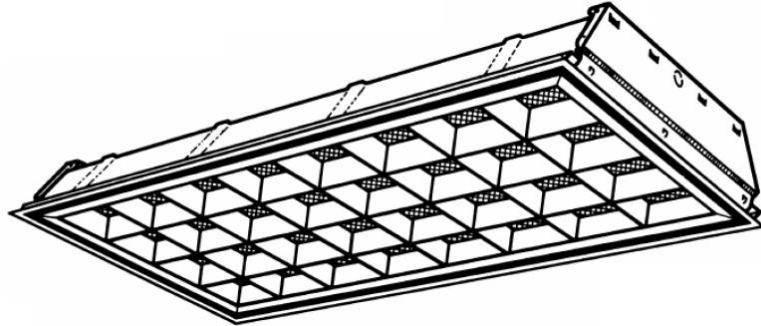


Figura 3.18. Luminaria con rejilla.

Fuente: Acoustics and Lighting - SPH244 - Luminaires and Lighting.

<http://www.cs.cdu.edu.au/homepages/jmitroy/sph244/Lecture05.pdf>.

Consultada el 06/01/2014.

3.1.3 COMPARACIÓN ENTRE LÁMPARAS FLUORESCENTES Y LÁMPARAS LED

Vale la pena mencionar que actualmente existe un debate sobre las ventajas y desventajas que presentan las lámparas LED sobre las lámparas fluorescentes, especialmente sobre los tubos fluorescentes T5.

Mientras que a la tecnología de lámparas LED se le presenta en muchos documentos y foros como más eficiente y con tiempos de vida mayores que los de las lámparas fluorescentes, en muchos otros se cuestiona la validez de estas aseveraciones, incluyendo publicaciones de organizaciones de renombre como la IEEE.

Asimismo, también existe en general un consenso sobre las virtudes reales de los tubos LED T5 y T8 que se utilizan para reemplazar a los tubos fluorescentes. Esto debido a que, al buscar ser el reemplazo directo de los tubos fluorescentes, los tubos LED están restringidos a utilizar las luminarias de las lámparas existentes sin aprovechar todas las virtudes de la tecnología LED.

También se cuestiona la calidad de las luminarias y, sobre todo, de los tubos LED, debido a la gran cantidad de fabricantes que actualmente ofrecen este tipo de productos y a la falta de control sobre los mismos.

En este trabajo se considera que los datos técnicos de las lámparas, tubos y luminarias, tanto fluorescentes como LED, están respaldados por los fabricantes que los presentan.

En cuanto a las ventajas y desventajas reales que presentan las lámparas LED sobre las lámparas fluorescentes, vale la pena mencionar que es un hecho que la tecnología LED está en pleno desarrollo y que las nuevas mejoras que se han observado en los últimos años continuarán y se verán reflejadas en productos de mejor calidad, más eficientes y de menor costo.

3.1.4 CÁLCULO DE NIVELES DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES

Para poder determinar el tipo, número y ubicación de las luminarias que se requieren para un escenario dado es necesario considerar una serie de factores. Siendo los primeros objetivos satisfacer los niveles de iluminación requeridos y proporcionar el mayor confort visual, otros factores propios de la zona a iluminar pueden restringir el tipo de luminarias a utilizar. Por ejemplo, muchos tipos de luminarias no son recomendables en zonas donde exista mucha suciedad. Asimismo, siempre hay que considerar el factor económico.

Una vez determinadas las luminarias que se van a utilizar y el nivel de iluminación requerido, es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación.

En la actualidad gran parte del diseño de iluminación de interiores y exteriores se lleva a cabo con la ayuda de programas de computadora. Sin embargo, es importante conocer cómo calcular los niveles de iluminación ya sea para entender cómo funciona el proceso, para proyectos pequeños o para corroborar los datos obtenidos por un programa de computadora.

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. Generalmente basta con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes (dicho método también puede utilizarse para iluminación de exteriores). Para los casos en que se requiere una mayor precisión o se necesita conocer los valores iluminación en algunos puntos concretos, puede utilizarse el método del punto por punto.

El método de los lúmenes se basa en determinar el flujo luminoso necesario para obtener la iluminación media deseada en el plano de trabajo. Considerando que la iluminación promedio sobre un área está dada por el flujo recibido en dicha área dividida entre el área se tiene entonces que:

$$E_{av} = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 3.1. Iluminación promedio.}$$

Donde F es el flujo luminoso requerido y A es el área.

Lo siguiente a considerar es de dónde proviene el flujo luminoso y qué otros factores deben de tomarse en cuenta para garantizar que el valor de la iluminación promedio se mantenga conforme pasa el tiempo. Para lo anterior, por simplicidad se considerará la iluminación sobre el plano de trabajo de un cuarto rectangular como el que se muestra en la Figura 3.19.

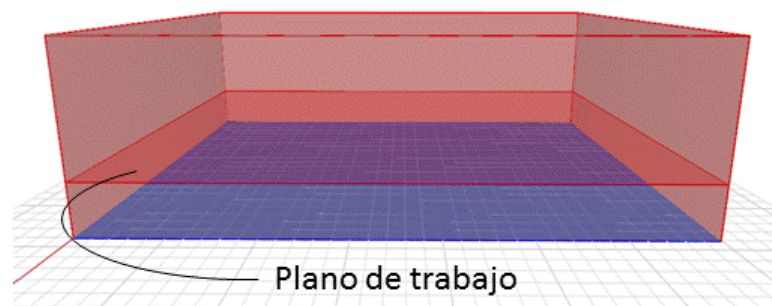


Figura 3.19. Iluminación sobre el plano de trabajo de un cuarto rectangular.

Fuente: Elaboración propia.

El plano de trabajo se encuentra efectivamente al nivel donde se realizan las labores, como puede ser al nivel de un escritorio o de una mesa. La idea es que la superficie o equipo de trabajo (mesa, escritorio, etcétera) puede colocarse en cualquier parte del cuarto y siempre tenga el nivel de iluminación requerido. El área del plano de trabajo es el área A usada en la ecuación de la iluminación promedio, por lo que entonces se tiene:

$$E_{av} \times A_{wp} = F \text{ (lúmenes)} \quad \text{Ecuación 3.2. Flujo luminoso.}$$

Los lúmenes F son proporcionados por las lámparas de las luminarias a utilizar, por lo que debe de tomarse en cuenta los lúmenes que cada lámpara genera F_L , el número de lámparas en la instalación n , la cantidad de luz que eventualmente alcanza el plano de trabajo (UF), así como un factor que permita considerar el deterioro que la instalación tiene con el tiempo (MF). De tal manera, F puede reemplazarse por:

$$F = F_L \times n \times UF \times MF \quad \text{Ecuación 3.3. Flujo luminoso por tipo y cantidad de lámparas.}$$

Donde F_L es el flujo que cada lámpara genera, n el número de lámparas, UF se denomina el factor de utilización y MF el factor de mantenimiento.

La ecuación de la iluminación promedio puede escribirse entonces como:

$$E_{av} = \frac{F_L \times n \times UF \times MF}{A_{wp}} \quad \text{Ecuación 3.4. Flujo luminoso en función del tipo y cantidad de lámparas.}$$

La ecuación anterior puede utilizarse de varias formas. Por ejemplo, para una instalación ya definida, E_{av} puede calcularse directamente. Por otro lado, normalmente E_{av} es el nivel promedio de iluminación que se busca tener, y es $F_L \times n$, el flujo por lámpara y el número de éstas, el que se desea conocer:

$$F_L \times n = \frac{E_{av} \times A_{wp}}{UF \times MF}$$

Ecuación 3.5. Flujo luminoso por lámpara y cantidad de lámparas.

Donde $F_L \times n$ son los lúmenes requeridos para tener una iluminación promedio E_{av} .

La parte medular en el método de los lúmenes reside en conocer los valores del factor de utilización (UF) y del factor de mantenimiento (MF).

Para la determinación del factor de utilización (UF) se toma en cuenta el rendimiento de la luminaria (LOR) y el hecho de que cuando la luz sale de la luminaria una parte del flujo luminoso irá directamente al plano de trabajo mientras que otra parte pegará en el techo, paredes y suelo del espacio a iluminar y será reflejada. Por lo tanto, los valores de reflectancia de techo, paredes y suelo también se toman en cuenta cuando se determina el factor de utilización. Asimismo, las dimensiones físicas del cuarto y la altura a la que se posicionan las luminarias influyen en la cantidad de luz que llega al plano de trabajo. Puede decirse entonces que el factor de utilización es una especie de medida de la eficiencia en que se combina una luminaria con un espacio determinado.

El factor de utilización generalmente es determinado por los fabricantes de luminarias. Para ello se toman en cuenta valores típicos de reflectancia de techos, paredes y suelos y se utiliza el índice del local (K). Dicho índice clasifica a los espacios cerrados en términos de la relación que existe entre el área horizontal y el área vertical.

Para luminarias predominantemente directas, el índice local se calcula como:

$$K = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$

Ecuación 3.6. Índice del local para luminarias predominantemente directas.

Donde a es el ancho del local, b el largo y h la altura que hay del plano de trabajo a la luminaria.

Para luminarias predominantemente indirectas, el índice local se calcula como:

$$K = \frac{3 \times a \times b}{2 \times h' \times (a + b)}$$

Ecuación 3.7. Índice del local

para luminarias predominantemente indirectas.

Donde h' es la altura que hay entre el plano del trabajo y el techo del local.

Con respecto a los valores de reflectancia de techo, paredes y suelo, estos dependen de sus materiales, acabados y colores. Cabe mencionar que al estimar los valores de la reflectancia suelen considerarse valores más bajos para paredes y suelo debido a que los objetos que pueda haber en ellos (ventanas, cuadros, mesas, etcétera) influyen en la cantidad de luz que es reflejada.

Los valores de reflectancia se encuentran normalmente tabulados para diferentes tipos de materiales, superficies y acabados, como puede observarse en la Tabla 3.5.

Colores	Reflectancia	Materiales	Reflectancia
Blanco	0.70 - 0.85	Mortero	0.30 - 0.55
Amarillo	0.50 - 0.75	Hormigón	0.25 - 0.50
Azul	0.40 - 0.55	Ladrillo	0.15 - 0.40
Verde	0.45 - 0.65	Mármol blanco	0.60 - 0.70
Rojo	0.30 - 0.50	Granito	0.15 - 0.25
Marrón	0.30 - 0.40	Madera	0.25 - 0.50
Gris oscuro	0.10 - 0.20	Espejos	0.80 - 0.90
Negro	0.03 - 0.07	Acero pulido	0.50 - 0.65

Tabla 3.5. Valores de reflectancia para distintos colores y materiales.

Fuente: Instalaciones Eléctricas I. Rocha Maldonado Germán.

En caso de que no se tengan los valores para los colores y materiales utilizados, pueden utilizarse los siguientes valores:

	Color	Factor de reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3
	Oscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	Oscuro	0.1

Tabla 3.6. Factores de reflexión de techo, pared y piso.

Fuente: Instalaciones Eléctricas I. Rocha Maldonado Germán.

Un ejemplo de cómo se determina el factor de utilización para una luminaria específica y valores del índice del local y reflectancia de techo, paredes y suelos dados, puede hacerse a partir de la tabla que proporciona el fabricante Philips para la luminaria 471TMS2xTL5-28WHFP WB CI y que se muestra en la Figura 3.20.

Utilisation factor table

Room Index	Reflectances (%) for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00	
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00	
0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	
0.60	0.46	0.44	0.45	0.44	0.43	0.36	0.35	0.30	0.35	0.30	0.28	
0.80	0.57	0.54	0.56	0.55	0.53	0.46	0.45	0.40	0.44	0.40	0.38	
1.00	0.56	0.62	0.65	0.63	0.61	0.54	0.53	0.48	0.52	0.48	0.45	
1.25	0.75	0.69	0.74	0.71	0.68	0.62	0.61	0.56	0.60	0.55	0.53	
1.50	0.82	0.75	0.80	0.77	0.74	0.67	0.66	0.62	0.65	0.61	0.59	
2.00	0.92	0.82	0.90	0.85	0.81	0.76	0.75	0.71	0.74	0.70	0.68	
2.50	0.99	0.87	0.96	0.91	0.86	0.82	0.80	0.77	0.79	0.76	0.74	
3.00	1.03	0.91	1.00	0.95	0.89	0.86	0.84	0.81	0.83	0.80	0.78	
4.00	1.09	0.95	1.06	0.99	0.93	0.90	0.89	0.86	0.87	0.85	0.83	
5.00	1.13	0.97	1.09	1.02	0.96	0.93	0.92	0.90	0.90	0.88	0.86	

Ceiling mounted

Figura 3.20. Factor de utilización para la luminaria 471TMS2xTL5-28WHFP WB CI.

Fuente: http://download.p4c.philips.com/l4b/9/910823214012_eu/910823214012_eu_pss_aenaa.pdf.

Consultada el 06/01/2014.

Suponiendo un índice del local de 3 y reflectancias de 0.80, 0.50 y 0.30 para techo, paredes y suelos, el factor de utilización es de 1.03.

Por lo que se refiere al factor de mantenimiento, también denominado factor de depreciación o coeficiente de conservación, éste toma en cuenta la depreciación de las características fotométricas de las luminarias y el envejecimiento de las lámparas y varía según las condiciones ambientales y la forma como se efectúa el mantenimiento.

Acerca del factor de mantenimiento, en la literatura pueden encontrarse diferentes valores para condiciones similares. Por ejemplo, en “Instalaciones Eléctricas I”,¹² el rango para dicho valor va de 0.57 a 0.95 dependiendo del tipo de ambiente y la frecuencia del mantenimiento. Esto puede observarse en la Tabla 3.7.

Ambiente	Periodo de mantenimiento		
	2,500 Hrs.	5,000 Hrs.	7,500 Hrs.
Limpio	0.95	0.91	0.88
Normal	0.91	0.85	0.80
Sucio	0.80	0.68	0.57

Tabla 3.7. Factores de depreciación (factores de mantenimiento).

Fuente: Rocha Maldonado Germán. Instalaciones Eléctricas I.

En contraste, en “Instalaciones de iluminación”,¹³ el rango va de 0.50 a 0.90 estando el valor también relacionado con el tipo de mantenimiento y el tipo de ambiente en el que se encuentra la luminaria.

¹² Rocha Maldonado Germán. Instalaciones Eléctricas I. Primera edición 2001. Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, UMSS.

¹³ Franco Martín Sánchez. Instalaciones de iluminación. Primera edición 2007. Fundación Escuela de la Edificación.

Tipo de mantenimiento	Coeficiente de conservación			
	Luminaria AL AIRE	Luminaria ABIERTA	Luminaria CERRADA	Luminaria ESTANCIA
Bueno	0.70	0.75	0.80	0.90
Media	0.60	0.60	0.70	0.80
Malo	0.50	0.50	0.55	0.70

Tabla 3.8. Tabla de coeficientes de conservación (factores de mantenimiento).

Fuente: Franco Martín Sánchez. Instalaciones de iluminación.

En los cálculos realizados en este trabajo, se considerará un valor de 0.8 para el factor de mantenimiento. Lo anterior tomando en cuenta que en las sucursales del grupo farmacéutico los ambientes son limpios y que la luminarias tienen un buen mantenimiento. Asimismo, en la literatura se encontró que dicho valor es el más comúnmente utilizado para las condiciones mencionadas.

3.2 USO DE ENERGÍAS ALTERNAS: CELDAS FOTOVOLTAICAS

La electricidad tiene un uso tan extendido que es prácticamente imposible imaginarse un futuro sin su existencia y utilización. Utilizamos la electricidad prácticamente como la fuente de energía universal en muchos aparatos y aplicaciones, lo que ha llevado a que el consumo eléctrico tenga una gran demanda.

Actualmente los sistemas de producción de energía eléctrica tienen una problemática asociada, principalmente a problemas ambientales, por lo que es importante la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica que estén basados fundamentalmente en el uso de energías renovables.

Entre las energías renovables con más futuro está la energía solar, la cual es la energía que proporciona directamente el sol y que es capaz de manera directa de calentar e iluminar.

En la actualidad, la energía solar se transforma en electricidad. A esta tecnología se le conoce como energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de células fotovoltaicas integradas en módulos solares. Esta electricidad se puede utilizar de manera directa o se puede almacenar en acumuladores para su uso posterior. Incluso, con las nuevas legislaciones, es posible proporcionar la energía sobrante a la red de distribución eléctrica.

Esto trae como ventajas el escaso impacto ambiental, ya que no produce residuos perjudiciales para el medio ambiente, el que se puede generar en prácticamente todo el planeta, y que sus costos de mantenimiento son mínimos. Entre los inconvenientes es que se requieren sistemas de acumulación (baterías) que contienen agentes químicos peligrosos, además de la gran extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones, lo que ocasiona un impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.

3.2.1 TIPOS DE SISTEMAS DE POTENCIA

3.2.1.1 Sistemas a red

También se llama red interactiva. Es cuando los sistemas solares construidos en el edificio y la propiedad se conectan directamente a la red de distribución de energía eléctrica, como se muestra en la Figura 3.21. Esto es posible en zonas que permitan la medición neta, donde un sistema de energía solar convierte el medidor de electricidad hacia atrás cuando se está produciendo más energía que la que se está utilizando. Este tipo de sistema no proporciona energía de reserva cuando falla el suministro eléctrico.

FLUJOS DE ENERGIA EN SISTEMA INTERCONECTADO



Figura 3.21. Configuración de un sistema fotovoltaico interconectado.

Fuente: <http://www.imesol.mx/app.php>.

Consultada el 19/01/2014.

3.2.1.2 Sistemas a red con la batería de reserva

Un sistema de red de con respaldo de batería solar proporciona el exceso de electricidad a la red y proporciona energía de respaldo cuando el suministro de red no funciona. Con este tipo de sistema se sacrifica parte de la eficiencia de la generación de energía a cambio de tener la energía cuando hay una falla. La cantidad de energía de reserva que tiene depende del tamaño de las cargas de la batería y eléctricas.

3.2.1.3 Sistemas aislados

Este tipo de sistema de alimentación es independiente de la red de suministro eléctrico. Puede utilizar los módulos solares para producir la energía eléctrica.

3.2.2 CELDAS FOTOVOLTAICAS

Las celdas o células fotovoltaicas, también llamadas solares o fotoeléctricas, están hechas de materiales semiconductores que poseen electrones débilmente ligados

ocupando la banda de energía denominada “banda de valencia”. Cuando se aplica un cuanto de energía por encima de un cierto valor a un electrón de valencia, el enlace se rompe y el electrón pasa a una nueva banda de energía, la “banda de conducción”. Mediante un contacto selectivo, estos electrones pueden ser llevados a un circuito externo y realizar un trabajo útil, perdiendo así la energía captada y regresando por otro contacto a la banda de valencia con la energía inicial anterior al proceso de absorción de un fotón luminoso.

El flujo de electrones en el circuito exterior se llama corriente de la célula y su producto por el voltaje con el que se liberan los electrones por los contactos selectivos determina la potencia generada. Todo esto ocurre a temperatura ambiente y sin partes móviles, pues las células solares, que convierten en electricidad sólo una parte de la energía de los fotones absorbidos, se calientan solo unos 25 a 30 °C por encima de la temperatura ambiente.

La estructura típica de una célula solar es una unión P-N similar a los diodos semiconductores, pero ésta no es necesariamente la única posible. En las aplicaciones fotovoltaicas, las células solares se interconectan y encapsulan en elementos llamados módulos fotovoltaicos, que es el producto final vendido al usuario. Estos módulos producen corriente continua que suele transformarse en corriente alterna, mediante un inversor u ondulator. El inversor, las baterías recargables (en caso de que se necesite almacenamiento), las estructuras sobre las que se montan y orientan los módulos, así como otros elementos necesarios para construir un sistema fotovoltaico (FV), se denominan BOS (*Balance of System*), que significa “resto del sistema”.

La siguiente figura muestra la conformación típica de una celda fotovoltaica.

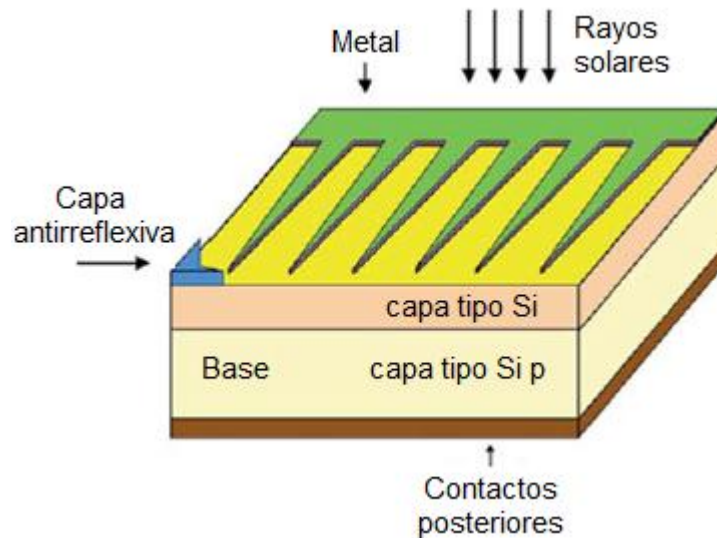


Figura 3.22. Conformación típica de una celda fotovoltaica.
Fuente: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

3.3 PROPUESTAS Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ENERGÍAS ALTERNAS

En esta sección se presentan las propuestas que permitan al grupo farmacéutico cumplir con la normatividad vigente y hacer un uso más eficiente de la energía en materia de iluminación, así como emplear energías alternas al utilizar celdas fotovoltaicas.

3.3.1 CUMPLIMIENTO DE NORMATIVIDAD EN OFICINAS Y OTROS ESPACIOS

A continuación se presentan una serie de recomendaciones y propuestas relacionadas con el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de iluminación y con el uso eficiente de la energía (NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2004). Para ello se analizan las características de las sucursales y la información de un conjunto de estudios que se realizaron para conocer los niveles de iluminación en diferentes áreas de las mismas.

Tomando en cuenta la similitud que existe entre sucursales, se presentan los análisis de cuatro espacios dedicados a trabajo en oficinas de tres de las sucursales. Dichos ejemplos pueden tomarse como base para realizar el análisis de los demás espacios y sucursales.

3.3.1.1 Oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31

La Figura 3.23 muestra un plano sencillo de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31. En éste pueden observarse las dimensiones de la misma, la posición de las luminarias y los puntos de medición que se utilizaron para realizar el estudio de niveles de iluminación.

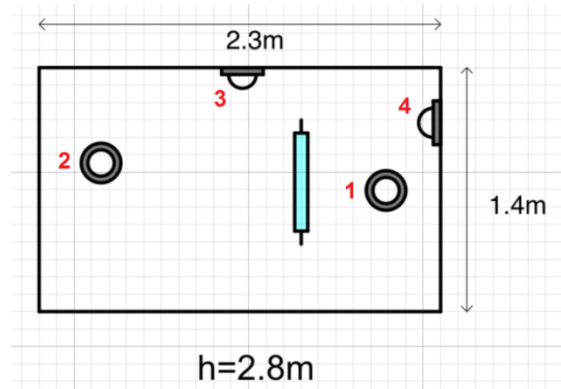


Figura 3.23. Plano sencillo de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.

Fuente: Grupo farmacéutico.

Los resultados del estudio realizado por un grupo consultor a la oficina mencionada se muestran en la Tabla 3.9. Cabe mencionar que dicho estudio se realizó con base en lo dispuesto en los apéndices A y B de la norma NOM-025-STPS-2008.

Punto de medición	Hora	Medición (lx)		Factor de reflexión
		Superficie	Reflejo	
1 Puesto de trabajo	18:51	253.35	45.74	18.05%
2 Cajonera de fondo	18:51	88.29	41.58	47.10%
3 Pared lateral	18:52	251.42	171.16	68.08%
4 Pared frontal	18:52	147.95	117.97	79.74%

Tabla 3.9. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.

Fuente: Grupo farmacéutico.

En la Tabla 3.9 se destaca en color rojo que los niveles de iluminación medidos en las 4 superficies están por debajo de los 300 luxes que define la NOM-025-STPS-2008 para áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas. Asimismo, los factores de reflexión que se obtuvieron en los puntos de medición de las paredes lateral y frontal se encuentran por encima del 60%, que es el valor máximo permitido según la tabla 2 de la norma NOM-025-STPS-2008.

Para cumplir con el nivel de iluminación requerido de 300 luxes (E_{av}), a continuación se calcula el flujo el flujo luminoso ($F_L \times n$) que debe de generar la fuente a partir de la Ecuación 3.5 que se presentó anteriormente:

$$F_L \times n = \frac{E_{av} \times A_{wp}}{UF \times MF}$$

El valor del área del plano de trabajo es igual a 2.3 m x 1.4 m = 3.22 m².

En cuanto al factor de utilización, éste depende del índice del local, del valor de las reflectancias de techo, paredes y suelo, y del tipo de luminaria a utilizar.

El índice del local está dado por la Ecuación 3.6:

$$K = \frac{2.3 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}}{2.2 \text{ m} \times (2.3 \text{ m} + 1.4 \text{ m})} = 0.3955$$

Donde 2.2 m es la altura que hay del plano de trabajo, establecido a 0.6 metros del suelo, a la luminaria, colocada en el techo a 2.8 m del suelo.

Tomando en cuenta valores típicos de reflectancias de 0.80, 0.50 y 0.30 para techo, paredes y suelo, el factor de utilización puede obtenerse de la tabla genérica para luminarias directas con haz de luz ancho de la Figura 3.24.

Tipo de alumbrado y distribución	Distancia entre luminarias	Reflectancia %	Techo											
			80	80	80	50	50	80	80	80	50	50	30	
			Paredes											
			80	50	30	50	30	80	50	30	50	30	30	
índice del local (K)	Suelo													
	30	30	30	30	30	10	10	10	10	10	10			
DIRECTO (Haz medio) (intensivo) 	d < 1,2 h	0,6	0,72	0,48	0,42	0,47	0,42	0,68	0,47	0,41	0,47	0,41	0,40	
		0,8	0,85	0,61	0,54	0,59	0,53	0,80	0,59	0,53	0,58	0,52	0,52	
		1	0,94	0,69	0,62	0,67	0,61	0,87	0,67	0,61	0,65	0,60	0,59	
		1,25	1,01	0,78	0,71	0,75	0,69	0,92	0,75	0,68	0,73	0,68	0,66	
		1,50	1,05	0,83	0,75	0,80	0,74	0,96	0,80	0,73	0,77	0,72	0,71	
		2	1,11	0,91	0,84	0,87	0,81	1,00	0,86	0,80	0,84	0,79	0,78	
		2,5	1,15	0,97	0,90	0,92	0,87	1,02	0,91	0,85	0,88	0,83	0,82	
		3	1,18	1,02	0,96	0,96	0,91	1,04	0,94	0,89	0,91	0,87	0,86	
		4	1,21	1,09	1,02	1,02	0,96	1,05	0,97	0,94	0,95	0,91	0,90	
		5	1,23	1,12	1,06	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	0,97	0,94	0,92	
DIRECTO (Haz ancho) 	d < 1,2 h	0,6	0,63	0,39	0,33	0,39	0,33	0,61	0,38	0,34	0,37	0,33	0,32	
		0,8	0,78	0,53	0,45	0,51	0,45	0,74	0,51	0,45	0,50	0,45	0,44	
		1	0,88	0,62	0,54	0,60	0,54	0,82	0,60	0,53	0,58	0,53	0,52	
		1,25	0,95	0,71	0,63	0,68	0,62	0,88	0,68	0,62	0,66	0,60	0,60	
		1,50	1,02	0,78	0,70	0,76	0,69	0,93	0,75	0,68	0,72	0,68	0,66	
		2	1,10	0,89	0,81	0,85	0,78	0,98	0,83	0,77	0,80	0,77	0,74	
		2,5	1,14	0,96	0,88	0,91	0,85	1,01	0,89	0,83	0,85	0,82	0,80	
		3	1,17	1,01	0,94	0,95	0,89	1,03	0,92	0,87	0,88	0,86	0,84	
		4	1,21	1,07	1,01	1,00	0,95	1,04	0,96	0,92	0,93	0,90	0,89	

Figura 3.24. Factores de utilización genéricos para luminarias directas con haz de luz ancho.

Fuente: Franco Martín Sánchez. Instalaciones de iluminación.

El factor de utilización para un índice de local de 0.3955 y los valores reflectancias mencionados puede obtenerse interpolando linealmente los valores de factor de utilización de la Figura 3.24 para índices de local de 0.6 y 0.8. Dichos valores son, respectivamente, 0.39 y 0.53. Entonces, a partir la ecuación de interpolación lineal:¹⁴

$$y = \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) (x - x_1) + y_1 \quad \text{Ecuación 3.8. Interpolación lineal.}$$

$$y = \left(\frac{0.53 - 0.39}{0.8 - 0.6} \right) (0.3955 - 0.6) + 0.39 = 0.2469$$

Considerando un factor de mantenimiento de 0.8, el flujo luminoso ($F_L \times n$) es entonces:

$$F_L \times n = \frac{300 \times 3.22}{0.2469 \times 0.8} = 4,891 \text{ lm}$$

Esto es, para iluminar la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31 de acuerdo con la norma NOM-025-STPS-2008, se requiere una cantidad “ n ” de luminarias con un flujo luminoso por luminaria “ F_L ” de manera que en total se produzca un flujo luminoso de 4,891 lúmenes. Esto último se puede lograr con una luminaria de 4,891 lúmenes o más, dos luminarias de 2,445.5 lúmenes o más, etcétera.

Cabe mencionar que iluminar la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31 presenta también un reto para no sobrepasar la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que la norma NOM-007-ENER-2004 establece para oficinas en 14 W/m² como máximo.

Considerando que el área de la oficina es de 3.22 m², el valor de potencia máximo que puede utilizarse es de 14 W/m² x 3.22 m² = 45.08 W. Esto limita el número y tipo de lámparas que pueden utilizarse para cumplir tanto con el requisito del nivel de iluminación como con el de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado.

¹⁴ La Ecuación 3.8 se obtiene a partir de la ecuación general de la recta: $y = mx + b$.

Por ejemplo, sí se agregará una luminaria más con un tipo de lámpara igual al actualmente utilizado, esto es, una lámpara fluorescente tubular de 28 W, la potencia utilizada sólo por las lámparas sería de 56 W. Si se consideran los balastos, la potencia total utilizada llegaría hasta 64 W. Con ello se tendría una DPEA de $64 \text{ W} / 3.22 \text{ m}^2 = 19.87 \text{ W/m}^2$, la cual se encuentra por arriba del valor de 14 W/m^2 que se encuentra especificado en la norma NOM-007-ENER-2004.

En el caso de lámparas fluorescentes, las lámparas que tienen consumos menores a 45.08 W, no generan flujos luminosos cercanos a los 4,891 lúmenes necesarios para tener un flujo de 300 luxes en el plano de trabajo de la oficina en estudio. En el caso del fabricante Phillips, por ejemplo, sus lámparas fluorescentes de 35 W tienen intensidades luminosas de hasta 3,325 lúmenes.

Si se opta por bajar el nivel de las luminarias a 2.2 metros sobre el nivel del suelo, lo que, por cierto, favorecería el deslumbramiento en el caso de luminarias que no utilicen difusores, el nivel de iluminación requerido es de 3,444 lm como se muestra a continuación.

El índice del local sería:

$$K = \frac{2.3 \text{ m} \times 1.4 \text{ m}}{1.6 \text{ m} \times (2.3 \text{ m} + 1.4 \text{ m})} = 0.5439$$

El factor de utilización sería:

$$y = \left(\frac{0.53 - 0.39}{0.8 - 0.6} \right) (0.5439 - 0.8) + 0.53 = 0.3507$$

Para $F_L \times n$ se tendría:

$$F_L \times n = \frac{300 \times 3.22}{0.3507 \times 0.8} = 3,444 \text{ lm}$$

Esto es, aun cuando se bajara el nivel de las luminarias, el nivel de flujo luminoso requerido es mayor al que ofrecen las lámparas fluorescentes tubulares que podrían usarse.

Otra opción que puede considerarse es utilizar acabados, pinturas en este caso, con mayores niveles de reflectancia. Sin embargo, esto aumentaría el deslumbramiento en paredes, el cual de por sí ya se encuentra por encima de lo permitido por la norma NOM-025-STPS-2008 como puede observarse en la Tabla 3.9.

Una alternativa más que puede explorarse es el empleo de tecnologías más eficientes, como es el caso de las lámparas LED. En este punto vale la pena recordar que hay una gran cantidad y variedad de fabricantes y luminarias, por lo que determinar el modelo exacto en cuanto a características fotométricas, económicas y decorativas requiere del apoyo de los fabricantes o proveedores. Sin embargo, para los efectos de esta tesis, en este caso y en los subsecuentes se trabajará con luminarias de los fabricantes Philips y Cree, y con tubos LED del proveedor Tecnología Esencial. La información de los productos de Philips y Cree se encuentra disponible en sus catálogos en línea y la del proveedor Tecnología Esencial fue obtenida directamente de éste. Dicha información incluye los datos necesarios para poder ser utilizada en el simulador de iluminación por computadora Relux.



Figura 3.25. Luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.

Fuente: Catálogo de productos de Philips. http://www.ecat.lighting.philips.com//indoor-luminaires/surface-mounted/arano-led-bcs640/910504076003_eu/.

Consultada el 26/01/2014.

Un modelo de luminaria Philips que se acerca a proporcionar los lúmenes requeridos, y que está diseñado para utilizarse en interiores de centros de trabajo, de acuerdo con la información del fabricante, es la luminaria “BCS640W21L1251xLED48/840 LIN-PC”. Ésta se muestra en la Figura 3.25 y su información fotométrica en la Figura 3.26.



BCS640 W21L125 1xLED48/840 LIN-PC

1 x 4250 lm

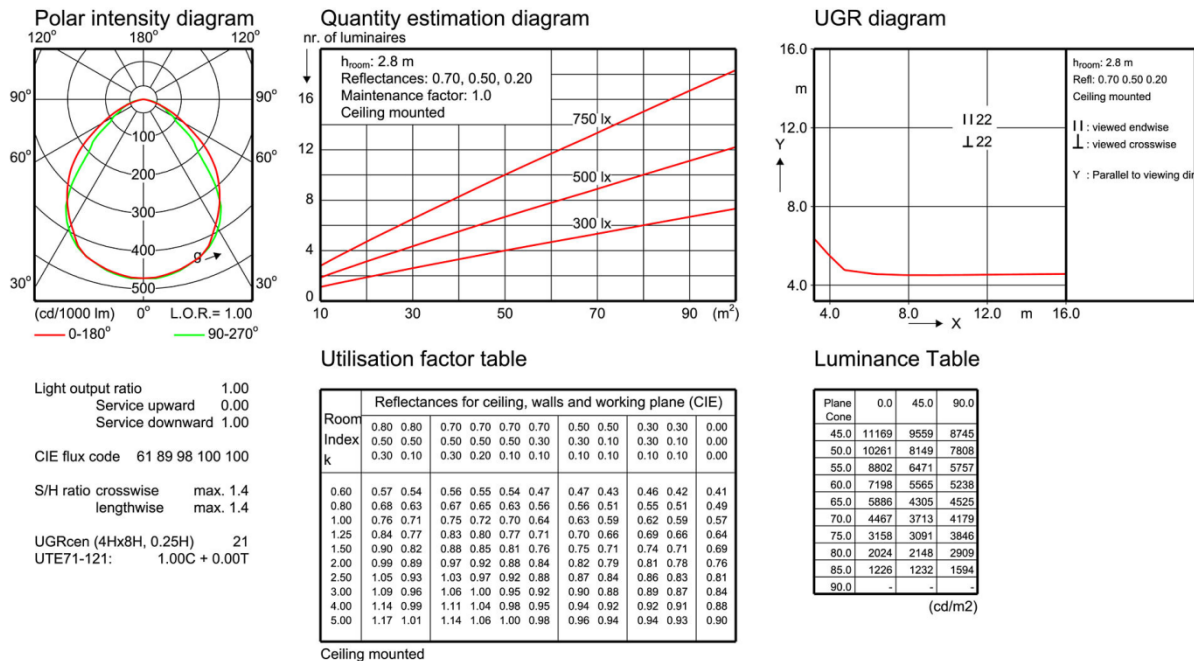


Figura 3.26. Información fotométrica de la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.

Fuente: Catálogo de productos de Philips. http://www.ecat.lighting.philips.com//indoor-luminaires/surface-mounted/arano-led-bcs640/910504076003_eu/.

Consultada el 26/01/2014.

Repitiendo el mismo proceso que se realizó para luminarias directas con haz de luz ancho, se tiene que para un índice de local de 0.3955 y valores de reflectancias de 0.80, 0.50 y 0.30 para techo, paredes y suelo, el factor de utilización para la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC de acuerdo con la tabla de la Figura 3.26 es:

$$y = \left(\frac{0.68 - 0.57}{0.8 - 0.6} \right) (0.3955 - 0.8) + 0.68 = 0.4575$$

Entonces, considerando $F_L \times n = 4,250$ lm, que son los lúmenes que proporciona la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC de acuerdo con la tabla de la Figura 3.26, y tomando en cuenta un factor de mantenimiento de 0.80, se tiene que la iluminación promedio que se tendrá sobre el plano de trabajo es:

$$E_{av} = \frac{F_L \times n \times UF \times MF}{A_{wp}} = \frac{4,250 \text{ lm} \times 0.4575 \times 0.80}{3.22 \text{ m}^2} = 483 \text{ lx}$$

Esto es, para las condiciones de la oficina mencionadas, la luminaria propuesta ofrece una iluminación promedio de 483 lx sobre el plano de trabajo.

Como se mencionó anteriormente al presentar el método de los lúmenes, en la actualidad gran parte del diseño de iluminación de interiores y exteriores se realiza con la ayuda de programas de computadora. Haciendo uso de este tipo de herramientas, en este trabajo se utilizará el programa Relux para obtener los resultados buscados.

En la Figura 3.27 se muestra el módulo EasyLux del programa Relux. Con este módulo se puede obtener el número de luminarias requeridas para un nivel de iluminación deseado. En la figura puede observarse que para la luminaria propuesta, y para las condiciones de la oficina mencionadas, el número de luminarias requeridas para obtener una iluminación promedio de 300 lx es de 1. Lo anterior se encuentra resaltado dentro del cuadro de color rojo que se añadió a la figura.

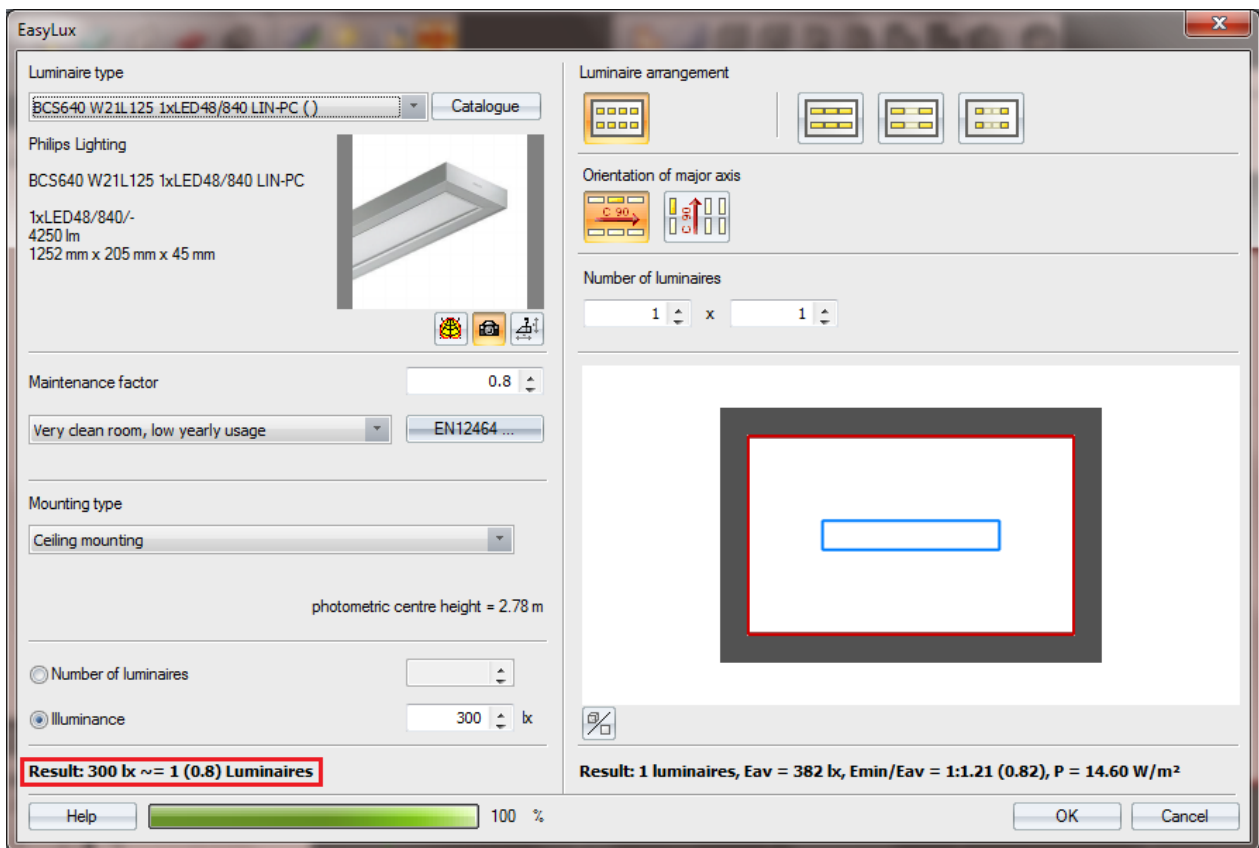


Figura 3.27. Módulo Easy Lux del programa Relux. Número de luminarias requeridas.

Fuente: Elaboración propia.

El programa Relux también permite conocer la distribución de la iluminación en los planos del espacio en estudio.

En la Figura 3.28 se muestra la distribución de la iluminación obtenida por medio del programa Relux. Como es de esperarse, el nivel de iluminación es mayor en zonas cercanas a las fuentes de luz y menor en las que se encuentran alejadas. Asimismo, la luz reflejada por techo, paredes y suelo también influye sobre el nivel de iluminación del plano de trabajo.

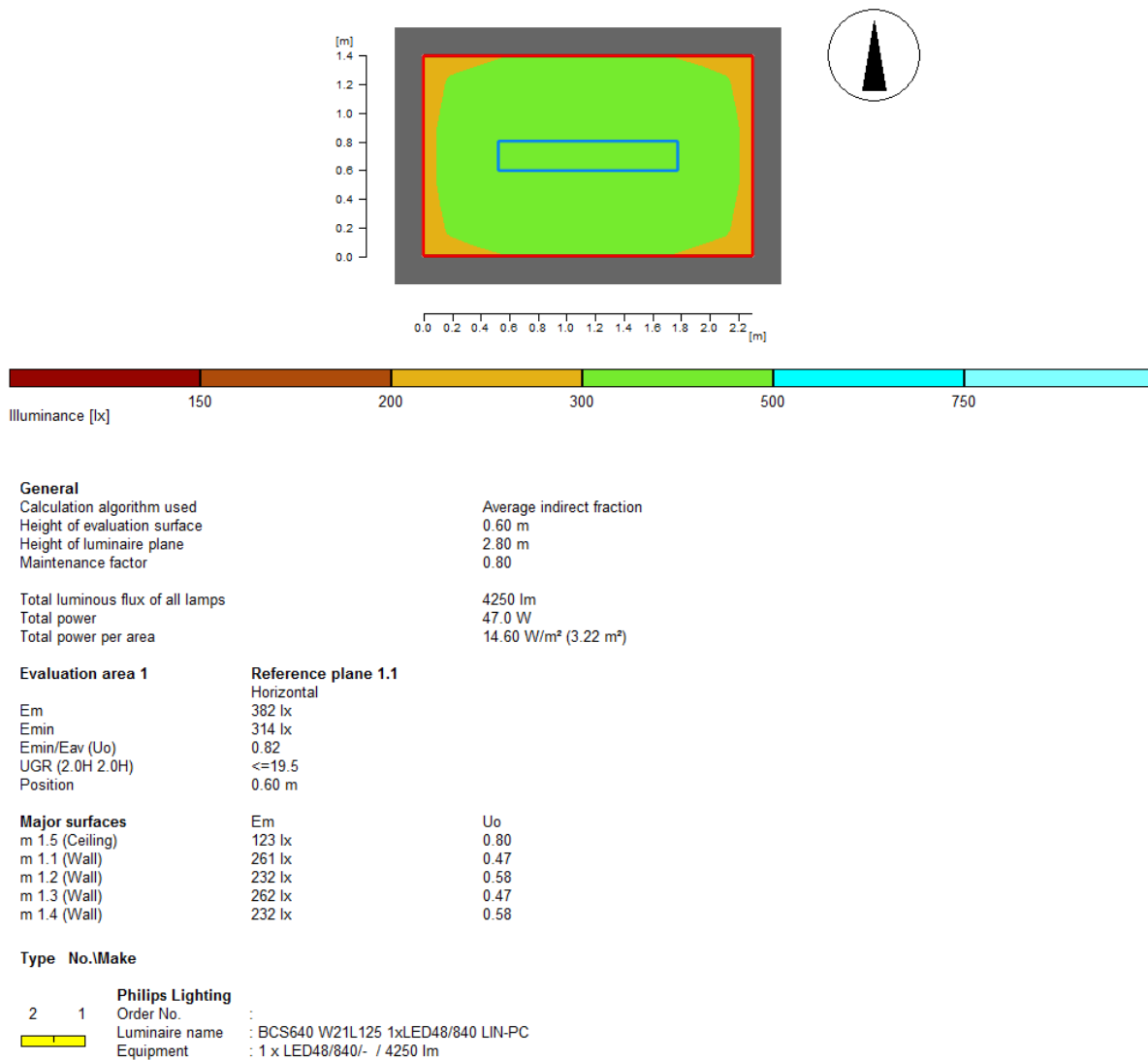


Figura 3.28. Distribución de la iluminación obtenida por medio del programa Relux.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que aunque por ambos métodos se validó que una luminaria del tipo BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC es suficiente para obtener un nivel promedio de iluminación de 300 luxes, el programa Relux indica que en dicho escenario se obtendría una iluminación promedio menor, 382 lx, a la que se obtiene por el método de los lúmenes, 483 lx. Sobre esto, puede comentarse lo siguiente:

- Se espera que los cálculos que realiza el programa Relux sean más exactos que el método de los lúmenes al poder el programa realizar una serie de iteraciones haciendo uso del CPU de las computadoras.
- En el caso del método de los lúmenes, hay aspectos, como la orientación de las luminarias, que no se toman en cuenta. Aun así, se considera que el método de los lúmenes permite tener una idea muy aproximada a la realidad, de manera rápida y sin la necesidad de contar con programas de simulación.
- En el caso particular de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31, como se comenta a continuación con mayor detalle, el espacio no es el óptimo para ser iluminado. De cierta manera, esto puede observarse al encontrarse el valor del índice del local fuera de la tabla de valores que proporciona el fabricante.

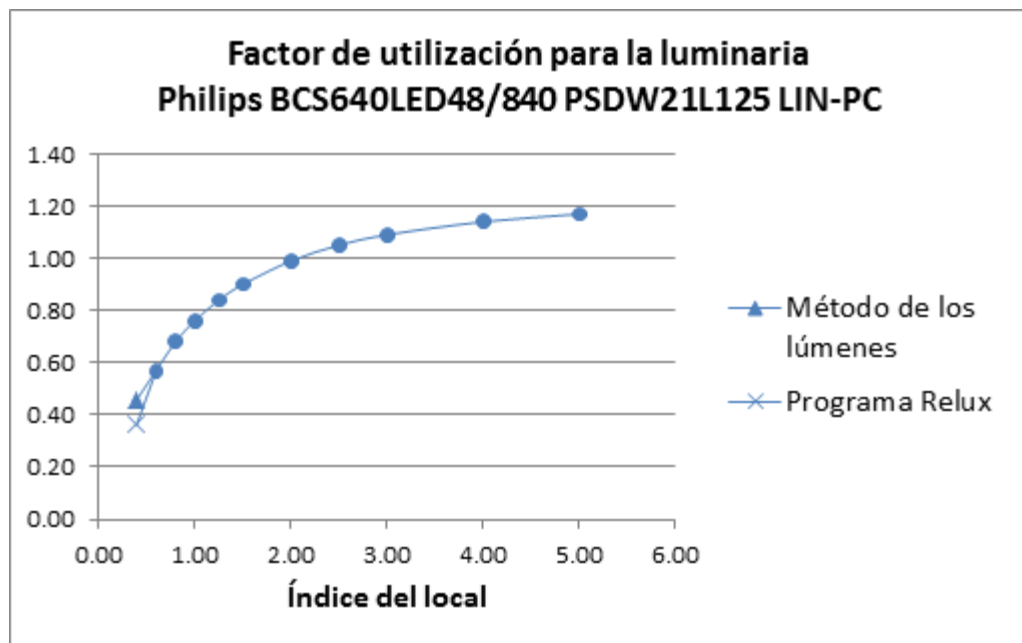


Figura 3.29. Factor de utilización para la luminaria
Philips BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del fabricante.

Este último punto puede verse en la Figura 3.29 a partir de la gráfica que muestra el factor de utilización de la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC para distintos índices de local.

Si se toma el valor de iluminación promedio de 382 lx que se obtiene por medio del programa Relux, se tendría que éste resultado correspondería a un factor de mantenimiento de 0.3618 si se buscará llegar al mismo valor de iluminación promedio por el método de los lúmenes:

$$UF = \frac{E_{av} \times A_{wp}}{F_L \times n \times MF} = \frac{382 \times 3.22}{4,250 \times 0.80} = 0.3618$$

Si se compara este valor de con el de 0.4575 obtenido con anterioridad por medio interpolación lineal cuando se utilizó el método de los lúmenes, puede observarse que el valor que aparentemente utiliza el programa Relux parece seguir de una forma más natural la gráfica de factor de utilización contra índice del local de la Figura 3.29 que el obtenido al utilizar interpolación lineal.

Lo anterior puede resumirse en que la interpolación lineal no resulta muy adecuada para valores que se encuentran fuera de la tabla de valores proporcionada por el fabricante.

En cuanto a la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado, ésta sigue estando por encima de lo que permite la NOM-007-ENER-2004, al ser de 14.60 W/m² contra la permitida de 14 W/m². Esto es, aun cuando la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC tiene una mayor eficacia que las luminarias de tubos fluorescentes, en este particular caso se requiere una lámpara que consumiendo sólo 45 W pueda proporcionar el nivel de iluminación de 300 luxes. Mientras que la tecnología LED parece apropiada para dicho escenario, las lámparas se construyen con potencias ya determinadas y no para cada potencia que pueda requerirse. En el caso de Philips, por ejemplo, la siguiente luminaria con menor potencia es de 24 W y tiene una intensidad luminosa de 2,100 lm.

Para el caso de la oficina de medicamentos controlados, puede pensarse también en el uso de lámparas de escritorio. Sin embargo, hay que considerar que éstas facilitan el deslumbramiento y la presencia de sombras. Asimismo, tampoco ayudan a tener un nivel de iluminación uniforme al menos de que se coloquen de manera simétrica.

Cabe también mencionar que las dimensiones de la oficina en estudio no ayudan a contar una iluminación adecuada y al mismo tiempo eficiente. Esto puede entenderse con ayuda de la Figura 3.30.

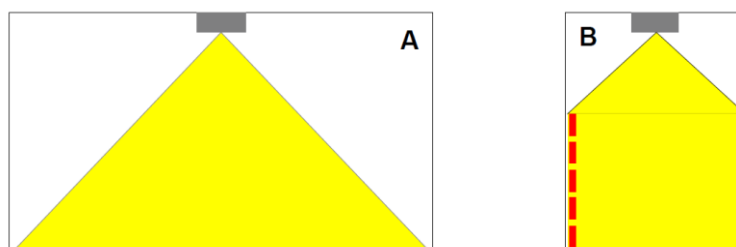


Figura 3.30. Factor de utilización de un local en relación con su superficie y altura.

Fuente: Manual de luminotecnia para interiores. Carlos Laszlo.

http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF.

Consultada el 16/02/2014.

En el caso A de la Figura 3.30, se trata de un local grande en donde hay poca absorción de la luz en las paredes, el rendimiento de la luminaria es bueno y el factor de utilización será alto. En el caso B, se trata de un local pequeño en donde hay una gran absorción de la luz en las paredes, el rendimiento de la luminaria es menor y el factor de utilización será bajo.

Por lo que respecta al problema de los niveles de reflexión medidos en las paredes de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31, en este caso se recomienda utilizar pinturas color blanco mate con el fin de reducir dichos niveles. Cabe mencionar que el valor de reflectancia de 50% que se utilizó en los cálculos para paredes ya contempla el utilizar pinturas color blanco mate en éstas.

El caso de la oficina de medicamentos controlados sirve también para comentar sobre la posición de las personas que realizan las tareas y los equipos de trabajo. Un buen nivel de iluminación no cumplirá con sus objetivos funcionales, de seguridad y de salud, si no se toma en cuenta que las personas y objetos deben de estar colocados de manera que no se causen sombras o se favorezca el deslumbramiento. Por ejemplo, la Figura 3.31 muestra el caso en el que una incorrecta colocación de la luminaria con respecto al lugar y posición de trabajo crea una sombra (escenario A). Este problema no se presenta si existe una adecuada posición de la luminaria (escenario B).

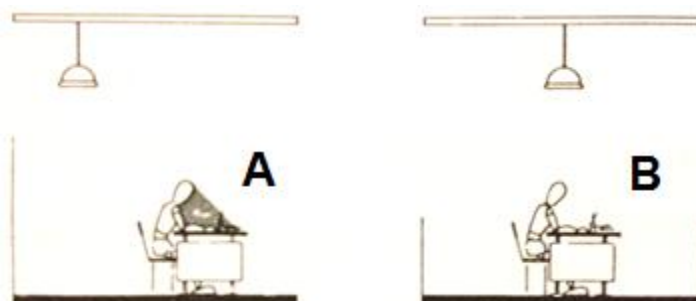


Figura 3.31. Colocación de las luminarias con respecto al plano de trabajo.

Fuente: Vittorio Re. Iluminación interna.

Finalmente, a continuación se presenta la forma en que por medio del uso de tubos LED también puede iluminarse la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31 dando cumplimiento a lo establecido en las normas NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2004.

La Figura 3.32 muestra el resultado de la iluminación cuando se utilizan 2 tubos LED T5 y éstos se colocan 0.6 m por debajo del nivel de techo. Con esta configuración se logra proporcionar una iluminación promedio mayor a los 300 lx requeridos por la norma NOM-025-STPS-2008 y tener una DPEA de 11.18 W/m² que cumple con el requerimiento de ser menor a los 14 W/m² establecidos en la norma NOM-007-ENER-2004.

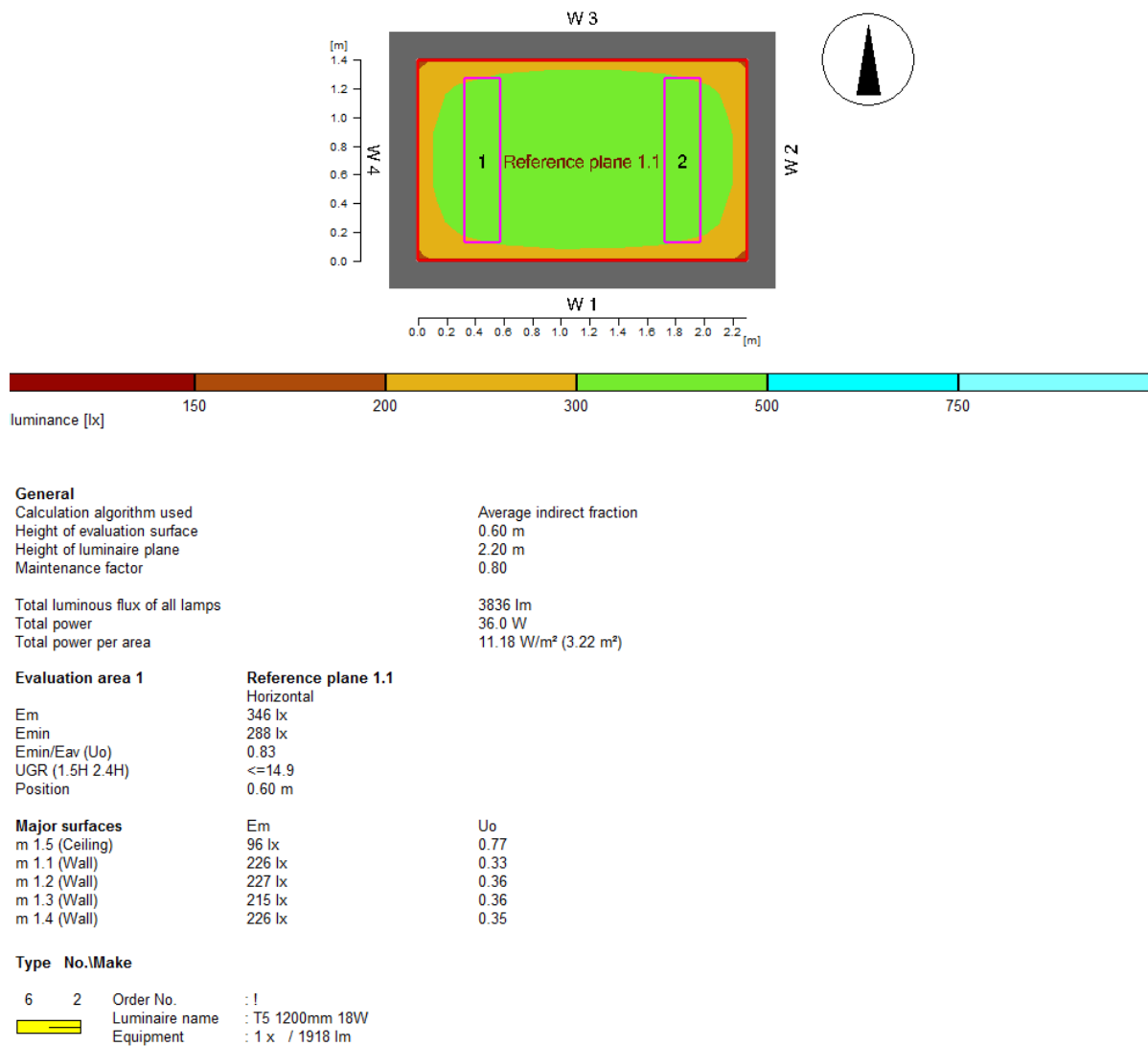


Figura 3.32. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

Vale la pena mencionar que en la Figura 3.32 puede observarse que los valores de iluminación cercanos a las paredes a la altura del plano de trabajo están por debajo de los 300 luxes. Esto no se considera un incumplimiento de la NOM-025-STPS-2008 ya que en estos espacios no se encuentra ni el personal ni los elementos de trabajo. Por ejemplo, normalmente las computadoras portátiles o de escritorio suelen estar por lo menos entre 30 y 50 cm separados de las paredes. De igual manera, otros trabajos de escritorio se realizan con dicho tipo de separación de las paredes.

Por lo que se refiere a la altura de las luminarias, al colocarse los tubos LED a 0.6 m del techo, éstos estarán a una altura de 2.2 m del suelo. Por lo tanto, aunque ésta se considera una altura apropiada, es necesario asegurarse de que esto no será un problema para las actividades que se realicen en la oficina.

En cuanto al uso de tubos LED T5, mientras que otras opciones también pueden utilizarse para cumplir con la NOM-025-STPS-2008, y muy probablemente para cumplir también con la norma NOM-007-ENER-2004, el uso de los tubos LED T5 se propone debido a que, como se verá más adelante, éstos son los que se propone utilizar en los pisos de ventas de las sucursales. Lo anterior debido a que tienen un menor consumo de energía con respecto a los tubos fluorescentes y a que son más económicos que las luminarias LED que actualmente pueden encontrarse en el mercado.

Un punto más que cabe mencionar sobre las soluciones propuestas es que, al funcionar las sucursales del grupo farmacéutico en horarios donde ya no hay luz natural, se busca que también se cumpla con los niveles de iluminación en dichos periodos. Por lo anterior, no se propone la apertura de ventanas o espacios en el techo que, además de no ser viables en la mayoría de los casos, no ayudarían a la iluminación cuando no haya luz natural.

Lo anterior no significa que la luz natural no se aproveche para la iluminación de las sucursales del grupo farmacéutico. Sin embargo, lo anterior se encuentra limitado por: 1) la arquitectura propia de las sucursales, donde la mayoría de los espacios se encuentran al interior de las mismas con excepción del piso de ventas; y 2) la cobertura con materiales translucidos de los ventanales del piso de ventas con objetivo de disminuir el calentamiento que causan los rayos del sol y también con la intención de utilizar dichos materiales como anuncios para promocionar los productos y servicios el grupo farmacéutico.

3.3.1.2 Oficina de gerencia de la sucursal 31

En la Figura 3.33 se muestra un plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 31. En ésta pueden observarse las dimensiones de la misma, la posición de las luminarias y los puntos de medición que se utilizaron para realizar el estudio de niveles de iluminación.

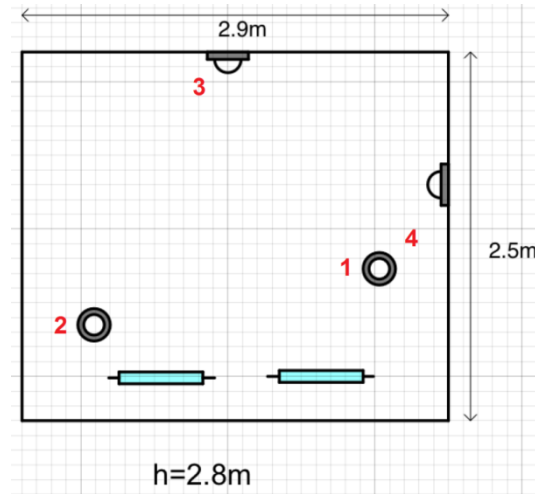


Figura 3.33. Plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 31.

Fuente: Grupo farmacéutico.

Los resultados del estudio realizado a la oficina de gerencia se muestran en la Tabla 3.10. Al igual que en el caso anterior, dicho estudio se realizó con base en lo dispuesto en los apéndices A y B de la NOM-025-STPS-2008.

Punto de medición	Hora	Medición (lx)		Factor de reflexión	
		Superficie	Reflejo		
1	Escritorio	19:21	339.42	52.22	15.38%
2	Fax	19:21	282.36	30.94	10.96%
3	Pared frontal	19:22	117.01	88.00	75.21%
4	Pared lateral	19:22	276.56	235.95	85.31%

Tabla 3.10. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia de la sucursal 31.

Fuente: Grupo farmacéutico.

En la Tabla 3.10 se destaca en color rojo que los niveles de iluminación medidos en 3 de las 4 superficies están por debajo de los 300 luxes que define la NOM-025-STPS-2008 para áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas. Asimismo, los factores de reflexión que se obtuvieron en los puntos de medición de las paredes lateral y frontal se encuentran por encima del 60%, que es el valor máximo permitido de acuerdo con la tabla 2 de la NOM-025-STPS-2008.

En la Figura 3.34 se muestra la simulación en el programa Relux del escenario actual de la oficina de gerencia de la sucursal 31.

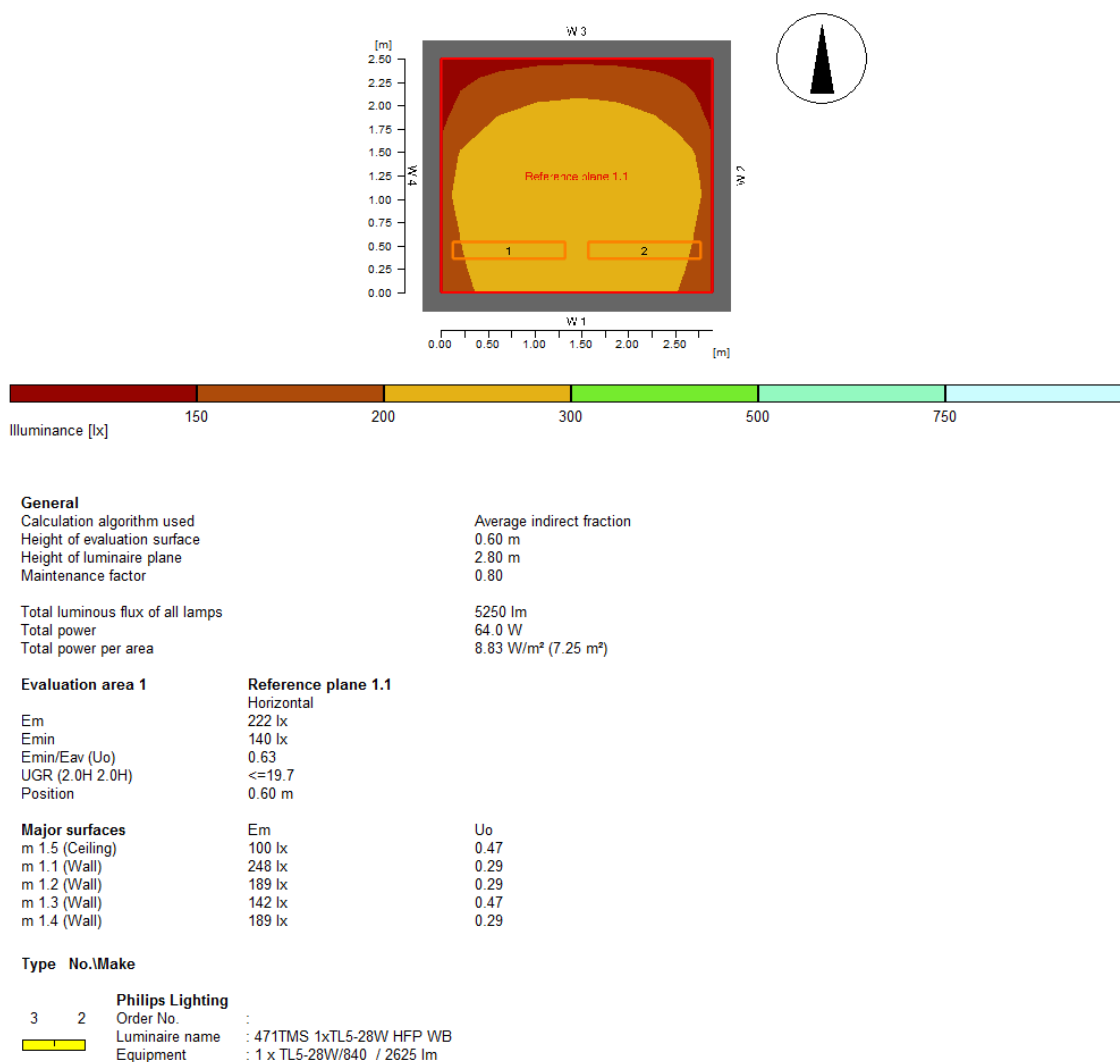


Figura 3.34. Simulación del escenario actual de la oficina de gerencia de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 3.34 puede observarse que con las luminarias actuales no se llega a niveles de iluminación de 300 lx sobre el plano de trabajo, lo que confirma las lecturas tomadas en el estudio realizado.

Para cumplir con los niveles de iluminación, en este caso también se propone el uso de tubos LED T5. El análisis del uso de dichos tubos realizado con el programa Relux se presenta en la Figura 3.35.

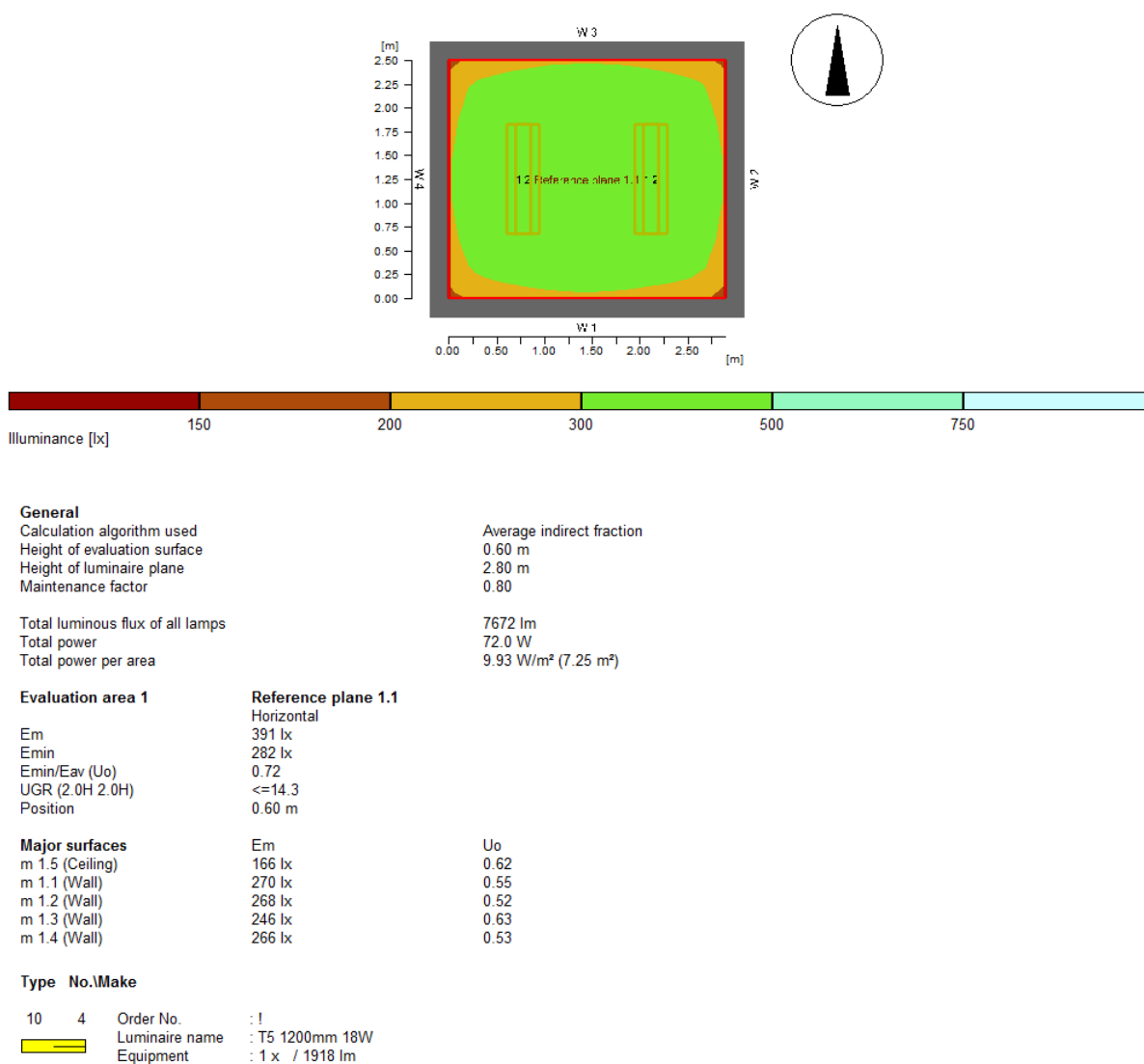


Figura 3.35. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura, el uso de dos luminarias con dos Tubos LED T5 cada una, proporciona niveles de iluminación promedio superiores a los 300 lx y la DPEA es menor a los 14 W/m².

El resultado anterior se compara a continuación con el que se obtiene al también analizar la propuesta de redistribuir y aumentar el número de las luminarias fluorescentes actuales y que se muestra en la Figura 3.36.

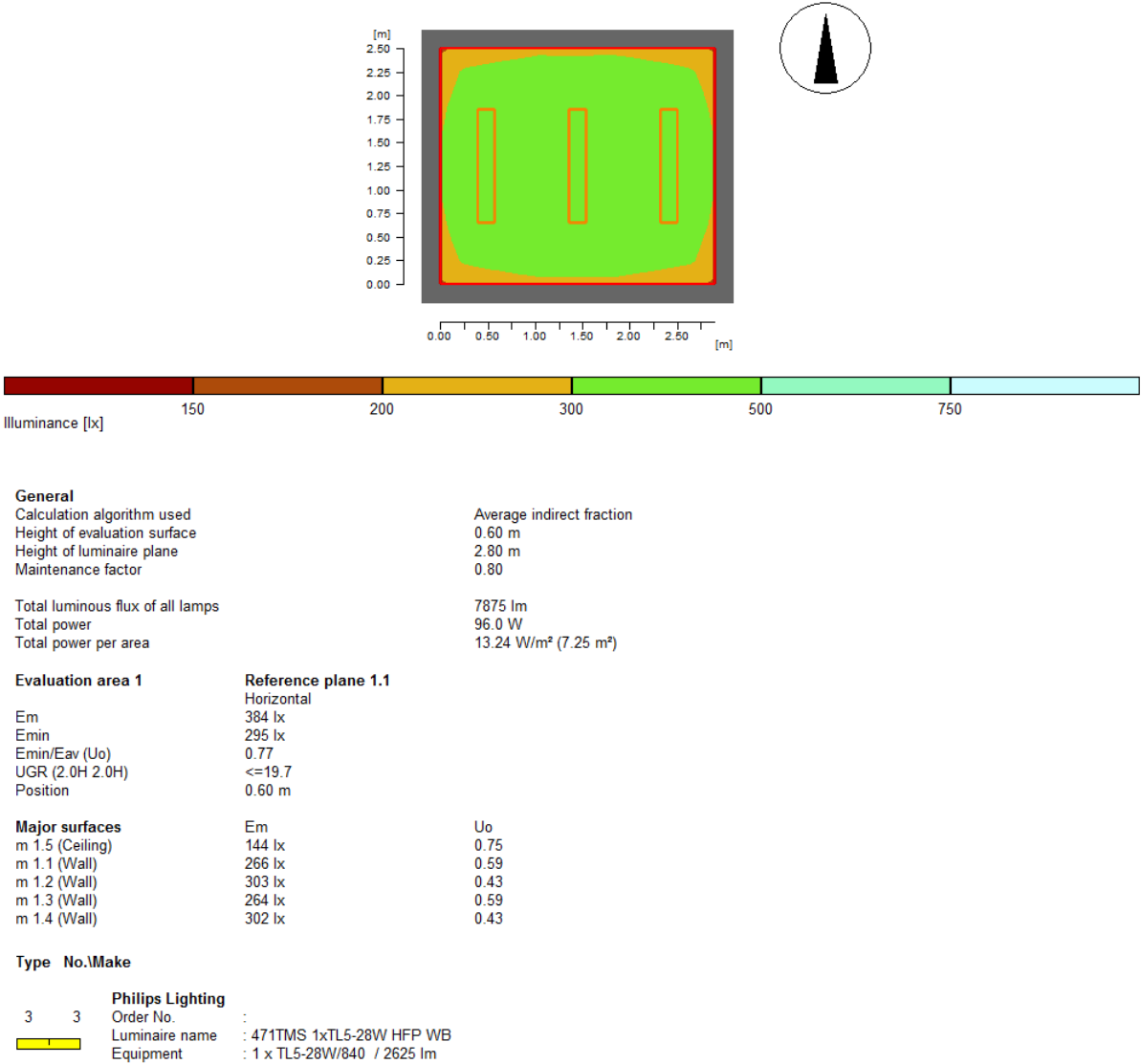


Figura 3.36. Redistribución y aumento del número de las luminarias actuales de la oficina de gerencia de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

La comparación de estos dos escenarios sirve para mostrar que, mientras que en ambos casos se cumple con el requisito de proporcionar un nivel de iluminación promedio de 300 lx y una DPEA menor a 14 W/m², en el caso de los tubos LED T5 la potencia utilizada es de 72 W, mientras que en el de los tubos fluorescentes es de 96 W. Esto es, en este caso, el uso de tubos LED T5 representa una disminución del 25% en el consumo de energía con respecto al uso de tubos fluorescentes.

Como se mencionó anteriormente, el uso de los tubos LED T5 se propone además debido a que éstos son los que se plantea utilizar en los pisos de ventas de las sucursales.

Con respecto a los niveles de reflectancia que se tienen en las paredes, al igual que en el caso de la oficina de medicamentos controlados, la recomendación es utilizar pinturas mate blanco en las paredes para reducir el nivel y cumplir con lo establecido en la norma NOM-025-STPS-2008.

A continuación se presentan dos casos más del uso del programa Relux para ejemplificar el uso de tubos LED T5 para cumplir con la norma NOM-025-STPS-2008 en aquellos espacios de las sucursales del grupo farmacéutico donde se identificó que actualmente esto no sucede así.

3.3.1.3 Oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6

En la Figura 3.37 se muestra un plano sencillo de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6 donde se incluyen las dimensiones de la misma, la posición de las luminarias y los puntos de medición que se utilizaron para realizar el estudio de niveles de iluminación.

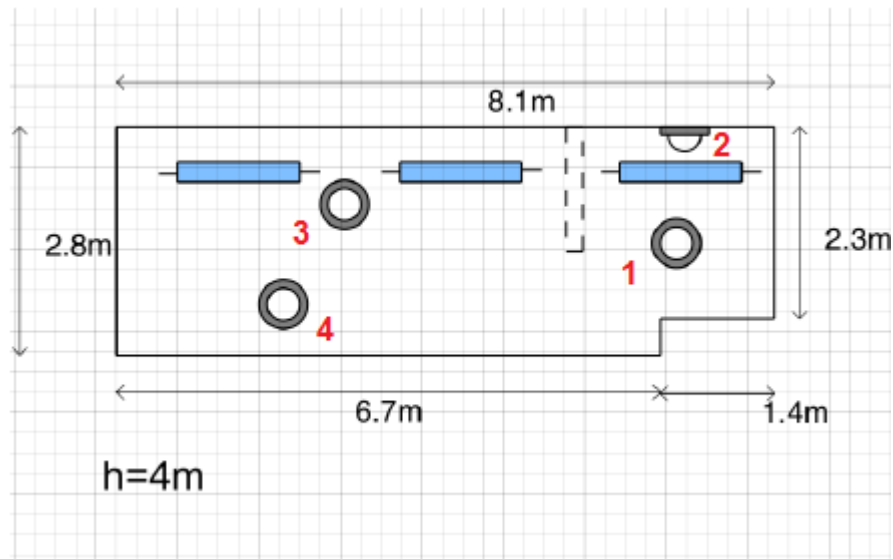


Figura 3.37. Plano sencillo de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.
Fuente: Grupo farmacéutico.

Los resultados del estudio realizado a dicha oficina se muestran en la Tabla 3.11.

Punto de medición	Hora	Medición (lx)		Factor de reflexión	
		Superficie	Reflejo		
1	Puesto de trabajo 1	19:12	157.62	55.119	34.97%
2	Pared lateral	19:13	156.65	116.04	74.07%
3	Puesto de trabajo recibo	19:14	169.23	75.9095	44.86%
4	Pasillo recibo	19:15	178.90	16.439	9.19%

Tabla 3.11. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.

Fuente: Grupo farmacéutico.

En la Figura 3.38 se muestra la simulación en el programa Relux del escenario actual de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.

Con respecto a los niveles de iluminación obtenidos en la simulación realizada con el programa Relux, cabe mencionar que éstos son mayores a los que se reportaron en el estudio realizado. Esto puede observarse en la Figura 3.38 donde la zona principal de

color café claro corresponde a niveles de iluminación con valores comprendidos entre los 200 y los 300 lx. En la Tabla 3.11 ningún valor es superior a los 200 lx. Lo anterior permite resaltar la importancia de validar en la práctica los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas con el programa Relux por un lado, y por el otro, la relevancia de mantener los equipos de iluminación limpios y en buen estado.

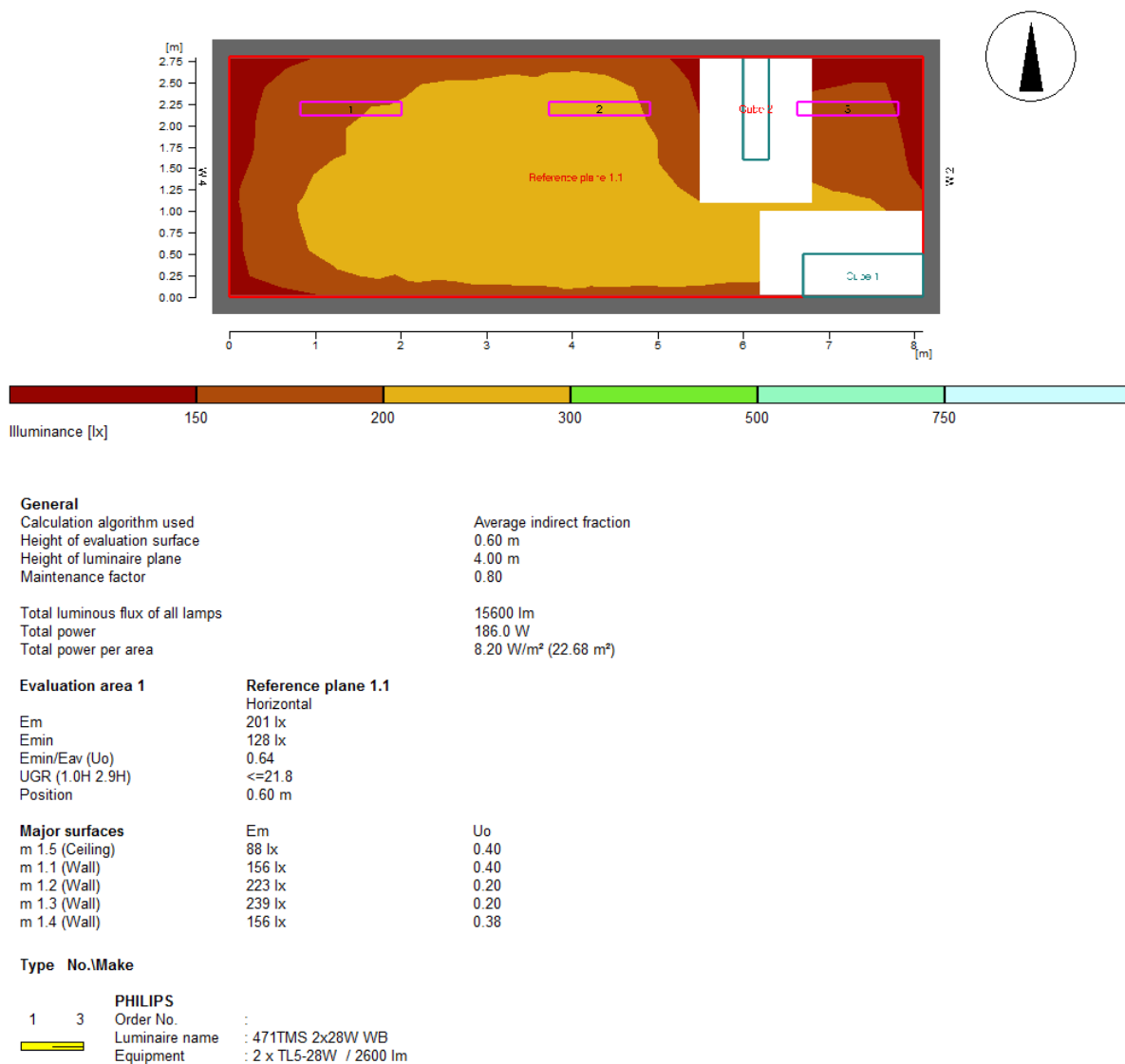


Figura 3.38. Simulación del escenario actual de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los espacios en blanco que se observan en la Figura 3.38, éstos se deben a que el programa Relux no reporta niveles de iluminación dentro de cuerpos sólidos, como es de esperarse, ni en una pequeña zona cercana a ellos, lo cual puede considerarse como una pequeña limitación del programa.

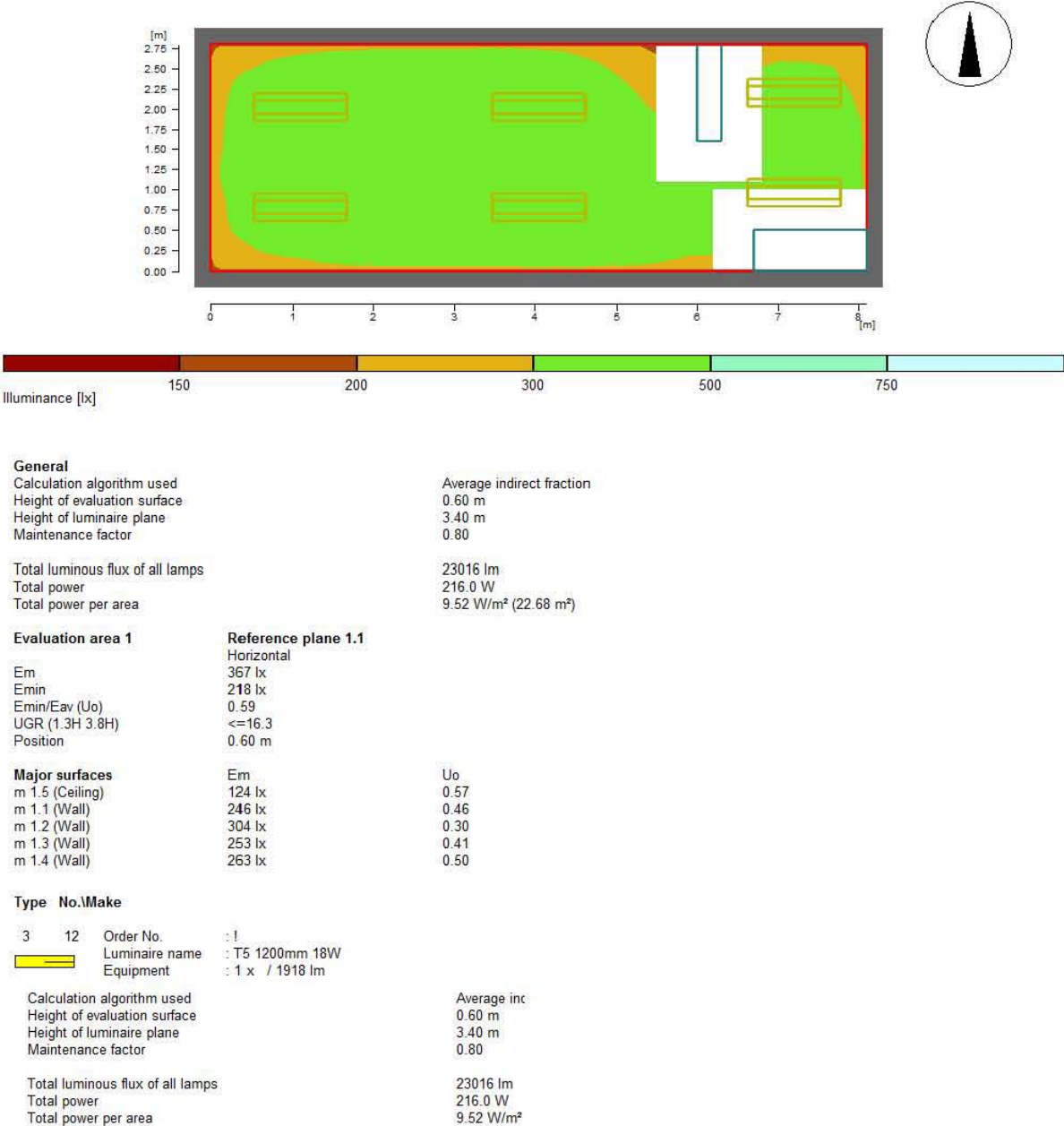


Figura 3.39. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta de utilizar tubos LED T5 para cumplir con los niveles de iluminación en la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6 se muestra en la Figura 3.39. En este caso se propone colocar las luminarias colgando a 40 cm del techo para contar con niveles de iluminación en el plano de trabajo iguales o mayores a 300 lx.

Con respecto a los niveles de reflectancia que se tienen en la pared lateral, como se mencionó en los casos anteriores, la recomendación es utilizar pinturas mate blanco en las paredes para reducir los niveles de reflectancia y cumplir con lo establecido en la norma NOM-025-STPS-2008.

3.3.1.4 Oficina de gerencia de la sucursal 24

La Figura 3.40 muestra un plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 24 con las dimensiones de la misma, la posición de las luminarias y los puntos de medición que se utilizaron para realizar el estudio de niveles de iluminación.

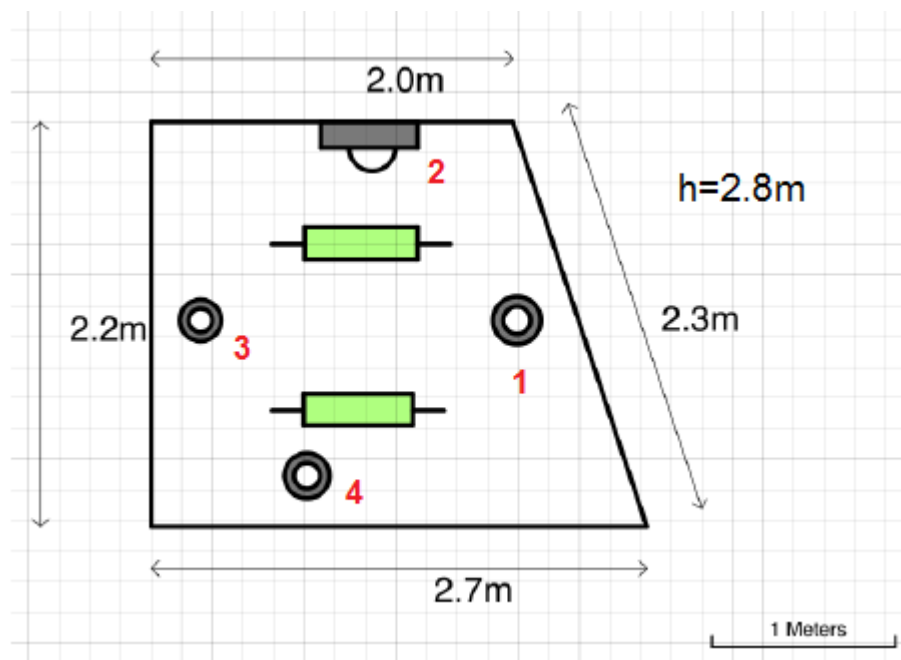


Figura 3.40. Plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 24.

Fuente: Grupo farmacéutico.

Los resultados del estudio realizado a esta oficina se muestran en la Tabla 3.13.

Punto de medición	Hora	Medición (lx)		Factor de reflexión	
		Superficie	Reflejo		
1	Escritorio	21:26	374.42	59.95	16.01%
2	Pared	21:27	469.00	382.93	81.65%
3	Gabinete	21:27	865.47	81.23	9.39%
4	Escritorio 2	21:27	457.39	73.49	16.07%

Tabla 3.12. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia de la sucursal 24.

Fuente: Grupo farmacéutico.

Como puede observarse, en este caso el único valor que se encuentra fuera de lo establecido en la norma NOM-025-STPS-2008 es el factor de reflexión medido en una de las paredes. Sin embargo, además corregir lo anterior, en este caso se propone también bajar el nivel de iluminación al estar éste muy por encima de lo requerido para las tareas de oficina y representar además un gasto innecesario de energía.

La propuesta de usar tubos LED T5 para disminuir los niveles de iluminación en la oficina de gerencia de la sucursal 24 se muestra en la Figura 3.41. En ésta puede observarse que los niveles de iluminación son mayores a los 300 lx en la mayor parte del plano de trabajo, con excepción de las pequeñas zonas de las esquinas y, en particular, de la esquina inferior izquierda. Lo anterior no se considera un problema al no ser estas zonas lugares donde se puedan colocar elementos de trabajo como escritorios o equipos de cómputo.

Otro punto a comentar sobre los resultados que se muestran en la Figura 3.41 es que las tres luminarias LED propuestas utilizan menos potencia, 54 W, que las dos luminarias fluorescentes actuales, 72 W (64 W de las lámparas y 8 W de los balastos). Esto permite eliminar el gasto innecesario de energía.

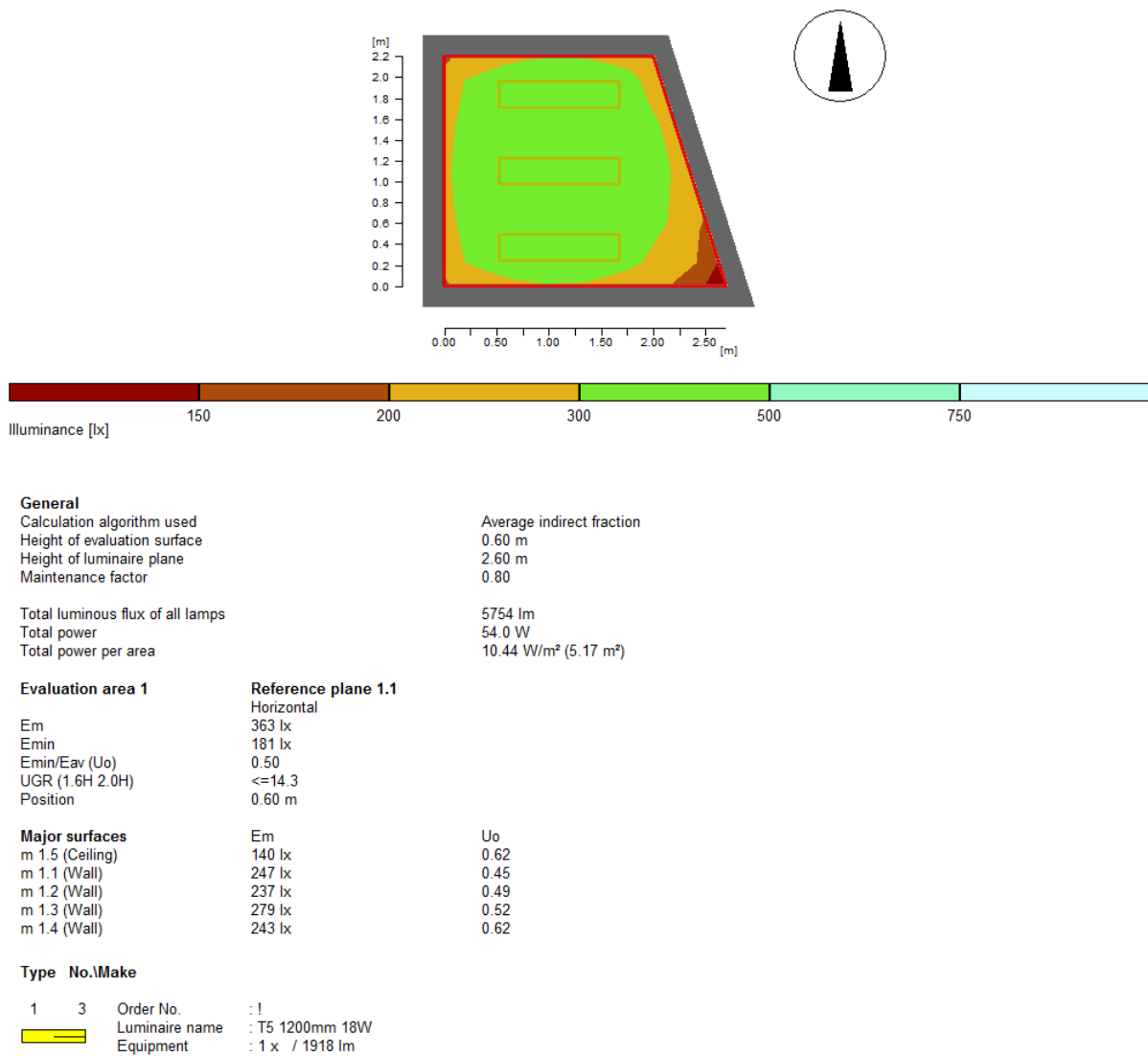


Figura 3.41. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia de la sucursal 24.

Fuente: Elaboración propia.

También vale la pena mencionar que, tanto en el escenario actual como en el propuesto, las luminarias se encuentran colgando ya que no pueden instalarse directamente sobre la techumbre que en este caso cubre a la oficina de gerencia. En el caso de la propuesta, se recomienda colocar las luminarias a 20 cm de la techumbre para no favorecer el deslumbramiento causado por la reflexión en paredes, además de utilizar pinturas mate blanco en las paredes.

Los análisis y propuestas realizadas a las cuatro oficinas presentadas en esta sección permiten establecer los procedimientos a seguir para asegurar el cumplimiento de las normas NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2004 en los distintos espacios de trabajo de las sucursales del grupo farmacéutico. En la siguiente sección se presentan los análisis y recomendaciones para hacer un uso más eficiente de la energía en los pisos de venta.

3.3.2 PROPUESTAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA LOS PISOS DE VENTAS

Desde el punto de vista energético, cerca del 20% del consumo eléctrico de las sucursales del grupo farmacéutico corresponde a la energía utilizada para iluminar los pisos de ventas. El uso de lámparas y luminarias más eficientes en estas áreas supone un ahorro significativo en el consumo y costo de la energía eléctrica.

Desde el punto de vista comercial, los pisos de ventas son parte fundamental de la imagen del grupo farmacéutico. El uso de tecnologías nuevas y amigables con el medio ambiente, manteniendo los niveles de iluminación requeridos para llamar la atención de los clientes, fortalecen la imagen del grupo farmacéutico como empresa moderna y comprometida con el medio ambiente.

En cuanto a las multas relacionadas con los niveles de iluminación, la NOM-025-STPS-2008 no menciona explícitamente un nivel mínimo de iluminación para este tipo de áreas. Sin embargo, considerando que las principales actividades visuales en los pisos de ventas son:

- Almacenaje
- Recepción y despacho
- Zona de tránsito de personas

El valor mínimo establecido por la norma es de 200 lx. Si se considera como una actividad de oficina el cobro de mercancías que se realiza en los pisos de ventas, el nivel mínimo requerido de acuerdo con la norma es de 300 lx.

Sin embargo, como se menciona en la Guía de Iluminación Eficiente en Comercio de la Conuee, hay tres retos principales para la iluminación de áreas comerciales:

- La Iluminación debe atraer clientes. La iluminación crea una impresión inmediata de las mercancías y una apariencia del área (vitrina o interior de tienda) que lleva al cliente hacia la mercadería donde el proceso de venta comienza.
- La Iluminación debe permitir que el cliente evalúe el producto. El cliente deberá poder visualmente evaluar características del producto como: textura, color y calidad, así como leer etiquetas.
- La Iluminación debe facilitar la finalización de la venta. El personal de ventas deberá poder rápida y precisamente llevar a cabo servicios tales como registro de ventas, lectura de precios, transacciones de tarjetas de crédito y empaques.

Puede decirse que el primero de los puntos arriba mencionados es el que en gran medida ocasiona que en muchos comercios los niveles de iluminación se encuentren muy por encima de los 300 lx. De hecho, en la literatura puede encontrarse que para supermercados, tiendas departamentales, etcétera, se recomiendan niveles de 500 a 1,000 lx.

Con base en lo anterior, en este trabajo se considera que con niveles mínimos de 500 lx se cumple con los objetivos de normatividad, funcionalidad y mercadotecnia requeridos para los pisos de ventas y, además, se contribuye a un uso más eficiente de la energía al no utilizarse más de la necesaria.

Cabe mencionar que en los estudios realizados al grupo farmacéutico se observó que los niveles de iluminación actuales de los pisos de ventas varían de un mínimo de 400 lx a un máximo de 1,000 lx. Lo anterior implica que: 1) actualmente se está en cumplimiento de la normatividad considerando 300 lx como el valor mínimo requerido; y 2) algunos pisos de ventas operan ya con valores menores a 500 lx sin que esto haya sido un problema en cuanto a la funcionalidad y mercadotecnia se refiere.

Con respecto a la norma NOM-007-ENER-2004, ésta establece que la DPEA no debe exceder 20 W/m^2 para establecimientos comerciales: tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades.

A continuación se presenta el desarrollo del análisis que se realizó para el piso de ventas de la sucursal 31, y que posteriormente también se utilizó para los pisos de ventas de las sucursales 6, 24 y 26.

Partiendo del escenario actual de la sucursal 31, el cual se muestra en la Figura 3.42, se realizó la simulación de varios escenarios por medio del programa Relux.



Figura 3.42. Simulación del piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

La información técnica y precios de las lámparas y luminarias utilizadas en los distintos escenarios, incluyendo los casos de las sucursales 6, 24 y 26, es la siguiente:

Tecnología	T5 Fluorescente	T5 Fluorescente	LED	LED	Tubo LED	Tubo LED
Lámpara	1 x T5-28W	2 x T5-28W	LED	LED	LED	LED
Luminaria	471TMS 1xTL5-28W HFP WB	471TMS 2xTL5-28W HFP WB	CS14-22L- 40K-10V	CS14-40L- HE-40K	1 T5 Tubo LED 1.20m	2 T5 Tubo LED 1.20m
Marca	Philips	Philips	Cree	Cree	Tecnología Esencial	Tecnología Esencial
Consumo (W)	32	62	20	35	18	36
Flujo (lm)	2,625	5,250	2,052	4,074	1,918	3,836
Eficacia (lm/W)	82.03	82.98	102.60	116.40	106.66	106.66
Costo Luminaria (\$)	120.00	280.00	3,564.00	4,752.00	120.00	280.00
Costo Lámparas (\$)	50.00	100.00	N/A	N/A	726.00	1,452.00
Balastro (\$)	100.00	100.00	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabla 3.13. Información técnica y económica de las lámparas y luminarias utilizadas en las simulaciones realizadas con el programa Relux.

Fuente: Elaboración propia con información del programa Relux e información obtenida de las páginas Web de la compañías Philips, Cree y Tecnología Esencial.

Las lámparas y luminarias se eligieron por las siguientes razones:

- T5 Fluorescente – Debido a que no se cuenta con la información fotométrica de las luminarias actualmente utilizadas, se eligieron las luminarias Philips para las simulaciones por ser las más semejantes a las reales. Para los análisis económicos se consideró el precio de las luminarias reales.
- LED – Tienen una mayor eficacia luminosa (mayor número de lúmenes por watt) y, por tanto, un menor consumo de energía eléctrica que los tubos T5 fluorescentes. La luminarias LED marca Cree ofrecen información completa y detallada sobre sus características fotométricas y son un ejemplo de las que pueden encontrarse en el mercado.

- Tubo LED – Tienen una eficacia luminosa que se ubica entre las lámparas T5 fluorescentes y las luminarias LED, pero tienen un menor costo que estas últimas. Además, reemplazan directamente a las lámparas T5 fluorescentes. Los tubos LED T5 de la compañía Tecnología Esencial se seleccionaron para las simulaciones ya que sus características técnicas y precios, obtenidos por medio de cotizaciones, corresponden al promedio de los que pueden encontrarse en el mercado.

Los escenarios que se simularon partieron del escenario real. En el primer grupo de simulaciones se utilizaron las lámparas fluorescentes T5 y sus correspondientes luminarias. En el segundo grupo se usaron las luminarias LED. En el último grupo se emplearon los tubos LED T5 suponiendo que éstos se montan en las mismas luminarias que se usan para las lámparas fluorescentes T5. Vale la pena mencionar que en este último caso la luminaria realmente sólo se usa para el montaje de los tubos LED T5 y no para dirigir (reflejar) la luz de los mismos. Esto se debe a que en los tubos LED T5 el arreglo de LEDs está hecho de manera que la luz sea dirigida hacia una dirección dada.

La Figura 3.43 muestra el resultado de las simulaciones realizadas para el piso de ventas de la sucursal 31.

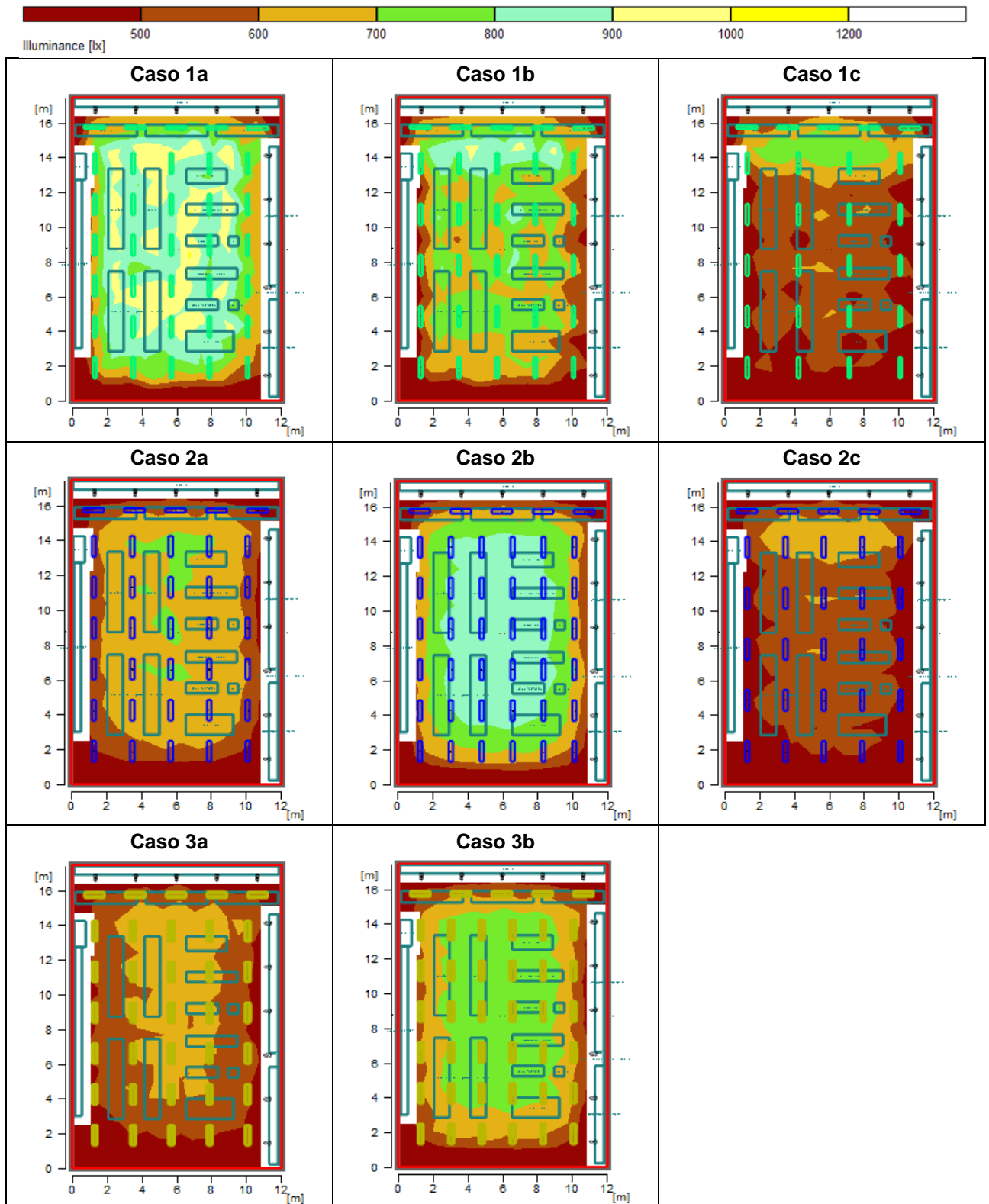


Figura 3.43. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

En la parte superior de la Figura 3.43 se encuentra el intervalo de valores a los que corresponde cada color. Asimismo, en dicha figura también puede observarse que existen pequeñas áreas pegadas a las esquinas y a las entradas de los pisos de ventas donde los niveles de iluminación son bajos. Esto no se considera un problema ya que en estos espacios no se realizan actividades relevantes.

Con respecto a los escenarios mostrados en la Figura 3.43, el primero de ellos, el “1a”, corresponde a la simulación del escenario real. A partir de éste se analizaron los casos que cumplen con el objetivo de 500 lx al utilizar menos lámparas o al usar lámparas más eficientes (luminarias LED o tubos LED T5). Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

	Caso 1a	Caso 1b	Caso 1c
Escenario	Similar al actual	Reducción a 30 luminarias	Reducción a 25 luminarias
Tecnología	T5 Fluorescente		
Lámparas	2 x TL5-28W		
Luminaria	471TMS 2xTL5-28W HFP WB		
Marca	Philips		
Consumo (W)	62		
Flujo (lm)	5,250		
Eficacia (lm/W)	82.98		
Número de luminarias	35	30	25
Flujo total (lm)	183,750	157,500	131,250
Consumo total (kW)	2.17	1.86	1.55
Consumo por área (W/m ²)	10.32	8.85	7.37
Em	786	667	535
Emin	287	263	231
Uo	0.37	0.39	0.43
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación alta	Iluminación normal	Iluminación muy baja
Modificaciones	Ninguna	Reducción de luminarias	Reducción de luminarias

Tabla 3.14. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.

Fuente: Elaboración propia.

	Caso 2a	Caso 2b	Caso 2c
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias LED	Aumento a 41 luminarias	Reducción a 30 luminarias
Tecnología	LED		
Lámparas	LED		
Luminaria	CS14-40L HE-40K		
Marca	Cree		
Consumo (W)	35		
Flujo (lm)	4,074		
Eficacia (lm/W)	116.40		
Número de luminarias	35	41	30
Flujo total (lm)	142,590	167,034	122,220
Consumo total (kW)	1.23	1.44	1.05
Consumo por área (W/m ²)	5.83	6.82	4.99
Em	610	729	542
Emin	241	273	270
Uo	0.40	0.38	0.50
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación normal	Iluminación alta	Iluminación muy baja
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias	Cambio y menos luminarias

Tabla 3.15. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con luminarias LED.

Fuente: Elaboración propia.

	Caso 3a	Caso 3b
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias	Aumento a 41 luminarias
Tecnología	Tubo LED	
Lámparas	T5 Tubo LED 1.20m	
Luminaria	Similar a la de lámparas fluorescentes	
Marca	Tecnología Esencial	
Consumo (W)	36	
Flujo (lm)	3,836	
Eficacia (lm/W)	106.66	
Número de luminarias	35	41
Flujo total (lm)	134,260	157,276
Consumo total (kW)	1.26	1.48
Consumo por área (W/m ²)	5.99	7.02
Em	547	654
Emin	209	235
Uo	0.38	0.36
Diagnóstico	Cumple	Cumple
Iluminación	Iluminación baja aceptable	Iluminación normal
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias

Tabla 3.16. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con tubos LED T5.

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, para el piso de ventas de la sucursal 31, los siguientes casos cumplen con el objetivo buscado y con lo establecido en la norma NOM-007-ENER-2004 (DPEA):

	Caso 1a	Caso 1b	Caso 2a	Caso 2b	Caso 3a	Caso 3b
Tecnología	T5 Fluorescente	T5 Fluorescente	LED	LED	Tubo LED	Tubo LED
Número de luminarias	35	30	35	41	35	41
Flujo total (lm)	183,750	157,500	142,590	167,034	134,260	157,276
Consumo total (kW)	2.17	1.86	1.23	1.44	1.26	1.48
Consumo por área (W/m ²)	10.32	8.85	5.83	6.82	5.99	7.02
Modificaciones	Ninguna	Reducción de luminarias	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias

Tabla 3.17. Propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para el piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes tablas se presentan los casos que, de acuerdo con el análisis realizado, cumplen técnicamente con el objetivo buscado para los pisos de venta de las sucursales 6, 24 y 26. Los detalles de las simulaciones realizadas se presentan en el Apéndice A.

Piso de ventas de la sucursal 6					
	Caso 1a	Caso 1b	Caso 2a	Caso 2b	Caso 3b
Tecnología	T5 Fluorescente	T5 Fluorescente	LED	LED	Tubo LED
Número de luminarias	45	39	45	53	53
Flujo total (lm)	234,000	202,800	183,330	215,922	203,308
Consumo total (kW)	2.79	2.42	1.58	1.86	1.91
Consumo por área (W/m ²)	9.92	8.59	5.60	6.59	6.78
Modificaciones	Ninguna	Reducción de lámparas	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias	Cambio y más luminarias

Piso de ventas de la sucursal 24				
	Caso 1a	Caso 1b	Caso 2b	Caso 3b
Tecnología	T5 Fluorescente	T5 Fluorescente	LED	Tubo LED
Número de luminarias	62	54	37	42
Flujo total (lm)	162,750	141,750	150,738	161,112
Consumo total (kW)	1.98	1.73	1.30	1.51
Consumo por área (W/m ²)	9.98	8.69	6.51	7.61
Modificaciones	Ninguna	Reducción de lámparas	Cambio a luminarias de mayor potencia	Cambio a luminarias de mayor potencia

Piso de ventas de la sucursal 26				
	Caso 1a	Caso 1b	Caso 2b	Caso 3b
Tecnología	T5 Fluorescente	T5 Fluorescente	LED	Tubo LED
Número de luminarias	74	64	49	49
Flujo total (lm)	194,250	168,000	199,626	187,964
Consumo total(kW)	2.37	2.17	1.72	1.76
Consumo por área (W/m ²)	10.77	9.31	7.80	8.02
Modificaciones	Ninguna	Reducción de lámparas	Cambio a luminarias de mayor potencia	Cambio a luminarias de mayor potencia

Tabla 3.18. Propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para los pisos de ventas de la sucursales 6, 24 y 26.

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar si las propuestas realizadas para los pisos de ventas de las sucursales y resumidas en las tablas anteriores son económicamente viables, en el Capítulo 4 se presenta el análisis económico de las mismas, junto con el realizado para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico interconectado. Esta última se presenta a continuación.

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTERCONECTADO

De acuerdo con el Capítulo 1, existen diferentes fuentes de energía alterna que nos ayudan a la generación de electricidad, como lo son la biomasa, la energía mareomotriz, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía geotérmica y la energía solar.

Como propuesta de uso de energías alternas dentro del grupo farmacéutico se propone hacer uso de éstas para abastecer de electricidad a las sucursales del grupo farmacéutico. Para ejemplificar y mostrar el análisis del sistema de autoabastecimiento solar propuesto, éste se realiza y presenta para una sucursal, dado que evaluar más sale del alcance de este trabajo académico. Para ello, se ha escogido la sucursal que se encuentra ubicada en el Centro Comercial Santa Fe en la delegación Cuajimalpa en el Distrito Federal.

La sucursal se eligió debido a su ubicación geográfica y a que además está libre de edificios a su alrededor. También, el sitio elegido resulta atractivo para el desarrollo de un proyecto innovador por ser el centro comercial un lugar moderno y muy visitado, que puede servir para que el grupo farmacéutico incorpore a su imagen corporativa el uso de fuentes renovables de energía y esto aporte prestigio al grupo

Con respecto a las fuentes de energía alterna, se hizo un análisis de éstas, llegando a la conclusión de que la mejor opción, y posiblemente la única viable para este escenario, es la energía solar.

La propuesta es entonces utilizar la energía solar a través de celdas solares fotovoltaicas dado que la emisión de radiación solar es diaria, inagotable y consistente en promedio de acuerdo con la época del año.

Se formula la captación de energía solar como una forma alternativa, renovable, limpia, sin contaminación o residuos al planeta.¹⁵ Además, se tiene la ventaja de que, debido a la ubicación de la sucursal ningún edificio cubrirá los rayos solares. Esto permite colocar varios arreglos de celdas solares fotovoltaicas en el techo de la sucursal haciendo uso de este espacio muerto y también respetando las medidas necesarias de colocación de cada arreglo en cuanto a la inclinación y separación requeridos para el máximo aprovechamiento de las celdas.

Los arreglos de celdas solares fotovoltaicas generarán gran parte del consumo total de energía eléctrica para la sucursal elegida, lo cual acarrea un ahorro para el grupo farmacéutico a corto plazo, apegándonos a la normatividad y haciendo uso de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). Con dicha ley se puede hacer un contrato para la interconexión de la fuente de energía alterna con el proveedor de energía eléctrica, CFE en este caso, para conmutar compra y venta de energía en beneficio del grupo farmacéutico, comprando en horas donde no hay generación como en la noche y vendiendo en las horas donde hay una generación excedente, como a pleno día. Asimismo, se evita la necesidad de tener que contar con un sistema de almacenamiento de energía a base de bancos de baterías.

3.3.3.1 Lugar de la propuesta

La sucursal elegida es la 41 que, como se mencionó, se encuentra en el Centro Comercial Santa Fe. Éste se encuentra ubicado en la Delegación Cuajimalpa de la Ciudad de México en el Distrito Federal.

La ubicación de la sucursal dentro del centro comercial puede observarse en la Figura 3.44.

¹⁵ Como se mencionó en la sección “1.4.2 Fuentes de energía alternas”, en la construcción de las celdas fotovoltaicas se utilizan sustancias contaminantes. De acuerdo con el manejo de dichas sustancias, éstas influyen en el nivel de limpieza de esta forma de energía alterna al considerar a la construcción de las celdas como parte del proceso de generación de energía.

Ubicación de la sucursal Santa Fe del grupo farmacéutico

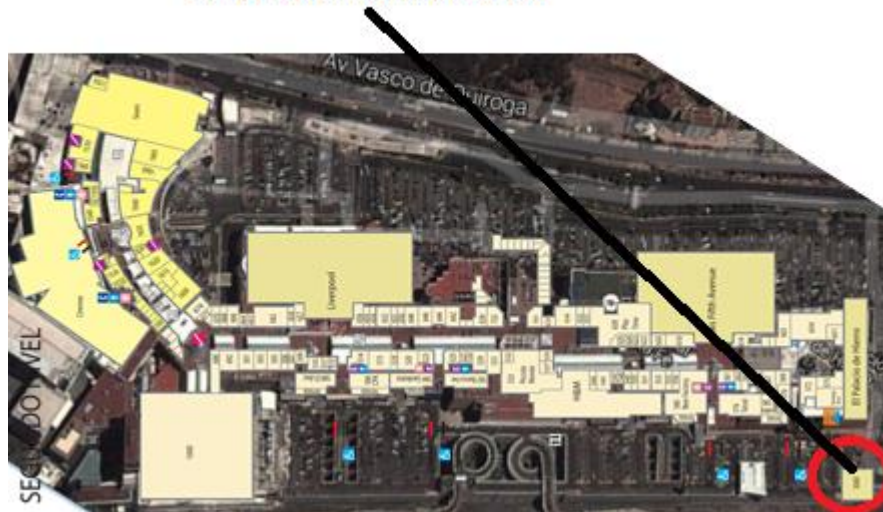


Figura 3.44. Vista satelital de la ubicación de la sucursal farmacéutica.

Fuente: Google Earth y página Internet del Centro Comercial Santa Fe:

http://www.centrosantafe.com.mx/index.cfm?pagina=localizar_local&tienda_id=903.

Consultada el 23/02/2014.

Las dimensiones del techo y otros factores específicos del lugar son condiciones para un diseño de sistema personalizado.

Un sistema fotovoltaico se compone de módulos fotovoltaicos, cables de salida, estructuras de montaje del módulo, interruptores AC y DC, inversores, equipo de puesta a tierra y sistema de medición.

La superficie disponible para este proyecto es de 22 m x 22 m, esto es, un área de 484 m².

3.3.3.2 Cálculo del número de paneles solares

Para el proyecto se propone utilizar el panel solar 9T6 420 de la compañía Helios Solar Works, debido a que es uno de los que mayor potencia proporciona. Sus características se muestran en la Tabla 3.19.

Características del Panel Helios Solar Works 9T6 420	
Dimensión (m)	1.976 x 1.310
Área (m ²)	2.58
Peso (kg)	34.02
Wp (W)	420
Eficiencia (%)	16.23

Tabla 3.19. Características del Panel Helios Solar Works 9T6 420.

Fuente: Helios Solar Works. 9T6 Series.

<http://www.heliossolarworks.com/Portals/132436/Sales/9t6.pdf>.

Consultada el 23/03/2014.

El siguiente método permite determinar qué tamaño de generador fotovoltaico se requiere para satisfacer la carga eléctrica conectada. Éste será el sistema más grande que sea rentable para instalar. Utilizando esta información y la cantidad de espacio disponible se puede tener una idea aproximada del tamaño a ocupar por los módulos fotovoltaicos.

- Paso 1

Encontrar el consumo de electricidad promedio mensual de la factura de electricidad. Este debe estar expresado en kilowatts - hora (kWh).

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Consumo (kWh)	9,405	10,299	8,470	9,648	9,114	9,928	9,240	8,685	8,843	9,450	8,757	11,021

Tabla 3.20. Consumo eléctrico mensual de la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia con los datos del recibo eléctrico emitido por CFE.

Cabe mencionar que para realizar los cálculos el consumo del primer mes fue ajustado al promedio de los demás meses, dado que fue cuando la sucursal estaba en proceso de preparación para ser abierta al público.

De la Tabla 3.20 se obtiene que el promedio de consumo mensual es de 9,405 kWh.

- Paso 2

Determinar el consumo de electricidad por día. Para ello se divide el promedio mensual de uso de kWh obtenido en el paso anterior entre 30.

$$\text{Consumo de electricidad por día} = \frac{9,405 \text{ kWh}}{30} = 313.5 \text{ kWh}$$

- Paso 3

Determinar el promedio de horas de sol pico del lugar por día. Esto se hace uso de la información de la Figura 3.45. Tomando la información de dicha figura para la Ciudad de México en el Distrito Federal se tiene que:

$$\text{Promedio de horas de sol pico al día} = 5.36 \text{ hrs}$$

- Paso 4

Establecer el tamaño del sistema (watts AC) para proporcionar el 100% de la electricidad requerida. Para ello se divide el consumo de electricidad por día entre el promedio de horas de sol al día.

$$\text{Tamaño del sistema (watts AC)} = \frac{313.5 \text{ kWh}}{5.36 \text{ hrs}} = 58.49 \text{ kW}$$

Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*		Entidad Federativa	Ciudad	Latitud norte (°)	Horas de sol pico*	
			Hor	Inc				Hor	Inc
Aguascalientes	Aguascalientes	21.88	5.78	6.10	Nayarit	Tepic	21.51	6.06	6.42
Baja California	Ensenada	31.87	5.98	6.76	Nuevo León	Monterrey	25.70	5.17	5.43
	Mexicali	32.65	5.96	6.81	Oaxaca	Oaxaca	17.06	4.88	5.01
	Tijuana	32.54	5.96	6.79	Puebla	Puebla	19.06	5.22	5.44
Baja California Sur	La Paz	24.15	6.46	6.89	Querétaro	Querétaro	20.61	5.57	5.87
	San José del Cabo	23.06	6.41	6.80	Quintana Roo	Cancún	21.16	6.01	6.32
Campeche	Campeche	19.83	5.91	6.16		Chetumal	18.51	5.85	6.09
Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	16.76	4.88	5.00	San Luis Potosí	San Luis Potosí	22.16	5.57	5.85
Chihuahua	Chihuahua	28.63	5.96	6.52	Sinaloa	Culiacán	24.82	6.05	6.52
	Ciudad Juárez	31.73	5.78	6.41		Los Mochis	25.80	6.35	6.84
Coahuila	Saltillo	25.42	5.54	5.86		Mazatlán	23.20	6.04	6.47
	Torreón	25.53	5.96	6.37	Sonora	Ciudad Obregón	27.49	6.35	6.89
Colima	Colima	19.26	5.97	6.30		Hermosillo	29.07	6.22	6.81
Distrito Federal	Ciudad de México	19.33	5.11	5.36	Tabasco	Villahermosa	18.00	5.36	5.50
Durango	Durango	24.04	5.92	6.36	Tamaulipas	Ciudad Victoria	23.73	5.18	5.38
Guanajuato	Guanajuato	21.02	5.77	6.09		Nuevo Laredo	27.49	4.95	5.19
	León	21.11	5.75	6.07		Tampico	22.21	5.05	5.23
Guerrero	Acapulco	16.88	6.19	6.52	Tlaxcala	Tlaxcala	19.32	5.08	5.29
	Chilpancingo	17.54	6.09	6.43	Veracruz	Coatzacoalcos	18.15	4.88	5.00
Hidalgo	Pachuca	20.11	4.96	5.17		Orizaba	18.85	4.64	4.76
Jalisco	Guadalajara	20.69	5.89	6.24		Veracruz	19.20	4.56	4.66
México	Toluca	19.28	5.77	6.09		Xalapa	19.50	4.71	4.84
Michoacán	Morelia	19.71	5.79	6.13	Yucatán	Mérida	20.97	5.94	6.23
Morelos	Cuernavaca	18.92	5.76	6.07	Zacatecas	Zacatecas	22.77	5.86	6.21

Hor = Plano horizontal Inc = Plano inclinado a la latitud de la localidad correspondiente
*De acuerdo con datos del Sistema de Información Geográfica para las Energías Renovables en México (SIGER) IIE-GENC, y del Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Figura 3.45. Horas pico de sol sobre México.

Fuente: Guía de Usuario de Sistemas Fotovoltaicos Interconectados con la Red, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

- Paso 5

Calcular el número de módulos fotovoltaicos necesarios para el sistema. Para realizar el cálculo se dividen los watts del sistema de AC del paso 4 entre los watts pico del módulo que se utilizará. El resultado se divide entre la eficiencia del inversor, por lo general 0.94, con lo cual se obtiene el número total de módulos necesarios al redondear hacia arriba el número obtenido.

$$\text{Número de módulos fotovoltaicos necesarios} = \frac{58.49 \text{ kW}}{0.42 \text{ kW}} / 0.94 = 148.15 \approx 149$$

Esto es, número de módulos solares 9T6 420 de la compañía Helios Solar Works requeridos es de 149. Cabe mencionar que el cálculo anterior no considera ajustes por temperatura que sí son contemplados más adelante al hacer uso del programa PVsyst.

3.3.3.3 Distancia mínima para evitar sombras entre filas de paneles

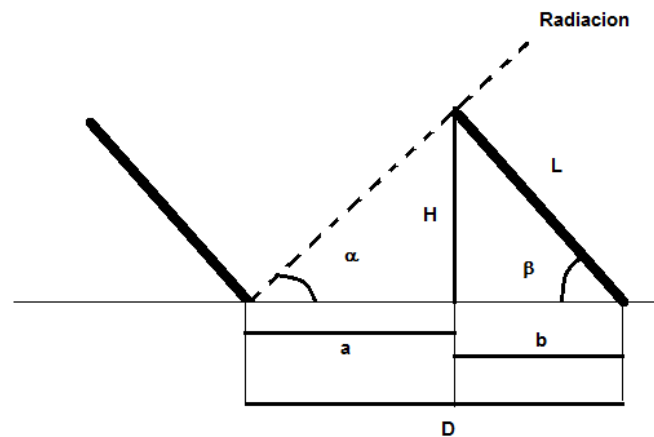


Figura 3.46. Esquema para determinar la distancia entre filas de paneles.

Fuente: Elaboración propia.

El acomodo de los paneles solares debe ser tal que la sombra que proyecta un panel no debe tapar nunca al otro panel. Bajo esta situación se analiza el caso en que la sombra proyectada por el panel es máxima, que es el punto donde la radiación proyecta verticalmente sobre el panel, el cual tiene una inclinación igual a la latitud del lugar donde se realiza la instalación.

De la figura se tiene:

$$\tan \beta = \frac{H}{b} \rightarrow b = \frac{H}{\tan \beta}$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{a} \rightarrow a = \frac{H}{\tan \alpha}$$

$$D = a + b = \frac{H}{\tan \alpha} + \frac{H}{\tan \beta}$$

$$\text{sen } \beta = \frac{H}{L} \rightarrow H = L \text{ sen } \beta$$

$$D = L \text{ sen } \beta \left(\frac{1}{\tan \alpha} + \frac{1}{\tan \beta} \right)$$

Dónde:

L: es el largo del panel

β : es la latitud del lugar

$$\alpha = 90 - \beta$$

Sustituyendo para el panel Helios Solar Works 9T6 420:

$$D = 1.976 \text{ m sen } 19.33^\circ \left(\frac{1}{\tan(90^\circ - 19.33^\circ)} + \frac{1}{\tan 19.33^\circ} \right) = 2.094 \text{ m}$$

$$a = 0.229 \text{ m}$$

$$b = 1.865 \text{ m}$$

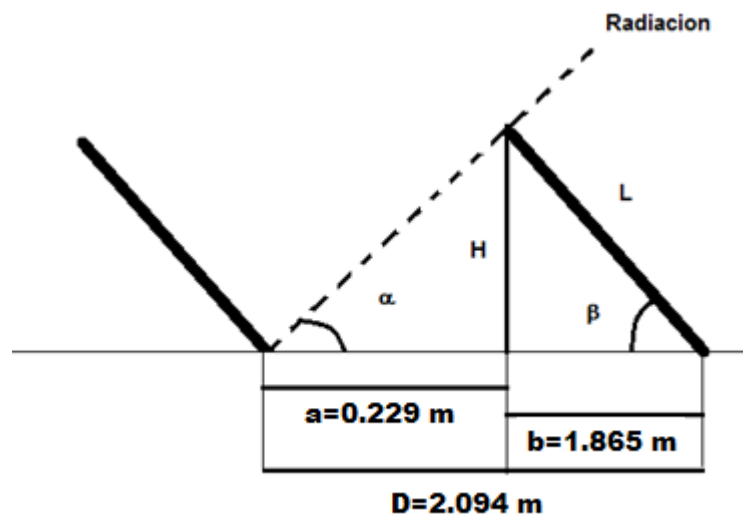


Figura 3.47. Distancia mínima entre filas de paneles.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.4 Disposición de paneles en el techo de la sucursal del grupo farmacéutico

La distancia entre el espacio libre entre filas de paneles para evitar que se hagan sombra fue de 22.9 cm para el panel de solar 9T6 420 de la compañía Helios Solar. Sin embargo, por cuestiones de mantenimiento y seguridad, la recomendación es que la separación sea de 1 m.

Con base en lo anterior, y considerando que instalando el panel a una inclinación igual a la latitud del lugar de 19.33°, se tiene que el panel utilizará una medida de 1.31 m x 1.865 m, que es la proyección horizontal que tendrá sobre la azotea. Considerando las dimensiones del techo de la sucursal, 22 m x 22 m, a lo largo de éste se pueden colocar 7 paneles:

$$\text{Número de paneles a lo largo (alto)} = \frac{22 \text{ m}}{1.865 \text{ m} + 1 \text{ m}} = 7.68 \approx 7$$

Por otro lado, a lo ancho se pueden colocar 15 paneles si se considera dejar un metro a ambas orillas del techo:

$$\text{Número de paneles a lo ancho} = \frac{22 \text{ m} - 1 \text{ m} - 1 \text{ m}}{1.31 \text{ m}} = 15.27 \approx 15$$

De esta manera, el número de paneles que se pueden instalar en el techo de la sucursal 41 del grupo farmacéutico es de $7 \times 15 = 105$ paneles. Esta distribución se muestra en la Figura 3.48.

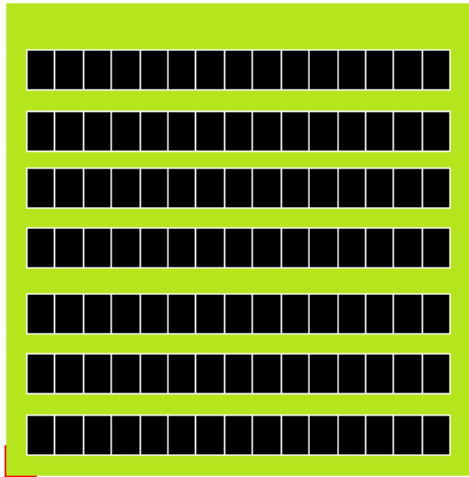


Figura 3.48. Arreglo de módulos en el techo de la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia.

Con este arreglo de 105 paneles se tiene lo siguiente. La capacidad instalable, tomando en cuenta que cada panel proporciona 420 Wp es:

$$\text{Capacidad instalable} = 105 * 420 \text{ Wp} = 44,100 \text{ Wp} = 44.1 \text{ kWp}$$

La energía eléctrica que se puede obtener, considerando 5.36 horas de sol pico por día a la latitud de la ciudad de México y con una eficiencia de inversor de 94% es:

$$44.1 \text{ kWp} * 5.36 \frac{h}{\text{día}} * 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} * 0.94 * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ mes}} = 6,758.3838 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Considerando que el promedio de consumo mensual de la sucursal 41, que se calculó anteriormente, es de 9,405 kWh, el uso del sistema propuesto resulta en un ahorro del 71.86% en consumo y facturación.

Buscando obtener un ahorro todavía mayor, se puede modificar la recomendación de separar los paneles 1 m entre ellos, con lo cual sólo se pueden colocar 105 paneles arriba el techo de la sucursal del grupo farmacéutico. Si en cambio se deja un espacio de 0.5 m entre filas de paneles, todavía se sigue cumpliendo con la distancia requerida

para evitar sombras y aún sigue siendo éste un espacio aceptable para que se realice el mantenimiento a los paneles. Considerando lo anterior, se tiene la siguiente disposición de paneles solares:

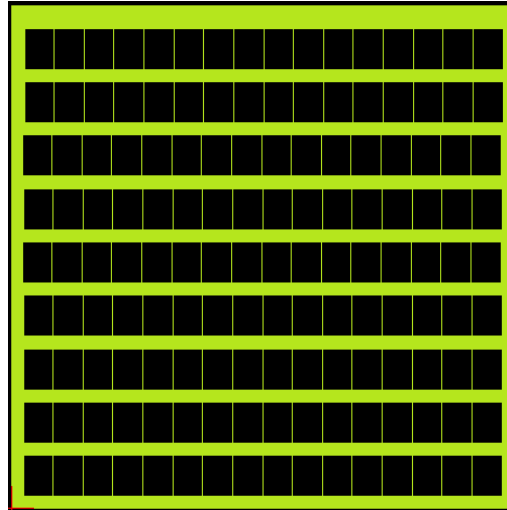


Figura 3.49. Arreglo máximo de módulos en el techo de la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia.

Dicho arreglo consta de $9 \times 16 = 144$ paneles, como puede observarse a continuación:

$$\text{Número de paneles a lo largo (alto)} = \frac{22 \text{ m}}{1.865 \text{ m} + 0.5 \text{ m}} = 9.30 \approx 9$$

$$\text{Número de paneles a lo ancho} = \frac{22 \text{ m} - 0.5 \text{ m} - 0.5 \text{ m}}{1.31 \text{ m}} = 16.03 \approx 16$$

Entonces, la capacidad instalable es:

$$\text{Capacidad instalable} = 144 * 420 \text{ Wp} = 60,480 \text{ Wp} = 60.48 \text{ kWp}$$

La energía eléctrica que se puede obtener, considerando al igual que en el caso anterior 5.36 horas de sol pico por día a la latitud de la ciudad de México y una eficiencia de inversor de 94% es:

$$60.48 \text{ kWp} * 5.36 \frac{\text{h}}{\text{dia}} * 365 \frac{\text{dia}}{\text{año}} * 0.94 * \frac{1 \text{ año}}{12 \text{ mes}} = 9,268.64064 \frac{\text{kWh}}{\text{mes}}$$

Con lo anterior, el uso del sistema propuesto resulta en un ahorro del 98.55% en consumo y facturación considerando el promedio de consumo mensual de 9,405 kWh de la sucursal 41 calculado anteriormente.

3.3.3.5 Simulación del sistema fotovoltaico con el Software PVsyst

Al igual que se hizo cuando se llevaron a cabo las propuestas de iluminación, en esta sección se hace uso de un programa de computadora para para simular el sistema fotovoltaico para validar y complementar la información que se obtiene por medio de métodos manuales.

En este caso se hace uso del programa PVsyst (<http://www.pvsyst.com/en/>), el cual es una herramienta para el dimensionamiento de instalaciones solares. El paquete incluye una base de datos donde se encuentran las especificaciones técnicas de cada proveedor y permite conocer las curvas características de los productos.

En la Figura 3.50 se muestra una captura de la pantalla del Software PVsyst.

Para simular el proyecto se utilizan los paneles 9T6 420 de Helios Solar Works y el inversor PVS-75-240 de Satcon, los cuales se configuran en el software PVsyst, donde se simula su funcionamiento.

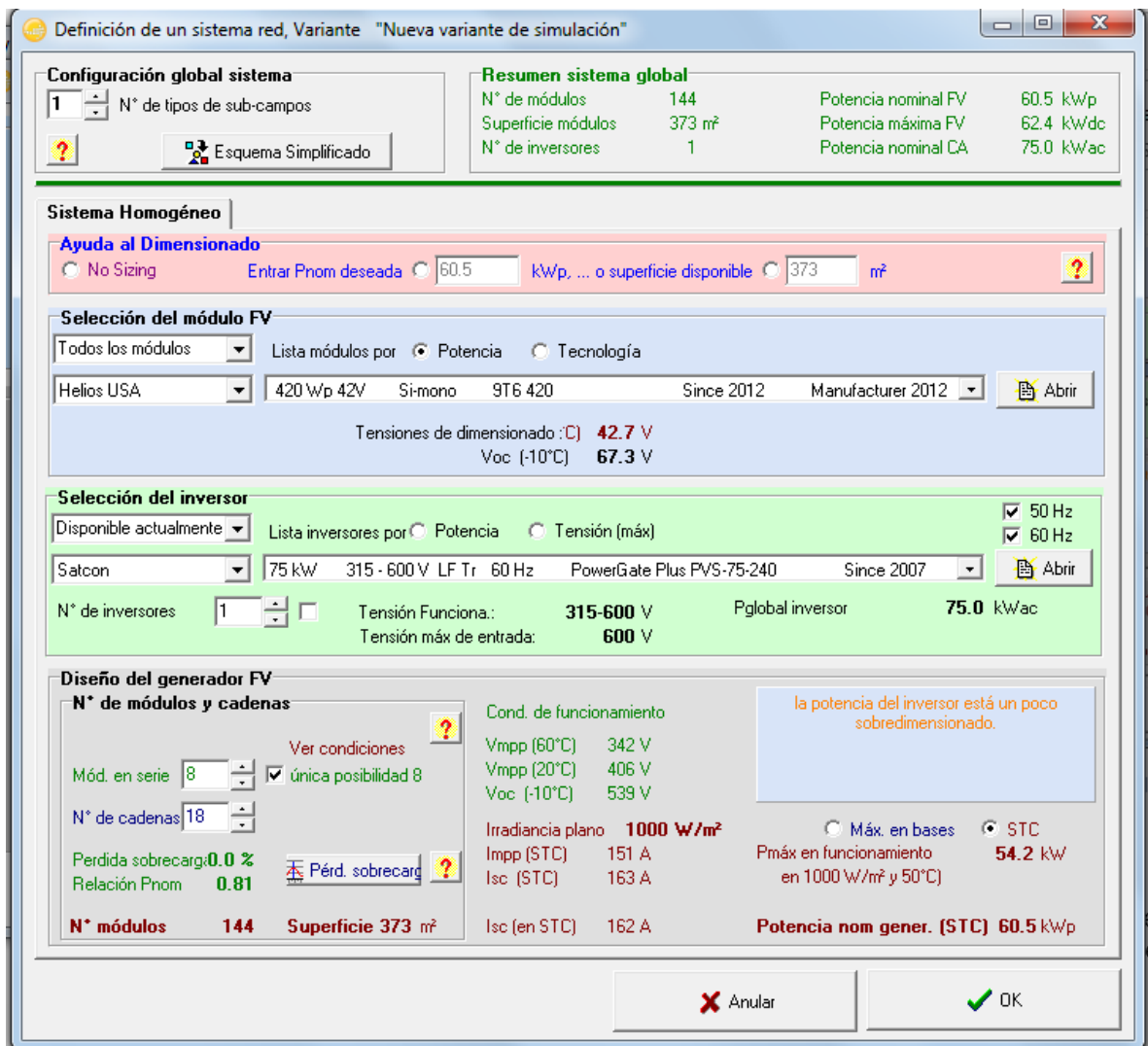


Figura 3.50. Pantalla del programa PVsyst con los datos a utilizar en el proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, también se requieren los datos de irradiación solar en el lugar de la instalación, para lo cual se toman datos obtenidos del Instituto de Geofísica de la UNAM que se muestran en la Tabla 3.21 y en la Figura 3.51.

Horas pico D.F. Promedio mensual 1993 - 2005	
Mes	Horas pico
Enero	4.6
Febrero	5.4
Marzo	6.0
Abril	5.9
Mayo	5.9
Junio	5.2
Julio	5.3
Agosto	4.9
Septiembre	4.5
Octubre	4.4
Noviembre	4.5
Diciembre	4.3

Tabla 3.21. Promedio mensual de horas pico en el D.F. de 1993 a 2005.

Fuente: Instituto de Geofísica, UNAM.

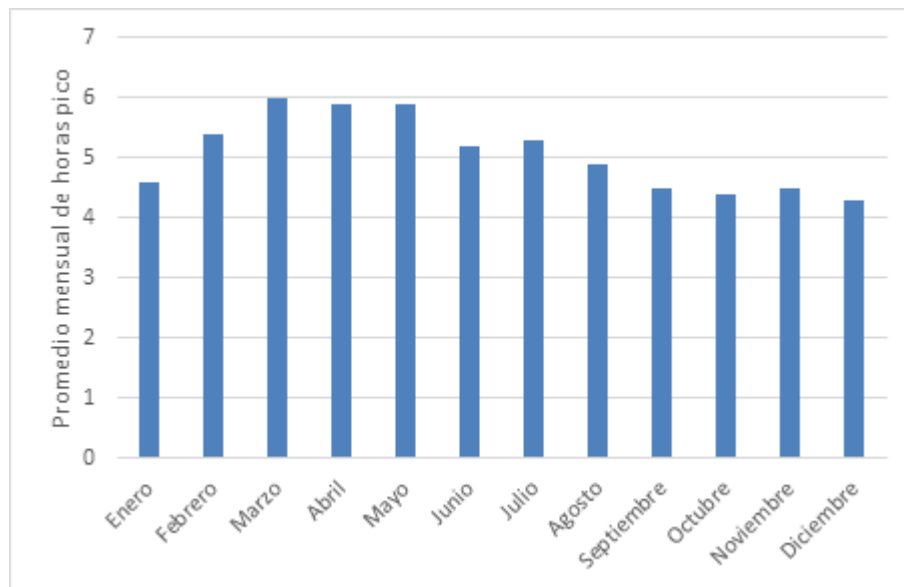


Figura 3.51. Gráfica del promedio mensual de horas pico en el D.F. de 1993 a 2005.

Fuente: Instituto de Geofísica, UNAM.

Como se observa en la Tabla 3.21 y en la Figura 3.51, éstas utilizan el concepto de hora pico, el cual se explica a continuación.

Al total de energía solar recibida diariamente en un sitio particular por unidad de área se le denomina recurso solar. Este valor representa la irradiación solar diaria que se obtiene a partir de un promedio diario, semanal, mensual o anual. Las unidades usadas comúnmente para este concepto, en el Sistema Internacional de Unidades (SI), son los Joules sobre metro cuadrado [J/m^2].

La hora pico u hora solar pico es una unidad para especificar el recurso solar que es ampliamente utilizada cuando se trabaja con sistemas fotovoltaicos. Ésta proviene del hecho de que en un día claro a nivel del mar, un captador horizontal puede recibir una irradiación directa aproximada de $1,000 W/m^2$ al medio día. Por lo anterior, al valor de $1,000 W/m^2$ se le llama irradiación pico. En consecuencia, a la cantidad de irradiación recibida en un captador durante un tiempo de una hora se le llama hora pico:

$$1 \text{ hora pico} = 1,000 \text{ Wh}/m^2 = 3.6 \times 10^6 \text{ J}/m^2 \quad \text{Ecuación 3.9. Hora pico.}$$

Para expresar al recurso solar en unidades de horas pico, se parte del hecho de que el área bajo la curva de la irradiación solar contra tiempo representa la irradiación total del día. Si se considera que esta área es igual al área de un rectángulo cuya altura corresponde a una irradiación pico de $1,000 W/m^2$, entonces la base de este rectángulo es el número de horas en que el Sol debe haber brillado con esta intensidad para obtener la misma la irradiación del día. Entonces, las horas pico de un lugar determinado se obtienen al dividir el valor de la irradiación diaria de dicho lugar entre $1,000 W/m^2$:

$$\text{Horas pico} = \frac{\text{Irradiacion del lugar}}{\text{Irradiacion pico}} \quad \text{Ecuación 3.10. Horas pico en un lugar dado.}$$

El resultado es el número de horas pico en que un captador está aparentemente recibiendo el valor de la irradiación pico.

El siguiente ejemplo sirve para mostrar lo anterior. Sí en un lugar la irradiación en un día es de $4,650 Wh/m^2$, al dividir este valor entre la irradiación pico, $1,000 W/m^2$, se

obtiene como resultado 4.65 horas pico para dicho lugar en ese día en particular. Es decir, la irradiación en un día de 4,650 Wh/m² es equivalente a recibir una irradiación solar de 1,000 W/m², irradiación pico, de manera continua durante 4.65 horas (4 horas y 39 minutos). Gráficamente esto puede observarse en la Figura 3.52.

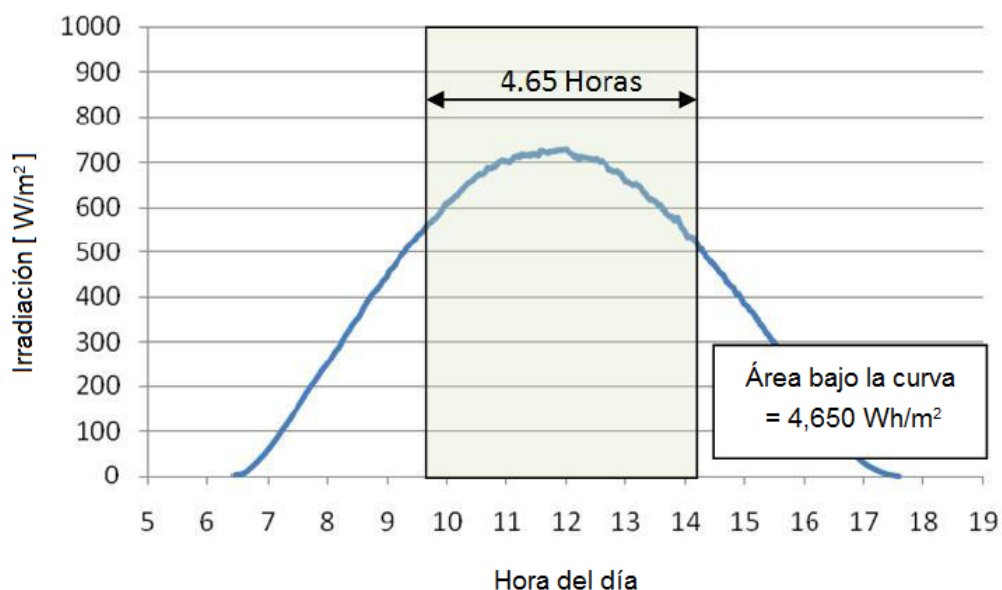


Figura 3.52. Representación gráfica de las horas pico en un lugar dado.

Fuente: Energía Solar Disponible en Ciudad Universitaria, D.F. Metodología de cálculo.

<http://www.geofisica.unam.mx/ors/energiaSolarprueb1.php>

Consultada el 06/01/2014

A partir de los datos de la Tabla 3.21 y utilizando el concepto de horas pico en un lugar dado que se define en la Ecuación 3.10, se obtiene el promedio mensual de la irradiación diaria en el D.F. de 1993 a 2005:

$$Irradiación\ del\ lugar = Hora\ pico \times 1,000\ W/m^2$$

Ecuación 3.11.

Irradiación del lugar.

Tomando de la Tabla 3.21 el promedio mensual de horas pico en el D.F. de 1993 a 2005 para el mes de enero y que es igual a 4.6 horas pico, se tiene que para dicho mes el promedio mensual de la irradiación diaria es de $4.6 \times 1,000 \text{ W/m}^2 = 4,600 \text{ Wh/m}^2$. Los promedios mensual de la irradiación diaria para todo el año se muestran en la Tabla 3.22.

Irradiación diaria D.F. Promedio mensual 1993-2005	
Mes	Wh/m²
Enero	4,600
Febrero	5,400
Marzo	6,000
Abril	5,900
Mayo	5,900
Junio	5,200
Julio	5,300
Agosto	4,900
Septiembre	4,500
Octubre	4,400
Noviembre	4,500
Diciembre	4,300

Tabla 3.22. Promedio mensual de la irradiación diaria en el D.F. de 1993 a 2005.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Instituto de Geofísica, UNAM.

Al utilizar el concepto de hora pico, considerando que un panel recibe durante el número de horas pico el valor de irradiación pico de $1,000 \text{ W/m}^2$, y tomando una temperatura en los paneles de $45 \text{ }^\circ\text{C}$, por medio de la simulación en el programa PVsyst se obtiene que un panel tiene una generación de 385.4 W , como se muestra en la Figura 3.53.

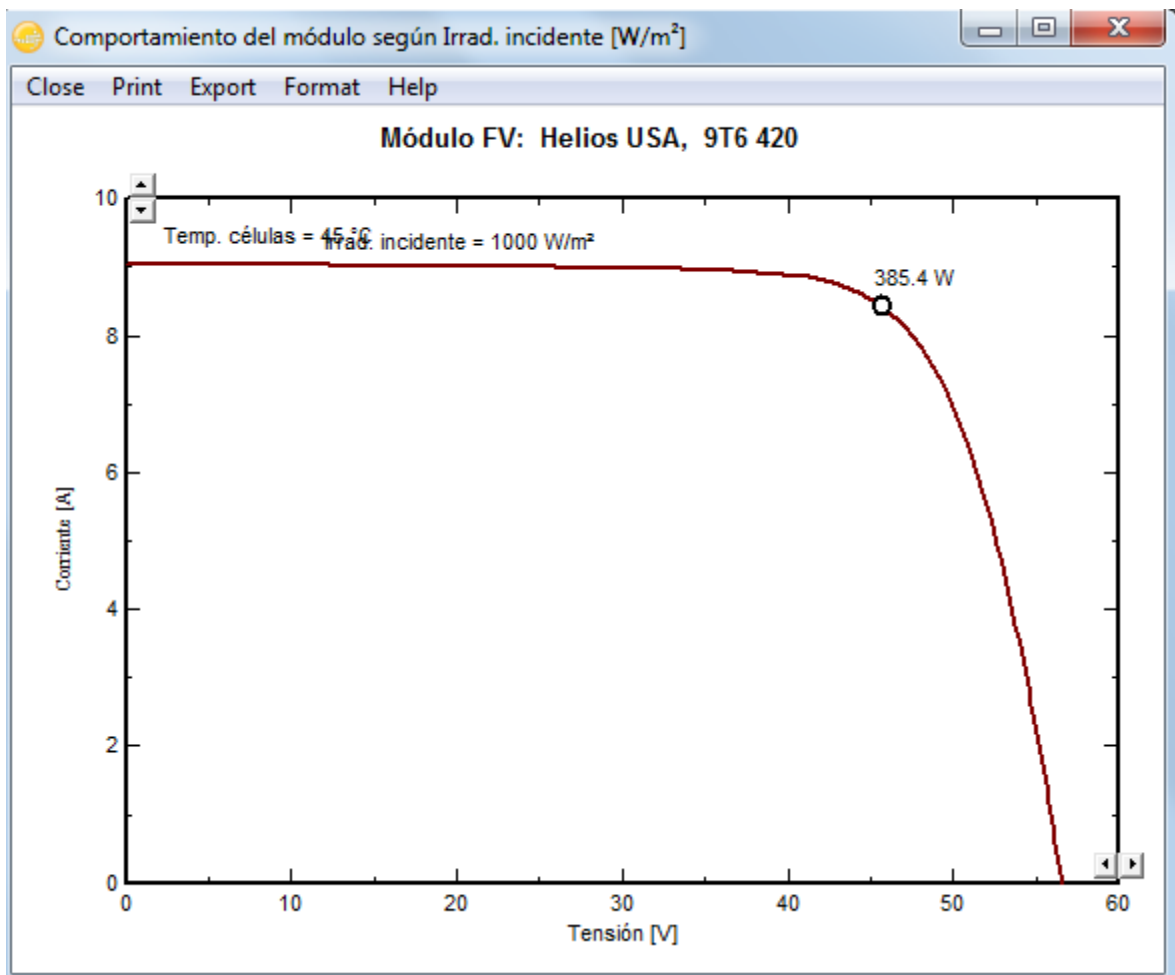


Figura 3.53. Uso del programa PVsyst para obtener la generación en un panel a 1,000 W/m² y a una temperatura en los paneles de 45 °C.

Fuente: Elaboración propia.

Con la información anterior se obtiene la potencia total producida por el sistema de paneles fotovoltaicos. Para un panel se tiene que la potencia promedio generada durante el día para un mes es igual la potencia generada durante una hora pico, 385.4 W, por el número de horas pico promedio que se tienen al día. Por ejemplo, de la Tabla 3.21 para el mes de enero se tiene un promedio de 4.6 horas pico, por lo que la potencia generada durante un día es igual 4.6 horas pico x 385.4 W = 1,772.84 Wh/día.

Considerando 31 días para el mes de enero (para cada mes se consideró su número de días), la potencia generada por el arreglo propuesto de 144 paneles es:

$$144 \times 1,772.84 \frac{Wh}{dia} \times 31 \frac{días}{mes} \times \frac{1 kW}{1000 W} = 7,913.96 \frac{kWh}{mes}$$

De esta misma manera se calcula la potencia generada por panel y por el arreglo de paneles para todos los meses del año. Los resultados se muestran en la Tabla 3.23.

Generación fotovoltaica		
Mes	Panel Wh/día	Arreglo de paneles kWh/mes
Enero	1,772.84	7,913.96
Febrero	2,081.16	8,391.24
Marzo	2,312.40	10,322.55
Abril	2,273.86	9,823.08
Mayo	2,273.86	10,150.51
Junio	2,004.08	8,657.63
Julio	2,042.62	9,118.26
Agosto	1,888.46	8,430.09
Septiembre	1,734.30	7,492.18
Octubre	1,695.76	7,569.87
Noviembre	1,734.30	7,492.18
Diciembre	1,657.22	7,397.83

Tabla 3.23. Generación fotovoltaica del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Comparado con el método manual, donde se obtuvo una generación mensual de 9,405 kWh, la simulación realizada con el programa PVsyst permite determinar la generación mensual para cada mes del año.

La simulación realizada también permite determinar los siguientes parámetros de diseño, mismos que se utilizan para el dimensionamiento de los componentes del sistema:

- $P_{mpp} = 385 \text{ W}$
- $V_{mpp} = 45.5 \text{ V}$
- $I_{mpp} = 8.5 \text{ A}$
- $V_{oc} = 56.5 \text{ V}$
- $I_{cc} = 9 \text{ A}$

Donde:

- P_{mpp} es la máxima potencia del panel solar
- V_{mpp} es el voltaje que se tiene a máxima potencia
- I_{mpp} es la corriente que se tiene a máxima potencia
- V_{oc} es el voltaje a circuito abierto
- I_{cc} es la corriente de corto circuito

3.3.3.6 Dimensionamiento de los componentes del sistema

Para dimensionar el sistema se considera la máxima potencia de generación que presenta el arreglo, la cual ocurre en el mes de marzo y es igual a 2,312.40 Wh/día. Este valor máximo se utiliza para dimensionar las cajas combinadoras, inversores, protecciones y tamaño de los conductores.

Las características de los paneles solares e inversores a utilizar se muestran, respectivamente, en la Tabla 3.24 y en la Tabla 3.25.

Panel solar Helios Solar Works 9T6 420		
STC¹⁶	Condiciones de diseño: 45 °C y 1,000 W/m²	Dimensiones
Radiación = 1,000 W/m ²	Radiación = 1,000 W/m ²	Largo = 1.976 m
Temperatura= 25 °C	Temperatura = 45 °C	Ancho = 1.3 m
Pmpp = 420 W	Pmpp = 385 W	Grosor = 40 mm
Vmpp = 49.53 V	Vmpp = 45.5 V	
Impp = 8.48 A	Impp = 8.5 A	
Voc = 60.55 V	Voc = 56.5 V	
Icc= 9 A	Icc = 9 A	

Tabla 3.24. Características de diseño del panel solar.

Fuente: Helios Solar Works y valores obtenidos a partir de la simulación en PVsyst.

Inversor Satcon PVS-75-240	
Entradas	6
Potencia Máxima	75 kW
Rango de operación	315 - 600 V
Voltaje Máximo	600 V
Corriente Máxima	248 A
Corriente Máxima por entrada	41.3 A

Tabla 3.25. Características de diseño del inversor.

Fuente: Satcon.

En las especificaciones del panel solar se recomienda conectar máximo 13 paneles en serie. Sin embargo, en la simulación realizada con el programa PVsyst se recomienda conectar sólo 8 paneles. Tomando en cuenta esta última recomendación, para conectar los 144 paneles del arreglo propuesto se requiere de 18 cadenas o *strings* de 8 paneles cada una.

¹⁶ *Standard Test Conditions*: condiciones de prueba estándar a 25 °C y 1,000 W/m².

Las características de cada cadena o *string* son entonces:

$$V_{string} = V_{mpp} \times \text{número de paneles por string}$$

$$V_{string} = 45.5 V \times 8 = 364 V$$

$$I_{string} = I_{mpp} = 8.5 A$$

$$I_{ccstring} = I_{cc} = 9 A$$

$$P_{string} = P_{mpp} \times \text{número de paneles por string}$$

$$P_{string} = 385 W \times 8 = 3,080 W$$

3.3.3.6.1 Cajas combinadoras

Si el inversor tiene una corriente por entrada de 41.3 A (Tabla 3.25), se tendrá que el número de cadenas o *strings* por entrada del inversor es de:

$$\text{número de strings por entrada} = \frac{I_{max \text{ de entrada}}}{I_{string}} = \frac{41.3 A}{8.5 A} = 4.85$$

Por lo que el número de cadenas o *strings* soportadas por cada entrada del inversor es de 4. Dado que cada cadena o *string* consta de 8 paneles, entonces se tienen 32 paneles por entrada. Por lo que para los 144 paneles de arreglo propuesto se ocuparán 5 entradas del inversor, aunque una entrada solo tendrá 16 paneles.

Con base en los cálculos anteriores, se elige la caja combinadora A4-L50-F4-iC de Siemens, la cual tiene las siguientes características:

Caja combinadora	
Entradas	4
Corriente máxima de entrada	12.5 A

Tabla 3.26. Características de diseño de la caja combinadora.

Fuente: Siemens.

Por lo que para 4 entradas del inversor se tiene la siguiente configuración:

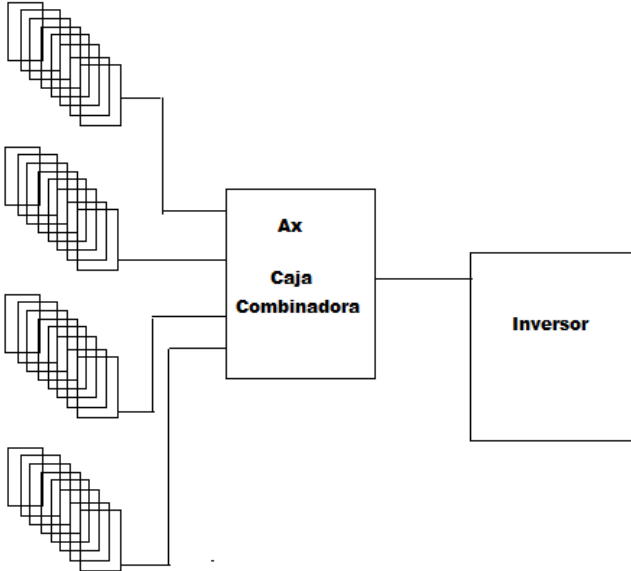


Figura 3.54. Diseño de la conexión a 4 entradas del inversor.

Fuente: Elaboración propia.

Y, para la entrada restante, se tiene:

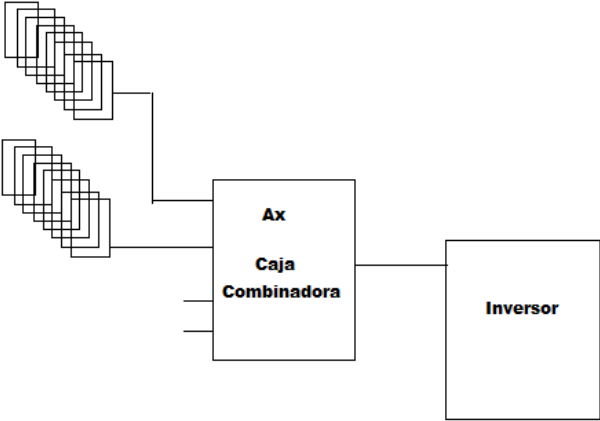


Figura 3.55. Diseño de la conexión a 1 entrada del inversor.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.6.2 Estructura y anclaje

Una estructura es la encargada de dar soporte físico y mecánico a los módulos fotovoltaicos garantizando la seguridad para una cómoda operación y montaje. Además de proporcionar la orientación correcta del arreglo fotovoltaico para tener una captación de energía apropiada. Los materiales deben ser resistentes al medio ambiente donde se instalarán y deben tener una larga durabilidad y fácil mantenimiento.

Una estructura que soporta a un panel fotovoltaico está sometida a fuerzas de compresión y de estiramiento, por lo que su anclaje debe resistir estas fuerzas. Por ello, para la elección de una estructura es importante conocer cuáles son los vientos máximos del lugar de instalación que, en este caso, es la Ciudad de México.

El país está dividido en 4 zonas a las que se les llaman isotacas, que corresponden a los sitios con una misma velocidad máxima de viento, como se ve en la Figura 3.56.

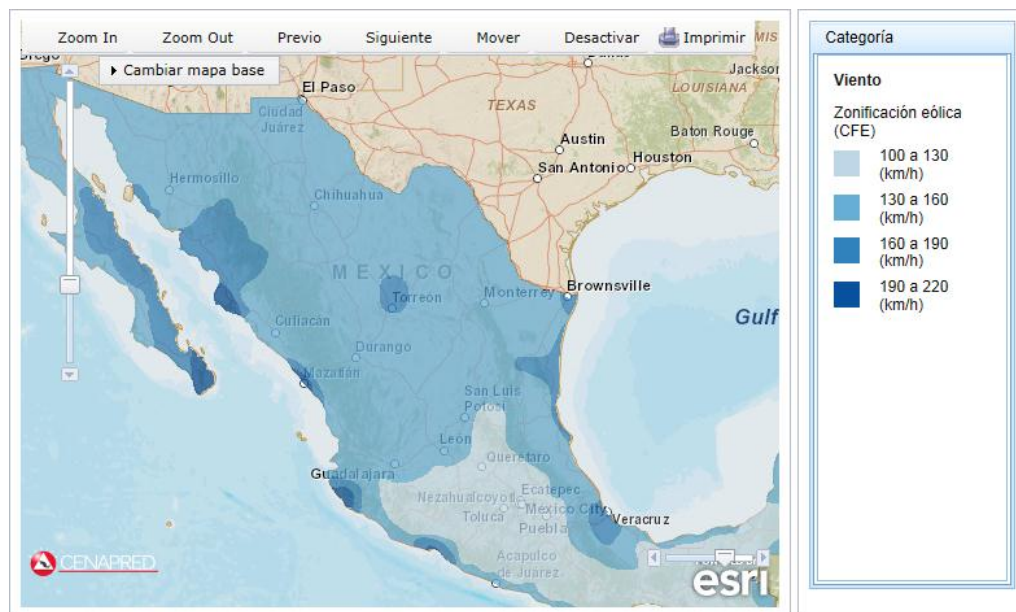


Figura 3.56. Mapa de zonificación eólica.

Fuente: Cenapred. http://atl.cenapred.unam.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=116&Itemid=224.

Consultada el 02/03/2014.

De acuerdo con el mapa de la Figura 3.56, la Ciudad de México está en la zona donde existen vientos máximos entre 100 y 130 km/h. Esto es, el proyecto está ubicado en una zona donde no existen vientos fuertes.

Dado que el análisis estructural no es tema de este trabajo, se recurrió a la información que proporciona la empresa Schletter¹⁷, siendo la mejor opción el sistema IsoTop (Figura 3.57). Éste está fabricado en acero inoxidable y diseñado para techados laminados industriales que constan a menudo de una subestructura con grandes distancias entre las vigas portantes (5 a 8 metros) y de una cubierta relativamente blanda.

Con este sistema las estructuras se optimizarán de tal modo que se requiere taladrar pocos puntos a grandes intervalos. El techador puede soldarlos sólida y económicamente.



Figura 3.57. Estructura IsoTop.

Fuente: Schletter. <http://www.schletter.us/isotop.html>.

Consultada el 02/03/2014.

¹⁷ <http://www.schletter.us/>. Schletter - *Solar Mounting Systems and Metal Fabrication*.

3.3.3.6.3 Cálculo de conductores

La Norma Oficial Mexicana que rige los lineamientos en las instalaciones solares fotovoltaicas es la NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización) en su artículo 690 - Sistemas solares fotovoltaicos.

El cálculo de los conductores se realiza mediante ampacidad y mediante caída de tensión. Mediante ampacidad es importante ya que el conductor tiene que soportar la corriente de corto circuito para que, en caso de que ésta llegue a presentarse, los conductores no se dañen y se eviten así gastos por cambio de conductores. Por su parte, el método de caída de tensión se debe de utilizar para garantizar que el conductor no tenga una caída de tensión que provoque que el voltaje a la entrada del inversor sea más pequeño que el voltaje de operación.

Es importante distinguir que el calibre de los conductores en las distintas etapas del sistema fotovoltaico es diferente.

3.3.3.6.4 Calculo del conductor por ampacidad

Los siguientes cálculos se basan en lo descrito en el Artículo 690-8 - Dimensionamiento y corriente de los circuitos de la norma NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización).

Los conductores se deben elegir para conducir la mayor corriente determinada en un 125%. La mayor corriente posible es la corriente de cortocircuito, la cual para los conductores que van de los paneles a la caja combinadora es:

$$I_{ccstring} = I_{cc} = 9 A$$

La corriente ajustada es entonces:

$$I_{ccajustada} = 1.25 \times I_{cc} = 1.25 \times 9 A = 11.25 A$$

Esta corriente a su vez debe volver a ser ajustada debido a la temperatura ambiente y a la temperatura de operación del conductor, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 690-31(c) - Factores de corrección del Artículo 690-31 - Métodos permitidos de la NOM-001-SEDE-2012.

Considerando un rango de temperatura ambiente de 31 a 35 °C y una temperatura de operación de 90 °C, el factor de corrección es de 0.96, por lo que este segundo ajuste a la corriente es:

$$I_{cc_{ajustada2}} = \frac{I_{cc_{ajustada}}}{FC} = \frac{11.25 A}{0.96} = 11.72 A$$

El cable que por norma corresponde es un cable 18 AWG con aislamiento THW-2, pero por recomendaciones del fabricante del panel, se opta por utilizar cable calibre 12 AWG y aislamiento THW-2, los cuales cumplen perfectamente con las condiciones de corriente máxima en el sistema fotovoltaico.

Para los conductores que van de la salida de la caja combinadora al inversor, se considera la suma de las corrientes de las 4 cadenas que corresponden a cada entrada del inversor (Figura 3.54). Realizando los ajustes necesarios se tiene:

$$I_{salida\ caja\ máxima} = I_{cc} \times \text{número de cadenas} = 9 A \times 4 = 36 A$$

$$I_{salida\ caja_{ajustada}} = 1.25 \times I_{salida\ caja\ máxima} = 1.25 \times 36 A = 45 A$$

$$I_{salida\ caja_{ajustada2}} = \frac{I_{salida\ caja_{ajustada}}}{FC} = \frac{45 A}{0.96} = 46.88 A$$

El cable que por norma corresponde es un cable 8 AWG con aislamiento THW-2.

La Figura 3.58 muestra la ubicación de los conductores que van de los paneles a la caja combinadora y de los conductores que van de la salida de la caja combinadora al inversor.

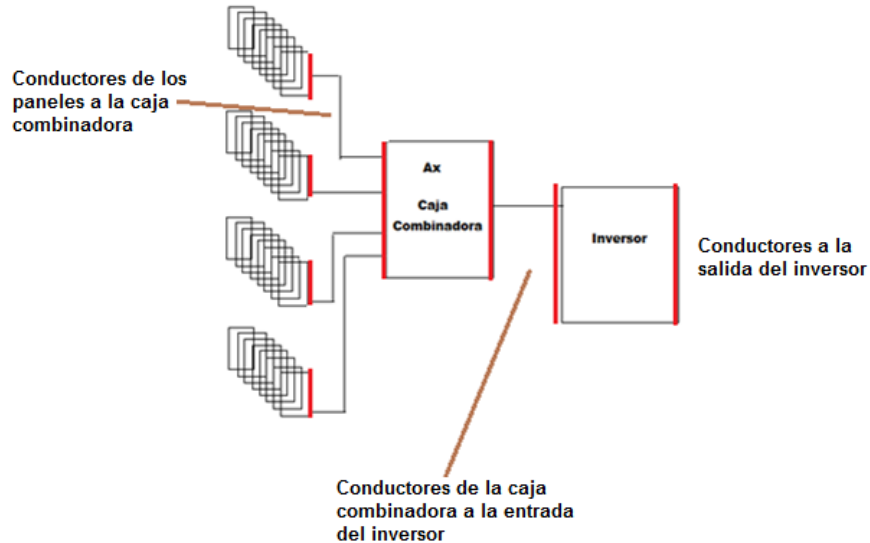


Figura 3.58. Conductores en el sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.6.5 Cálculo de conductores por caída de tensión

La distancia máxima entre un panel y el lugar posible de instalación de la caja combinadora no puede exceder las dimensiones del espacio físico donde se realiza la instalación. Sin embargo, para evitar cualquier complicación con la instalación de cableado, se considera una distancia de 30 m para realizar los cálculos por caída de tensión. De las cajas combinadoras al inversor se considera una distancia de 3 m.

Si se selecciona un conductor THW calibre 12 AWG para los conductores de los paneles a las cajas, con una resistencia por kilómetro de 5.21 ohm/km¹⁸, se tiene:

$$D_{panel\ a\ caja} = 0.030\ km$$

¹⁸ Fuente: http://www.iusa.com.mx/brochure/catalogo_conductorRohs.pdf. Consultada el 02/03/2014.

$$R_{conductor} = R_{conductor/km} \times D_{panel \ a \ caja} = 5.21 \frac{\Omega}{Km} \times 0.030 \ km = 0.1563 \ \Omega$$

Por lo que la caída de tensión es:

$$\Delta V = R_{conductor} * I_{mpp}$$

$$\Delta V = 0.1536 \ \Omega \times 8.5 \ A = 1.328 \ V$$

En términos porcentuales:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{funcionamiento}} \times 100 = \frac{1.328 \ V}{V_{string}} \times 100$$

$$V_{string} = V_{mpp} \times \text{número de paneles por string} = 45.5 \ V \times 8 = 364 \ V$$

$$\% \Delta V = \frac{1.328 \ V}{364 \ V} \times 100 = 0.36\%$$

Este valor porcentual está dentro de lo permitido por la norma NOM-001-SEDE-2012, por lo que este cable no tiene problemas para ser utilizado en la instalación.

Por otro lado, si se selecciona un conductor THW calibre 8 AWG para los conductores de las salidas de las cajas combinadoras a la entrada del inversor, con una resistencia por kilómetro de 2.1 ohm/km, se tiene:

$$D_{caja \ a \ inversor} = 0.003 \ km$$

$$R_{conductor} = R_{conductor/km} \times D_{caja \ a \ inversor} = 2.1 \frac{\Omega}{km} \times 0.003 \ km = 0.0063 \ \Omega$$

Por lo que la caída de tensión es:

$$\Delta V = R_{conductor} * I_{salida \ caja}$$

$$\Delta V = 0.0063 \ \Omega \times 34 \ A = 0.2142 \ V$$

En términos porcentuales:

$$\% \Delta V = \frac{\Delta V}{V_{\text{funcionamiento}}} \times 100 = \frac{0.2142 \text{ V}}{V_{\text{salida caja}}} \times 100$$

$$V_{\text{salida caja}} = V_{\text{string}} - V_{\text{caida conductor 12 AWG}} = 364 \text{ V} - 1.328 \text{ V} = 362.67 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{0.2142 \text{ V}}{362.67 \text{ V}} \times 100 = 0.06\%$$

Este valor porcentual también está dentro de lo permitido por la norma NOM-001-SEDE-2012, por lo que este cable no tiene problemas en ser utilizado en la instalación. Además, los valores de caída de tensión están dentro del rango de operación del inversor.

3.3.3.6.6 Resumen de conductores

En la Tabla 3.27 se muestra el calibre de los conductores que van de los paneles a la caja combinadora y el de los conductores que van de la salida de la caja combinadora al inversor.

Lugar de instalación	Calibre del conductor AWG
Paneles a las caja combinadora	12
Caja combinadora al inversor	8

Tabla 3.27. Calibre de los conductores del sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La elección adecuada del tipo de lámparas a utilizar, así como la cantidad y posición de las mismas, junto con la correcta selección de otros materiales, como los son las pinturas a utilizar en las paredes, es fundamental para dar cumplimiento a la normatividad vigente relacionada con los niveles de iluminación en los centros de trabajo y con el uso eficiente de la energía.

Asimismo, el uso de tecnologías de iluminación nuevas, más eficientes y amigables con el medio ambiente, permite reducir de manera considerable el consumo de energía eléctrica, lo que se refleja en ahorros económicos para las empresas como lo es el grupo farmacéutico, así como en otro tipo de ventajas como los son mejoras en la imagen de las compañías y posibles incentivos fiscales.

Por su parte, el uso de energías alternas, como lo es la energía solar en este caso, también permite obtener ahorros económicos, mejoras en la imagen de las compañías y posibles incentivos fiscales, pero, sobre todo, reducir en gran medida, o incluso eliminar, los daños al medio ambiente, además de eliminar la dependencia de fuentes de energía que tienden a tener un mayor costo cada día.

Sin embargo, el uso o cambio a nuevas tecnologías y a energías alternas tiene un costo generalmente alto, por lo que es necesario analizar sus ventajas y desventajas. Una vez presentadas en este capítulo las características de las tecnologías de iluminación y de energías alternas a utilizar, así como los requerimientos que deben cubrirse para ello, en el siguiente capítulo se presentan los costos de inversión y los ahorros generados de las propuestas que se hacen al grupo farmacéutico junto con los análisis económico y financiero de las mismas.

CAPÍTULO 4

VIABILIDAD ECONÓMICA Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analizan los costos de inversión y los ahorros generados de las propuestas para determinar si éstas son económicamente viables y para después valorar las posibles opciones de financiamiento.

Para ello primero se determinan los costos de las inversiones requeridas para llevar a cabo las propuestas de iluminación en los pisos de ventas de las sucursales analizadas en el capítulo anterior, así como para realizar la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal ubicada en el Centro Comercial Santa Fe. También se presentan los ahorros que se pueden obtener de dichas propuestas.

Posteriormente se hace uso de las técnicas de Ingeniería Económica para determinar cuáles son los beneficios económicos de llevar a cabo las propuestas, como lo son, entre otros, la relación beneficio costo y el tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente se presenta el análisis financiero para conocer las opciones que tiene el grupo farmacéutico para poder costear los proyectos.

4.1 COSTOS DE INVERSIÓN Y AHORROS GENERADOS

4.1.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y AHORROS GENERADOS DE LAS PROPUESTAS REALIZADAS PARA LOS PISOS DE VENTAS

Para determinar si las propuestas realizadas para los pisos de ventas de las sucursales son económicamente viables, se requiere realizar el análisis económico de las mismas. Para ello es necesario conocer primero los costos de inversión y los ahorros generados.

Al igual que en el caso del análisis técnico, a continuación se presenta el desarrollo del análisis realizado para el piso de ventas de la sucursal 31, mismo que también se utilizó para los pisos de ventas de las sucursales 6, 24 y 26. El análisis de utilizar un sistema fotovoltaico en una de las sucursales del grupo farmacéutico se presenta más adelante.

Observando la información de la Tabla 3.17, relativa al piso de ventas de la sucursal 31, los casos que representan una mayor reducción en el consumo eléctrico son los escenarios “2a” y “3a”. Sin embargo, si se considera que la inversión requerida en el primero de los casos es de \$ 173,320.00 y el del segundo de \$ 51,695.00, como se muestra a continuación, claramente resulta el escenario “3a” una mejor opción desde el punto de vista económico (costos en pesos corrientes del 2013):

- Escenario “2a”
 - Costo de cada luminaria: \$ 4,752.00
 - Número de luminarias: 35
 - Mano de obra: \$ 200.00 de instalación por cada luminaria
 - Total: $35 \times (\$ 4,752.00 + \$ 200.00) = \$ 173,320.00$

- Escenario “3a”
 - Costo de cada par de lámparas: \$ 1,452.00
 - Número de pares de lámparas: 35
 - Mano de obra: \$ 25.00 de instalación por cada par de lámparas
 - Total: $35 \times (\$ 1,452.00 + \$ 25.00) = \$ 51,695.00$

Con respecto a los cálculos anteriores, en el caso de las luminarias LED (escenario “2a”), el costo de las luminarias incluye las lámparas (LEDs), ya que las luminarias y los LEDs forman un sistema integral. En el caso de los tubos LED T5 (escenario “3a”), éstos se colocan sobre las mismas luminarias que se utilizan para las lámparas fluorescentes, por lo que sólo se requiere invertir en la adquisición de los tubos LED T5.

Por lo que se refiere a los costos de mano de obra, estos se estimaron con base en cotizaciones independientes. A partir de éstas, en el caso de las luminarias LED se estimó un costo de \$ 200.00 por el cambio de las luminarias fluorescentes por las luminarias LED y \$ 25.00 por el cambio de las lámparas fluorescentes por los tubos LED T5 (incluye la desconexión y retiro del balastro que no se utiliza con los tubos LED T5). Los costos consideran el volumen de luminarias y lámparas a cambiar.

Para determinar los beneficios económicos de llevar cabo la propuesta del escenario “3a”, se determinaron también los ahorros que ésta genera. Para ello se determinaron el consumo y costo eléctricos anuales del escenario actual y del escenario “3a”. Éstos se muestran a continuación en la Tabla 4.1.

	Escenario 1a (actual)	Escenario 3a (propuesta)
Horas anuales	8,760	8,760
Factor de uso	1	1
Cargo fijo	1	1
1-50	1-50	1-50
51-100	51-100	51-100
> 100	> 100	> 100
Costo de la energía \$/kWh		
Cargo fijo	51.923	51.923
1-50	2.208	2.208
51-100	2.667	2.667
> 100	2.936	2.936
Consumo anual 1-50	600.0	600.0
Consumo anual 51-100	600.0	600.0
Consumo anual > 100	17,809.2	9,837.6
Consumo anual total	19,009.2	11,037.6
Cargo fijo anual	623.1	623.1
Costo anual 1-50	1,324.8	1,324.8
Costo anual 51-100	1,600.2	1,600.2
Costo anual > 100	52,287.8	28,883.2
Costo anual total	55,835.9	32,431.3

Tabla 4.1. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia con información de tarifas de la CFE obtenidas de su página Web.

La información de la Tabla 4.1 se estableció de la siguiente manera:

- La tarifa eléctrica contratada en la sucursal 31 es la tarifa 2.
- Las horas anuales corresponden al número de horas que hay en un año (24 por 365).
- El factor de uso considera que las lámparas del piso de ventas están encendidas todo el tiempo, o sea, las 8,760 horas del año. Estas condiciones de operación son las reportadas por el grupo farmacéutico.

- La tarifa 2 establece los siguientes costos:
 - Un cargo fijo mensual.
 - Un costo mensual por kWh de acuerdo con los siguientes rangos: 1 - 50, 51 - 100, Adicional (> 100).
- Para determinar el costo de la energía, se tomó el promedio de los costos del periodo comprendido entre diciembre de 2012 y noviembre de 2013:

Cargo por energía (\$/kWh)													
Rango	Dic./2012	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Promedio
1 - 50	2.210	2.220	2.177	2.163	2.183	2.243	2.219	2.193	2.208	2.185	2.236	2.260	2.208
51 - 100	2.671	2.682	2.630	2.613	2.637	2.710	2.681	2.649	2.667	2.639	2.700	2.729	2.667
Adic.	2.940	2.953	2.895	2.876	2.903	2.983	2.951	2.916	2.936	2.905	2.973	3.005	2.936
Cargo fijo (\$)													
Mensual	52.10	52.42	52.26	52.09	52.12	51.97	51.52	51.38	51.91	51.69	51.63	51.99	51.923

Tabla 4.2. Tarifas Generales de baja tensión Tarifa 2 para el periodo diciembre 2012 - noviembre 2013.

Fuente: Página Web de la CFE.

- Para determinar el costo del cargo fijo anual se multiplicó el promedio del cargo fijo mensual por 12, ya que cada mes se aplica dicho cargo.
- Para determinar el costo anual del rango 1 - 50 y del rango 51 - 100, se partió del hecho de que cada mes se consumen más de 100 kWh. Esto debido a que, de acuerdo con la Tabla 3.17, en el escenario actual se consumen 2.17 kW x 24 h/día x 30 días/mes = 1,562.4 kWh al mes. En el caso del escenario "3a", el resultado es de 907.2 kWh al mes. De tal manera, cada mes siempre se consumen 50 kWh del rango 1 - 50 y 50 kWh del rango 51- 100 (el resto corresponde al rango adicional). Al año, esto significa 600 kWh del rango 1 - 50 y 600 kWh del rango 51 - 100.

- Para determinar el costo anual del rango adicional (> 100), se tomó el total de kWh de cada escenario y se le restaron 1,200 kWh (600 kWh del rango 1 - 50 y 600 kWh del rango 51 - 100). El resultado se multiplicó por el costo promedio del rango adicional.

El siguiente ejercicio, correspondiente al escenario actual, ejemplifica lo arriba mencionado:

- Consumo total (kW) = 2.17 (Tabla 3.17)
- Consumo anual (kWh) = $2.17 \times 24 \times 365 = 2.17 \times 8,760 = 19,009.2$
- Costo anual del cargo fijo mensual (\$) = $51.923 \times 12 = 623.1$
- Costo anual de los kWh consumidos en el rango 1 - 50 (\$) = $50 \times 2.208 \times 12 = 1,324.8$
- Costo anual de los kWh consumidos en el rango 51 - 100 (\$) = $50 \times 2.667 \times 12 = 1,600.2$
- Costo anual de los kWh consumidos en el rango adicional (> 100) (\$) = $(19,009.2 - 1,200) \times 2.936 = 52,287.8$
- Costo anual total (\$) = $623.1 + 1,324.8 + 1,600.2 + 52,287.8 = 55,835.9$

Cabe mencionar que en el caso de las sucursales 6 y 24, éstas tienen tarifa eléctrica 3. Para determinar el costo de la energía para estas sucursales, se tomó el promedio de los costos del periodo comprendido entre diciembre de 2012 y noviembre de 2013 para dicha tarifa:

Cargo por demanda (\$/kW)												
Dic./2012	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Promedio
236.42	237.89	237.15	236.39	236.53	235.87	233.82	233.19	235.62	234.63	234.35	235.97	235.65
Cargo por energía (\$/kWh)												
1.695	1.700	1.644	1.629	1.656	1.743	1.721	1.688	1.694	1.668	1.741	1.765	1.70

Tabla 4.3. Tarifas Generales de baja tensión Tarifa 3 para el periodo diciembre 2012 - noviembre 2013.

Fuente: Página Web de la CFE.

En los casos de las sucursales 6 y 24, el costo anual total por energía se obtuvo multiplicando el consumo anual por el promedio del cargo de la energía del periodo diciembre 2012 - noviembre 2013. A este se sumó el cargo por demanda anual, el cual se obtuvo de multiplicar el número de kW que corresponden al consumo total de las lámparas por el cargo por demanda promedio del periodo diciembre 2012 - noviembre 2013.

Por ejemplo, para el caso actual de la sucursal 24, el consumo total es de 2.23 kW (Tabla 3.18). El costo anual total por energía es entonces (\$) $2.23 \times 24 \times 365 \times 1.70 = 33,209.2$. Por otro lado, el cargo anual por energía se obtiene considerando que el mayor consumo en un periodo de 15 minutos de un mes, originados por las lámparas utilizadas en el piso de ventas, es de 2.23 kW. Por lo tanto, el cargo anual por energía es (\$) $2.23 \times 235.65 \times 12 = 6,306$. El costo anual total es entonces (\$) $33,209.2 + 6,306 = 39,515.2$.

Continuando con el análisis del piso de ventas de la sucursal 31, otro aspecto a considerar son los costos de operación y mantenimiento junto con otros costos que se puedan tener (costos varios). Para el análisis realizado se estableció que las luminarias requieren ser limpiadas cada dos meses, esto es, 6 veces al año. Para ello se estableció un costo de \$ 25.00 por luminaria por cada vez que es limpiada. Asimismo, como costos varios se consideraron también \$ 25.00 al año por luminaria para cubrir los gastos que se puedan tener para atención de imprevistos como reemplazo de tornillos u otras piezas pequeñas, aislamiento de cables, etcétera.

Dado que tanto en el caso actual como en la propuesta analizada el número de luminarias es de 35, los costos de operación y mantenimiento anuales son iguales a \$ 5,250.00. Éstos corresponden al gasto de \$ 25.00 por limpiar 35 luminarias 6 veces al año. Asimismo, para costos varios se tienen un total de \$ 875.00 al año que resultan de considerar \$ 25.00 por cada una de las 35 luminarias.

Sumando los costos anuales de operación y mantenimiento, junto con los costos varios, al costo por energía, se tiene que el costo total anual de energía, mantenimiento y operación para cada escenario es:

	Escenario 1a (actual)	Escenario 3a (propuesta)
Costo por energía (\$)	55,836.00	32,431.00
Costos de operación y mantenimiento (\$)	5,250.00	5,250.00
Costos varios (\$)	875.00	875.00
Costo anual total (\$)	61,961.00	38,556.00

Tabla 4.4. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre los costos anuales del escenario actual y el escenario propuesto, que es igual a \$ 23,405.00, es el ahorro anual que se obtiene en caso de llevar a cabo la propuesta.

Los cálculos realizados para los pisos de ventas de las sucursales 6, 24 y 26 se muestran en el Apéndice B.

Para determinar si las inversiones realizadas y los ahorros obtenidos para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas resultan atractivos para los inversionistas o directivos del grupo farmacéutico o, dicho de otra manera, para determinar desde el punto de vista económico si al grupo farmacéutico le conviene invertir y llevar a cabo la propuesta del escenario “3a” o le es más conveniente continuar con el escenario actual, se utilizan las técnicas de Ingeniería Económica que se presentan más adelante en la sección “4.2 Variables económicas”.

4.1.2 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN Y AHORROS GENERADOS DE LA PROPUESTA DE UTILIZAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Con los análisis de generación del sistema fotovoltaico, se puede comparar con los datos del recibo eléctrico, cuáles son los ahorros que se pueden obtener y cuál es la viabilidad económica del proyecto.

Partiendo de la capacidad de generación del sistema fotovoltaico, que se determinó en el capítulo anterior (Tabla 3.23), y conociendo la factura y tipo de tarifa eléctrica de la sucursal del grupo farmacéutico, se puede determinar los ahorros que se tendrían con el sistema fotovoltaico instalado.

En la Tabla 4.5 se muestran los datos de generación probable del sistema fotovoltaico para el año 2013, el consumo de la sucursal para dicho periodo, la comparación de lo que se pagaría con y sin el sistema fotovoltaico instalado y los ahorros que se obtendrían al utilizar dicho sistema.

Mes	Generación (kWh)	Consumo (kWh)	Diferencia entre consumo y generación (kWh)	Pago a CFE		Ahorro
				Con paneles	Sin paneles	
Enero	7,913.96	8,843	929.04	\$ 7,363.16	\$ 20,481.83	\$ 13,118.68
Febrero	8,391.24	9,450	1,058.76	\$ 8,070.49	\$ 21,142.61	\$ 13,072.12
Marzo	10,322.55	8,757	(1,565.55)	\$ 1,891.03	\$ 20,465.81	\$ 18,574.78
Abril	9,823.08	11,021	1,197.92	\$ 1,892.19	\$ 24,139.58	\$ 22,247.38
Mayo	10,150.51	9,405	(745.51)	\$ 1,886.86	\$ 22,247.77	\$ 20,360.92
Junio	8,657.63	10,299	1,641.37	\$ 7,586.16	\$ 23,663.91	\$ 16,077.75
Julio	9,118.26	8,470	(648.26)	\$ 1,865.28	\$ 19,743.25	\$ 17,877.97
Agosto	8,430.09	9,648	1,217.91	\$ 7,117.12	\$ 21,767.36	\$ 14,650.24
Septiembre	7,492.18	9,114	1,621.82	\$ 8,735.18	\$ 20,605.71	\$ 11,870.53
Octubre	7,569.87	9,928	2,358.13	\$ 9,703.75	\$ 22,283.07	\$ 12,579.33
Noviembre	7,492.18	9,240	1,747.82	\$ 8,584.14	\$ 21,216.04	\$ 12,631.90
Diciembre	7,397.83	8,685	1,287.17	\$ 8,102.96	\$ 20,046.12	\$ 11,943.17
					Total	\$ 185,004.76

Tabla 4.5. Ahorros generados con el sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

La información de la Tabla 4.5 se determinó como sigue.

Primero, los valores de pago a CFE se obtienen con la siguiente regla de cobro:

- Tarifa Eléctrica OM - Es una tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW.
- A. Aplicación - Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.
- B. Cuotas aplicables en el mes de Septiembre de 2013 - Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida:

Región	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	Cargo por kilowatt - hora e energía consumida
Baja California	\$ 143.05	\$ 1.372
Baja California Sur	\$ 158.39	\$ 1.853
Central	\$ 161.79	\$ 1.372
Noreste	\$ 148.80	\$ 1.283
Noroeste	\$ 151.88	\$ 1.273
Norte	\$ 149.40	\$ 1.283
Peninsular	\$ 167.05	\$ 1.312

Tabla 4.6. Tarifa Eléctrica OM. Cuotas aplicables en el mes de Septiembre de 2013.

Fuente: Página Web de la CFE.

- C. Mínimo mensual. El importe que resulta de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.
- D. Demanda contratada. La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

- E. Demanda máxima medida. La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda máxima medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la demanda máxima medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificando al usuario.

- F. Depósito de garantía. Resulta de aplicar 2 veces el importe del cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

A partir de la información anterior se genera la Tabla 4.7 donde se determina el costo de la energía de la misma manera que lo establece CFE.

Mes	Demanda máxima (kW)	Diferencia de energía entre consumo y generación (kWh)	Energía apagar (kWh)	Factor de potencia	Cargo por kW demanda máxima	Cargo por kWh consumido	Costo demanda máxima	Costo energía	2% baja tensión	Bonificación factor de potencia	IVA 16%	Total
Enero	30	929.04	929.04	90.00	\$ 164.05	\$ 1.401	\$ 4,921.50	\$ 1,301.59	\$ 124.46	-	\$1,015.61	\$ 7,363.16
Febrero	34	1,058.76	1,058.76	99.55	\$ 163.54	\$ 1.349	\$ 5,560.36	\$ 1,428.27	\$ 139.77	\$ 171.08	\$1,113.17	\$ 8,070.49
Marzo	37	(1,565.55)	Pago mínimo	99.49	\$ 163.02	\$ 1.335	\$ 1,630.20	-	-	-	\$260.83	\$ 1,891.03
Abril	36	1,197.92	Pago mínimo	98.74	\$ 163.12	\$ 1.360	\$ 1,631.20	-	-	-	\$260.99	\$ 1,892.19
Mayo	35	(745.51)	Pago mínimo	99.14	\$ 162.66	\$ 1.441	\$ 1,626.60	-	-	-	\$260.26	\$ 1,886.86
Junio	36	1,641.37	528.23	98.57	\$ 161.24	\$ 1.422	\$ 5,804.64	\$ 751.15	\$ 131.12	\$ 147.11	\$1,046.37	\$ 7,586.16
Julio	33	(648.26)	Pago mínimo	99.74	\$ 160.80	\$ 1.392	\$ 1,608.00	-	-	-	\$257.28	\$ 1,865.28
Agosto	33	1,217.91	569.66	99.37	\$ 162.47	\$ 1.396	\$ 5,361.51	\$ 795.24	\$ 123.14	\$ 144.44	\$981.67	\$ 7,117.12
Septiembre	33	1,621.82	1,621.82	99.39	\$ 161.79	\$ 1.372	\$ 5,339.07	\$ 2,225.14	\$ 151.28	\$ 185.17	\$1,204.85	\$ 8,735.18
Octubre	31	2,358.13	2,358.13	99.41	\$ 161.60	\$ 1.439	\$ 5,009.60	\$ 3,393.35	\$ 168.06	\$ 205.70	\$1,338.45	\$ 9,703.75
Noviembre	30	1,747.82	1,747.82	99.71	\$ 162.72	\$ 1.460	\$ 4,881.60	\$ 2,551.82	\$ 148.67	\$ 181.97	\$1,184.02	\$ 8,584.14
Diciembre	32	1,287.17	1,287.17	99.47	\$ 163.04	\$ 1.398	\$ 5,217.28	\$ 1,799.46	\$ 140.33	\$ 171.77	\$1,117.65	\$ 8,102.96

Tabla 4.7. Cálculo de la factura eléctrica en el caso de que se utilice el sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

A manera de ejemplo, a continuación se muestran los cálculos realizados para determinar los valores de los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

Los valores de demanda máxima y factor de potencia para el periodo de un año se obtuvieron los datos históricos que se encuentran en un recibo mensual de la sucursal 41 del grupo farmacéutico.

Los valores de diferencia de energía entre consumo y generación corresponden a la diferencia entre el consumo, obtenido también del recibo eléctrico, y la generación que se tendría con el sistema fotovoltaico. Estos valores provienen de la Tabla 4.5. Dado que para el mes de febrero dicha diferencia es positiva, esto es, se consume más de lo que se genera, esta diferencia corresponde al consumo eléctrico (columna “Energía a pagar” en la Tabla 4.7) por el que se debe pagar a CFE. Además, de acuerdo con lo mostrado en el paso 5 de la regla de cobro que se presentó anteriormente, también debe pagarse por la demanda máxima determinada por CFE.

Los cargos por kW de demanda máxima y por kWh consumido, mencionadas en el paso 2 de la regla de cobro de CFE que se presentó anteriormente, se obtuvieron de la página Web de CFE para la tarifa O-M y para los meses de diciembre de 2012 y de enero a noviembre de 2013:

Cargos	Dic./12	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Central												
Demanda (\$/kW)	163.04	164.05	163.54	163.02	163.12	162.66	161.24	160.80	162.47	161.79	161.60	162.72
Energía (\$/kWh)	1.398	1.401	1.349	1.335	1.360	1.441	1.422	1.392	1.396	1.372	1.439	1.460

Tabla 4.8. Tarifas generales en media tensión.

Tarifa O-M de 2013 para la región central.

Fuente: Sistema de Información Energética.

Para el mes de febrero el costo de demanda máxima se obtiene al multiplicar la demanda máxima de ese mes, 34 kW, por el cargo por demanda máxima también de ese mes, 163.54 \$/kW:

$$\text{Costo demanda máxima}_{\text{Febrero}} = 34 \text{ kW} \times 163.54 \text{ \$/kW} = \$ 5,560.36$$

Asimismo, el costo energía se obtuvo al multiplicar el consumo eléctrico a pagar, 1,058.76 kWh, por el cargo por energía, 1.372 \$/kWh:

$$\text{Costo energía}_{\text{Febrero}} = 1,058.76 \text{ kWh} \times 1.349 \text{ \$/kW} = \$ 1,428.27$$

El cargo de 2% baja tensión, se obtiene del 2% de la suma de los importes por cargos de energía y demanda. Este 2% lo cobra CFE considerando las pérdidas de transformación que existen cuando la medición se hace en baja tensión y que no son registradas:

$$2\% \text{ baja tensión}_{\text{Febrero}} = (\$ 5,560.36 + \$ 1,428.27) \times 0.02 = \$ 139.77$$

En cuanto a la bonificación del factor de potencia, la CFE establece las siguientes fórmulas para determinar los porcentajes de recargo y bonificación:

$$\text{Porcentaje de recargo} = 3/5 \times ((90/FP) - 1) \times 100; FP < 90\%$$

$$\text{Porcentaje de bonificación} = 1/4 \times (1 - (90/FP)) \times 100; FP \geq 90\%$$

Los valores resultantes de la aplicación de estas fórmulas se redondearán a un solo decimal, según sea o no menor que 5 (cinco) el segundo decimal.

Como se observa en la Tabla 4.7, en este caso en todos los meses del año el factor de potencia es igual o mayor al 90%. El porcentaje de bonificación por el factor de potencia para el mes de febrero es entonces:

$$\% \text{ Bonificación } FP_{\text{Febrero}} = 1/4 \times (1 - (90/99.55)) \times 100 = 2.4\%$$

Por lo tanto, aplicando el porcentaje de bonificación a la suma de los costos por demanda, energía y 2% baja tensión, la bonificación por el factor de potencia para el mes de febrero es:

$$\text{Bonificación } FP_{\text{Febrero}} = (\$ 5,560.36 + \$ 1,428.27 + \$ 139.77) \times 2.4\% = \$ 171.08$$

Restando la bonificación por el factor de potencia a la suma de los costos por demanda, energía y 2% baja tensión, y aplicando el 16% de IVA a este resultado, se tiene que el costo total a pagar por el mes de febrero si se contará con el sistema fotovoltaico es:

$$\begin{aligned} \text{Costo con paneles}_{\text{Febrero}} \\ = (\$ 5,560.36 + \$ 1,428.27 + \$ 139.77 - \$ 171.08) \times 1.16\% \end{aligned}$$

$$\text{Costo con paneles}_{\text{Febrero}} = \$ 8,070.49$$

El caso del costo sin paneles se obtiene considerando que el costo por el consumo de energía es igual al consumo del recibo eléctrico al no haber ninguna generación de energía por parte del grupo farmacéutico. Siguiendo entonces el mismo procedimiento se tiene que:

$$\text{Costo sin paneles}_{\text{Febrero}} = \$ 21,142.61$$

Como se observa en la Tabla 4.5, el ahorro que se tendría para el mes de febrero es:

$$\text{Ahorro}_{\text{Febrero}} = \$ 21,142.61 - \$ 8,070.49 = \$ 13,072.12$$

Con respecto al siguiente ejemplo, el que corresponde al mes de marzo, en este caso se tiene que la diferencia entre el consumo, obtenido del recibo eléctrico, y la generación que se tendría con el sistema fotovoltaico, es negativa. Esto es, se genera más energía eléctrica de la que se consume. Por lo tanto, para dicho mes el costo a

pagar corresponde únicamente al mínimo mensual establecido en el paso 3 de la regla de cobro de CFE que se presentó anteriormente:

$$\text{Mínimo mensual}_{\text{Marzo}} = \text{Carga por kWh de demanda máxima}_{\text{Marzo}} \times 10$$

$$\text{Mínimo mensual}_{\text{Marzo}} = \$ 163.02 \times 10 = \$ 1,630.20$$

Aplicando el IVA a dicho cargo, se tiene que el costo total a pagar por el mes de mayo si se contará con el sistema fotovoltaico es:

$$\text{Costo con paneles}_{\text{Marzo}} = \$ 1,630.20 \times 1.16 = \$ 1,891.03$$

El caso del costo sin paneles y el ahorro, que se obtienen de la misma manera que se realizó para el mes de febrero, son:

$$\text{Costo sin paneles}_{\text{Marzo}} = \$ 20,465.81$$

$$\text{Ahorro}_{\text{Marzo}} = \$ 20,465.81 - \$ 1,891.03 = \$ 18,574.78$$

Este último ejemplo, el correspondiente al mes de marzo, permite mostrar qué sucede con el excedente de energía que se presenta cuando en un mes se genera más energía eléctrica de la que se consume cuando se considera el sistema fotovoltaico.

En el mes siguiente, el mes de abril, la diferencia entre el consumo, obtenido del recibo eléctrico, y la generación que se tendría con el sistema fotovoltaico, es positiva:

$$\Delta \text{Energía}_{\text{Abril}} = \text{Energía Consumo}_{\text{Abril}} - \text{Energía Generada}_{\text{Abril}}$$

$$\Delta \text{Energía}_{\text{Abril}} = 11,021 \text{ kWh} - 9,823.08 \text{ kWh} = 1,197.92 \text{ kWh}$$

Esto es, se consume más energía de la que se genera. Sin embargo, en el mes inmediato anterior, en el mes de marzo, la diferencia fue negativa, ya que se generó más energía de la que se consume:

$$\Delta \text{Energía}_{\text{Marzo}} = 8,757 \text{ kWh} - 10,322.55 \text{ kWh} = -1,565.55 \text{ kWh}$$

Dicha diferencia negativa se considera un crédito a favor del usuario, el grupo farmacéutico en este caso, que puede ser compensado dentro del periodo de 12 meses siguientes. Por lo tanto, este crédito puede considerarse para la energía a pagar del mes de abril:

$$\text{Energía a pagar}_{\text{Abril}} = \Delta \text{Energía}_{\text{Abril}} + \text{Energía crédito}_{\text{Marzo}}$$

$$\text{Energía a pagar}_{\text{Abril}} = 1,197.92 \text{ kWh} - 1,565.55 \text{ kWh} = -367.63 \text{ kWh}$$

Sobre esta energía a pagar se realizan los cálculos, de la misma manera que se realizó para los meses de febrero y marzo. En este caso, dado que el resultado de aplicar el crédito da como resultado un valor negativo se tiene que: 1) sólo debe realizarse el pago mínimo; y 2) el excedente puede ser utilizado como un crédito para el mes de mayo.

De lo anterior, el pago mínimo y el pago total para el mes de abril que se obtiene al aplicar el IVA para el caso en el que se utiliza el sistema fotovoltaico es:

$$\text{Mínimo mensual}_{\text{Abril}} = \text{Cargo por kWh de demanda máxima}_{\text{Abril}} \times 10$$

$$\text{Mínimo mensual}_{\text{Abril}} = \$ 163.12 \times 10 = \$ 1,631.20$$

$$\text{Costo con paneles}_{\text{Abril}} = \$ 1,631.20 \times 1.16 = \$ 1,892.19$$

Considerando el costo sin paneles para el mismo mes, el ahorro sería:

$$\text{Costo sin paneles}_{\text{Abril}} = \$ 22,247.77$$

$$\text{Ahorro}_{\text{Abril}} = \$ 24,139.58 - \$ 1,892.19 = \$ 22,247.38^{19}$$

Como último ejemplo se tiene el caso del mes de mayo, en donde la diferencia entre la energía consumida y la generada, cuando se considera el sistema fotovoltaico, también es negativa:

$$\Delta \text{Energía}_{\text{Mayo}} = 9,405 \text{ kWh} - 10,150.51 \text{ kWh} = -745.51 \text{ kWh}$$

En este caso, además de realizarse como cargo el pago mínimo para este mes, la diferencia que se tenía del mes anterior se suma a la de este mes, de manera que para el siguiente mes se cuenta con un crédito formado por lo obtenido en los dos meses anteriores:

$$\text{Energía a favor}_{\text{Junio}} = \text{Energía crédito}_{\text{Abril}} + \Delta \text{Energía}_{\text{Mayo}}$$

$$\text{Energía a favor}_{\text{Junio}} = -367.63 \text{ kWh} - 745.51 \text{ kWh} = -1,113.14 \text{ kWh}$$

Considerando que la diferencia entre la energía consumida y generada en el mes de junio cuando se tiene el sistema fotovoltaico es positiva e igual a 1,641.37 kWh, al aplicar el crédito que se acumuló de los meses de abril y mayo, la energía por la que se tiene que pagar en el mes de junio es:

$$\text{Energía a pagar}_{\text{Junio}} = 1,641.37 \text{ kWh} - 1,113.14 \text{ kWh} = 528.23 \text{ kWh}$$

El costo para ésta energía se obtiene de la misma manera que se realizó para el mes de febrero.

¹⁹ En las operaciones mostradas pueden encontrarse pequeñas inconsistencias debido al redondeo. Esto debido a que los resultados provienen de los cálculos realizados con el programa Excel.

Como se mencionó, los procedimientos descritos son los que se utilizaron para obtener la información de los ahorros que se obtienen para un año y que se muestra en la Tabla 4.5.

Por lo que respecta a la inversión inicial requerida para instalar el sistema fotovoltaico, ésta debe considerar los elementos necesarios para poder desarrollar el proyecto y debe considerar aspectos como licencias, contratos, equipos, instalaciones eléctricas, supervisión y puesta en marcha. La Tabla 4.9 muestra los costos de los elementos principales, asumiéndose los demás costos, como el del medidor bidireccional y el de la mano de obra requerida para instalar los paneles, bajo el concepto de “otros”.

Cantidad	Descripción	Modelo	Fabricante	Precio		Total
				US \$	MX \$	
144	Paneles solares	9T6420	Helios Solar Works	\$ 529.20	\$ 6,985.44	\$ 1,005,903.36
1	Inversor	PVS-75-240	Satcon	\$ 29,500.00	\$ 389,400.00	\$ 389,400.00
3	String Box	A4-L50-F4-iC	Siemens	\$ 164.00	\$ 2,164.80	\$ 6,494.40
1	Software	Plantviewer	Helios Systems	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00
1	Estructura	IsoTop	Schletter	-	\$ 60,000.00	\$ 60,000.00
15 metros	Cable	AWG 8	Iusa	-	\$ 11.50	\$ 172.50
100 metros	Cable	AWG 12	Iusa	-	\$ 8.50	\$ 850.00
-	Otros	-	-	-	\$ 100,000.00	\$ 100,000.00
						\$ 1,562,820.26

Tabla 4.9. Inversión inicial requerida para instalar el sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia con datos de los fabricantes.

Al igual que en el caso de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas, los costos de inversión y ahorros generados del sistema fotovoltaico se utilizan para determinar, desde el punto de vista económico, si al grupo farmacéutico le conviene invertir y llevar a cabo dicha propuesta. Para ello también se emplean las técnicas de Ingeniería Económica que se presentan a continuación.

4.2 VARIABLES ECONÓMICAS

En esta sección se presentan las variables económicas que se utilizan para determinar si las inversiones realizadas y los ahorros obtenidos resultan atractivos para los inversionistas o directivos del grupo farmacéutico.

4.2.1 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El método del valor presente neto (VPN), y en general las técnicas de Ingeniería Económica, se basan en el concepto del valor del dinero en el tiempo. Esto es, en el hecho de que el dinero hoy vale una suma diferente en el futuro.

Un ejemplo muy sencillo de lo anterior es el caso de una cuenta bancaria con una tasa de interés anual de 5% en la que al día de hoy se tienen \$ 10,000.00. Con dicha tasa de interés, un año después se tendrán en dicha cuenta \$ 10,500.00. Considerando las condiciones mencionadas, se dice que tener \$ 10,000.00 el día de hoy es equivalente a tener \$ 10,500.00 dentro de un año.

De la misma manera, en el método del valor presente neto todos los gastos e ingresos futuros se transforman en su equivalencia actual para poder compararlos:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ecuación 4.1. Valor presente neto.}$$

Donde:

V_t son los flujos de efectivo (gastos menos ahorros) en cada año

I_0 es la inversión inicial

n es el número de años

k es la tasa de interés

En el siguiente punto se define cuál es la tasa de interés que se utiliza para determinar el valor presente neto de un proyecto.

4.2.2 TASA MÍNIMA ATRACTIVA DE RETORNO (TMAR O TREMA)

En todo análisis en el que se considere el valor del dinero en el tiempo existe una tasa de interés. Ésta puede ser la inflación, la tasa de rendimiento de una cuenta bancaria, la tasa aplicada a un préstamo, etcétera.

En el caso de cualquier inversión rentable, el inversionista espera recibir más dinero del que invirtió. En otras palabras, debe ser posible obtener una tasa de retorno o un retorno sobre la inversión. Para un periodo de tiempo determinado, la tasa de retorno (TR) se calcula como:

$$TR = \frac{\textit{Suma actual} - \textit{Inversión}}{\textit{Inversión}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4.2. Tasa de retorno.}$$

Para el ejemplo anterior de la cuenta bancaria, si sólo se conociera que la suma actual es de \$ 10,500.00 y que la inversión un año atrás fue de \$ 10,000.00, se tendría entonces que la tasa de retorno en un año es:

$$TR = \frac{\$ 10,500.00 - \$ 10,000.00}{\$ 10,000.00} \times 100\% = 5\%$$

En el caso de evaluación de alternativas, se espera que la tasa de retorno sea atractiva. Esto es, que sea más alta que la tasa esperada de un banco o alguna inversión segura que comprenda un riesgo mínimo de inversión. A esta tasa se le denomina “tasa mínima atractiva de retorno” (TMAR) o “tasa de retorno mínima aceptable” (TREMA). También se hace referencia a la TREMA como la tasa base para proyectos; es decir, para que un proyecto sea considerado económicamente viable, la tasa de retorno esperada debe igualar o exceder la TREMA o tasa base.

En los métodos de comparación de alternativas, como el del valor presente neto y la anualidad equivalente, la tasa de interés que se utiliza es la TREMA. Considerando lo anterior, el valor presente neto se define como:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TREMA)^t} - I_0$$

Ecuación 4.3. Valor presente neto en función de la TREMA.

Para que una alternativa se considere económicamente viable, el valor presente neto debe ser igual o mayor a cero:

$$VPN \geq 0$$

Lo cual significa que la tasa de retorno mínima aceptable es alcanzada ($VPN = 0$) o excedida ($VPN \geq 0$).

Cabe mencionar que la TREMA generalmente es establecida por el área de las empresas encargada de las finanzas. Factores como el costo del capital y el riesgo de inversión influyen en el valor de la TREMA. Por ejemplo, si para un proyecto se va a solicitar un préstamo, la TREMA que se establezca tiene que ser, como mínimo, mayor al interés de dicho préstamo. Asimismo, si un proyecto representa un riesgo alto debido las variaciones del mercado o a otras condiciones, la TREMA debe considera dicho riesgo.

Para los efectos de este trabajo, la TREMA se fijó en 20% para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas de las sucursales y para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico. Dicho valor está considerablemente arriba de la tasa de inflación anual actual (4.23%²⁰) y de las tasa de rendimiento de los distintos instrumentos bancarios que se encuentra entre el 3.5% y el 5.13% (UDIS) anual.

²⁰ Tasa de inflación (INPC - Índice Nacional de Precios al Consumidor) actualizada a febrero de 2014. Fuente: <http://www.banxico.org.mx/portal-inflacion/inflacion.html>. Consultada el 13 de marzo de 2013.

4.2.3 VALOR ANUAL O ANUALIDAD EQUIVALENTE

El método del valor anual (VA) o anualidad equivalente (A_E) se utiliza comúnmente para comparar alternativas. En éste, todos los ingresos y gastos se convierten en una cantidad anual uniforme equivalente, que es la misma para cada periodo. La ventaja principal de este método sobre los demás radica en que con éste pueden compararse con facilidad alternativas que tienen vidas diferentes.

La anualidad equivalente puede determinarse por medio del valor presente neto:

$$A_E = VPN \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Ecuación 4.4. Anualidad equivalente.}$$

Donde:

VPN es el valor presente neto

i es la tasa de interés (la TREMA en este caso)

n es el número de años

4.2.4 RELACIÓN BENEFICIO/COSTO

Otra técnica de Ingeniería Económica que se utiliza para analizar la viabilidad de un proyecto es la relación beneficio/costo de una alternativa, aunque algunas veces este método se considera complementario, ya que se utiliza comúnmente en forma conjunta con el análisis de valor presente o del valor anual.

La relación beneficio costo permite identificar cuál es la ganancia que se obtiene por cada peso invertido:

$$B/C = \frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} \quad \text{Ecuación 4.5. Relación beneficio/costo.}$$

Antes de calcular una razón B/C, todos los beneficios y costos identificados deben convertirse a unidades comunes: valor presente, valor anual o valor futuro equivalente. En estos cálculos la tasa utilizada también es la TREMA.

Una razón B/C mayor que uno indica que el proyecto evaluado es económicamente ventajoso, mientras que un valor igual a uno indica que se recupera la inversión con la ganancia mínima que se determinó al establecer la TREMA:

$$B/C \geq 1$$

Cabe mencionar que los beneficios pueden también expresarse como el resultado de restar a los beneficios positivos (ventajas) los beneficios negativos (desventajas).

4.2.5 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de interés a la que el valor presente neto de los costos de una inversión es igual al valor presente neto de los beneficios de la inversión.

Considerando la Ecuación 4.1 que se mencionó al definir el valor presente neto, la tasa interna de retorno es aquel valor de k que satisface la siguiente ecuación:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

Ecuación 4.6. Relación entre el valor presente neto y la tasa interna de retorno.

La tasa interna de retorno se utiliza habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto, siempre y cuando dicha tasa sea mayor o igual a la TREMA. Una tasa interna de retorno menor a la TREMA indica que no se recupera la inversión con la ganancia mínima que se determinó al establecer esta última.

4.2.6 PERIODO DE RECUPERACIÓN SIMPLE

El período de recuperación es el tiempo necesario para que los beneficios netos de un proyecto igualen al capital invertido. Su principal utilidad es conocer en qué tiempo, una inversión genera las ganancias suficientes para igualar el monto de la inversión inicial. Calculado por medio de interpolación lineal, el período de recuperación simple está dado por:

$$P_R = n + \frac{(F)n}{((F)n - (FA)n + 1)}$$

Ecuación 4.7. Periodo de recuperación simple.

Donde:

n es el año anterior al que se presenta el último cambio de signo de negativo a positivo del flujo total acumulado

$(F)n$ es el flujo total acumulado en el año n

$(FA)n + 1$ es el flujo total acumulado en el año siguiente a n

4.2.7 VIABILIDAD ECONÓMICA DE UN PROYECTO

Considerando las técnicas económicas mencionadas en los puntos anteriores, para que un proyecto o alternativa sea económicamente viable, debe de cumplirse que:

- $VPN \geq 0$
- $B/C \geq 1$
- $TIR \geq TREMA$

Cabe mencionar que los casos en que se tenga $VPN = 0$, $B/C = 1$ o $TIR = TREMA$, sólo se gana el valor de la TREMA. Por lo tanto, para dichos casos, deben de analizarse otros criterios para apoyar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto.

4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS

Partiendo de los costos de inversión y ahorros generados que anteriormente se determinaron para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas y para instalar un sistema fotovoltaico, a continuación se utilizan las técnicas de Ingeniería Económica para determinar, desde el punto de vista económico, si al grupo farmacéutico le conviene invertir y llevar a cabo dichas propuestas.

4.3.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS PROPUESTAS DE ILUMINACIÓN REALIZADAS PARA LOS PISOS DE VENTAS

Para determinar el valor presente neto de la propuesta del escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31, es necesario identificar los gastos e ingresos que se tendrán a lo largo de un periodo. Para el análisis de las alternativas el periodo que se consideró es de 20 años.

Partiendo de lo establecido en el punto “4.1.1 Determinación de costos de inversión y ahorros generados de las propuestas realizadas para los pisos de ventas”, se tiene que la inversión inicial para el caso de la sucursal 31 es de \$ 51,695.00 y que los ahorros anuales son de \$ 23,405.00.

Con respecto a las inversiones que se requieren hacer durante un periodo de 20 años, se tiene lo siguiente:

- Cada 3 años será necesario cambiar el driver de los tubos LED T5. Para ello se considera un costo de \$ 100.00 por driver para cada par de tubos y de \$ 25.00 de mano de obra. Considerando 35 pares de lámparas el total es de \$ 4,375.00.
- El tiempo de vida de los tubos LED T5 cuando éstos se mantienen encendidos de manera permanente es de 50,000 horas. Esto equivale a 5.7 años. Por lo tanto, se considera necesario cambiar los tubos LED T5 cada 5 años. Tomando en cuenta que el precio de cada par de tubos es de \$ 1,452.00, que el costo de

la mano de obra para realizar el cambio es de \$ 25.00 y que se tienen 35 pares de lámparas, el costo total es de \$ 51,695.00.

Utilizando valores redondeados,²¹ la siguiente tabla muestra las inversiones y ahorros que se tienen a lo largo de 20 años, el ingreso anual neto (ahorros menos inversiones) y el flujo neto por año. También se muestra el valor presente neto considerando una TREMA de 20% y la inversión inicial redondeada a \$ 52,000.00:

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 52,000.00	\$ 0.00	(\$ 52,000.00)	(\$ 52,000.00)
1	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	(\$ 28,600.00)
2	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	(\$ 5,200.00)
3	\$ 4,500.00	\$ 23,400.00	\$ 18,900.00	\$ 13,700.00
4	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 37,100.00
5	\$ 52,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 28,600.00)	\$ 8,500.00
6	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 31,900.00
7	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 55,300.00
8	\$ 4,500.00	\$ 23,400.00	\$ 18,900.00	\$ 74,200.00
9	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 97,600.00
10	\$ 52,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 28,600.00)	\$ 69,000.00
11	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400	\$ 92,400.00
12	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400	\$ 115,800.00
13	\$ 4,500.00	\$ 23,400.00	\$ 18,900.00	\$ 134,700.00
14	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 158,100.00
15	\$ 52,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 28,600.00)	\$ 129,500.00
16	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 152,900.00
17	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 176,300.00
18	\$ 4,500.00	\$ 23,400.00	\$ 18,900.00	\$ 195,200.00
19	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 218,600.00
20	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 242,000.00
VPN	\$ 25,037.00			

Tabla 4.10. Determinación del valor presente neto para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

²¹ Para los análisis económicos y financieros realizados en este trabajo, se utilizaron valores redondeados con la finalidad de facilitar la presentación y comunicación de los mismos. Los costos e inversiones se redondearon hacia arriba, mientras que los ahorros hacia abajo.

El VPN se determinó a partir de la Ecuación 4.1 anteriormente presentada:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TREMA)^t} - I_0$$

Donde:

V_t corresponde a los ingresos anuales netos

I_0 es la inversión inicial de \$ 52,000.00

n es igual a 20 años

La $TREMA$ es igual al 20%

Como se muestra en la Tabla 4.10, el valor que se obtiene para el valor presente neto es:

$$VPN = \$ 25,037.00$$

Por lo que se refiere a la anualidad equivalente, calculada a partir de la Ecuación 4.4, ésta es:

$$A_E = \$ 25,037.00 \times \frac{0.20(1 + 0.20)^{20}}{(1 + 0.20)^{20} - 1}$$

$$A_E = \$ 5,141.00$$

En cuanto a la relación B/C, de acuerdo con la Ecuación 4.5, se tiene:

$$B/C = \frac{\$ 113,948.00}{\$ 52,000.00 + \$ 36,911.00} = \frac{\$ 113,948.00}{\$ 88,911.00} = 1.28$$

$$B/C = 1.28$$

En donde los beneficios y costos corresponden al valor presente de los ahorros e inversiones.

Con respecto al cálculo de la TIR, ésta se determinó por medio de la fórmula del programa Excel:

$$TIR = 33\%$$

En lo que toca al periodo de recuperación, la Figura 4.1 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos.

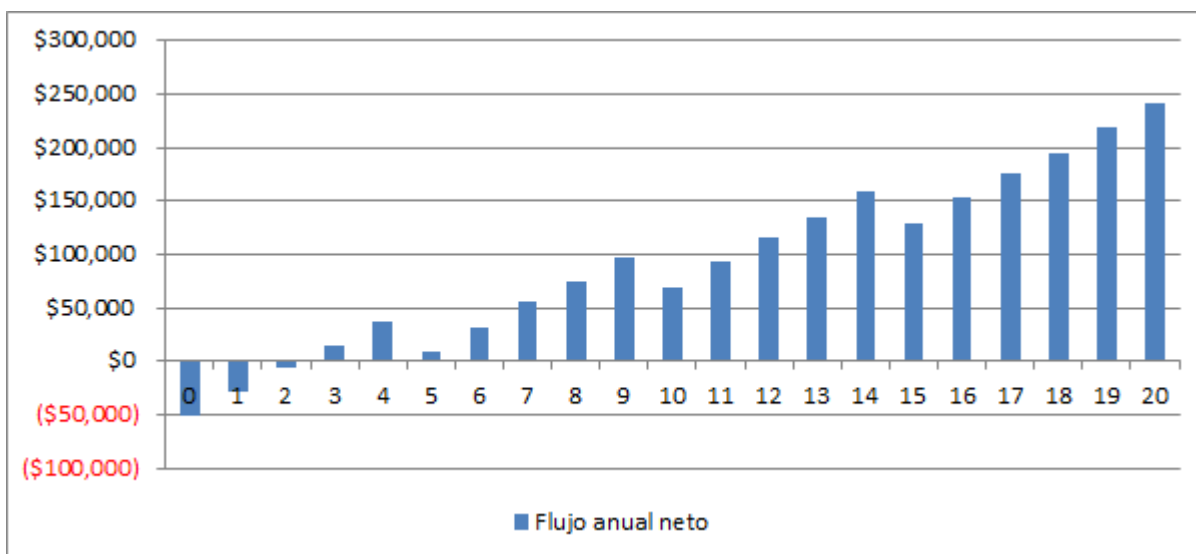


Figura 4.1. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.1, el flujo del año cero corresponde a la inversión inicial.

Como se observa en la Figura 4.1, entre los años 2 y 3 el flujo anual neto cambia de negativo a positivo. De tal manera, el periodo de recuperación es:

$$P_R = 2 + \frac{-\$ 5,200.00}{-\$ 5,200.00 - \$ 13,700.00}$$

$P_R = 2.28$ años

En la Tabla 4.11 se resume el valor de las variables económicas obtenidas para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31:

TREMA	20%
Periodo	20 años
VPN	\$ 25,037.00
A_E	\$ 5,141.00
B/C	1.28
TIR	33%
P_R simple	2.28

Tabla 4.11. Variables económicas para el escenario “3a”
del piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores mostrados en la Tabla 4.11 la propuesta del escenario “3a” es económicamente viable para el piso de ventas de la sucursal 31.

Sin embargo, considerando la cantidad de tubos LED T5 que puede llegar a adquirir el grupo farmacéutico, la venta al mayoreo le ofrece la capacidad de negociar un descuento. Aquí suponemos un descuento del 35% por compras consolidadas al por mayor dado que podrían ser las equivalentes para el total de las sucursales del grupo. Con dicho descuento, se tiene entonces que:

La inversión inicial disminuye a \$ 33,908.00:

- Total: $35 \times ((\$ 1,452.00 \times 0.65) + \$ 25.00) = \$ 33,908.00$

- La inversión requerida cada 3 años para cambiar los drivers de los tubos LED T5 desciende a \$ 3,150.00:
 - Total: $35 \times ((\$ 100.00 \times 0.65) + \$ 25.00) = \$ 3,150.00$

- La inversión requerida para cambiar los tubos LED T5 cada 5 años baja a \$ 33,908.00:
 - Total: $35 \times ((\$ 1,452.00 \times 0.65) + \$ 25.00) = \$ 33,908.00$

Considerando el descuento mencionado, la Tabla 4.12 muestra las inversiones y ahorros, en valores redondeados, que se tienen a lo largo de 20 años, junto con el ingreso anual neto y el flujo neto por año. También se muestra el valor presente neto considerando una TREMA de 20%.

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 34,000.00	\$ 0.00	(\$ 34,000.00)	(\$ 34,000.00)
1	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	(\$ 10,600.00)
2	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 12,800.00
3	\$ 3,200.00	\$ 23,400.00	\$ 20,200.00	\$ 33,000.00
4	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 56,400.00
5	\$ 34,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 10,600.00)	\$ 45,800.00
6	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 69,200.00
7	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 92,600.00
8	\$ 3,200.00	\$ 23,400.00	\$ 20,200.00	\$ 112,800.00
9	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 136,200.00
10	\$ 34,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 10,600.00)	\$ 125,600.00
11	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 149,000.00
12	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 172,400.00
13	\$ 3,200.00	\$ 23,400.00	\$ 20,200.00	\$ 192,600.00
14	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 216,000.00
15	\$ 34,000.00	\$ 23,400.00	(\$ 10,600.00)	\$ 205,400.00
16	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 228,800.00
17	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 252,200.00
18	\$ 3,200.00	\$ 23,400.00	\$ 20,200.00	\$ 272,400.00
19	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 295,800.00
20	\$ 0.00	\$ 23,400.00	\$ 23,400.00	\$ 319,200.00
VPN	\$ 55,571.00			

Tabla 4.12. Determinación del valor presente neto para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31 considerando un 35% de descuento en el precio de tubos LED T5 y drivers.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.2 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos.

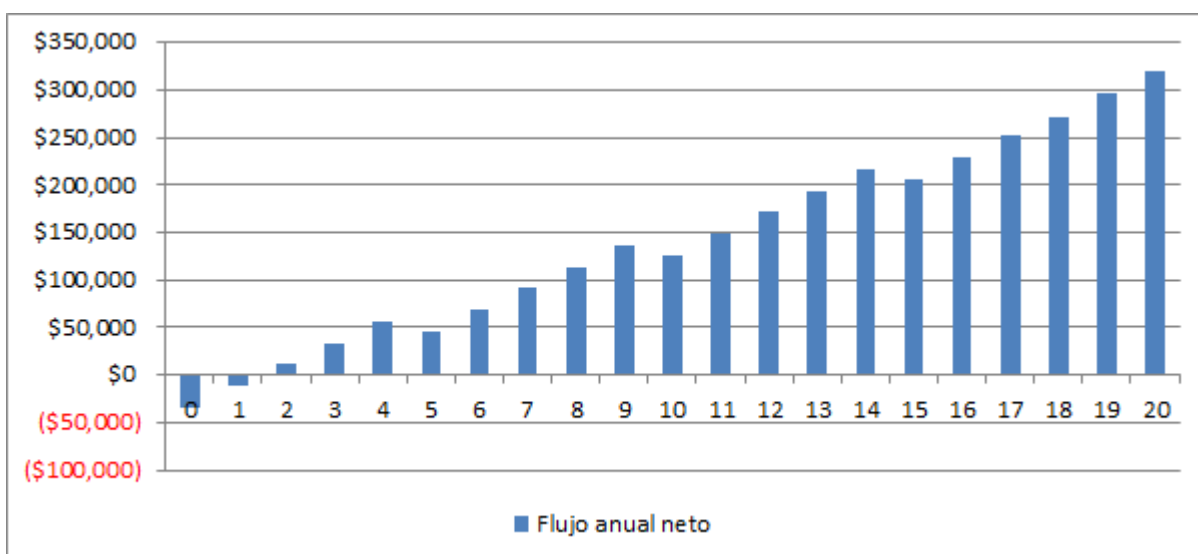


Figura 4.2. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31 considerando un 35% de descuento en el precio de tubos LED T5 y drivers.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los demás parámetros económicos, éstos se muestran a continuación, comparándolos con los obtenidos sin el descuento:

TREMA	20%	20%
Periodo	20 años	20 años
Descuento	0%	35%
VPN	\$ 25,037.00	\$ 55,571.00
A_E	\$ 5,141.00	\$ 11,412.00
B/C	1.28	1.95
TIR	33%	61%
P_R simple	2.28	1.45

Tabla 4.13. Variables económicas para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa y era de esperarse, el descuento del 35% hace que el proyecto del escenario “3a” para el piso de ventas de la sucursal 31 sea mucho más atractivo.

Con respecto a los casos de los pisos de ventas de las sucursales 6, 24 y 26, a continuación se muestran los resultados que se obtienen a realizar el análisis económico siguiendo el mismo método que se utilizó para el piso de ventas de la sucursal 31 y considerando el descuento del 35%. Se incluyen también los resultados ya presentados de la sucursal 31.

Sucursal	6	24	26	31
TREMA	20%	20%	20%	20%
Periodo	20 años	20 años	20 años	20 años
Descuento	35%	35%	35%	35%
VPN	(\$ 30,873.00)	(\$ 11,794.00)	\$ 27,416.00	\$ 55,571.00
A _E	(\$ 6,340.00)	(\$ 2,422.00)	\$ 5,630.00	\$ 11,412.00
B/C	0.69	0.87	1.26	1.95
TIR	5%	14%	31%	61%
P _R simple	17.55	6.72	2.48	1.45

Tabla 4.14. Variables económicas para las propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para los pisos de ventas de la sucursales 6, 24, 26 y 31.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.14 se observa que los resultados no resultan atractivos para las sucursales 6 y 24, por lo que es necesario pensar en buscar otros factores económicos-estratégicos que permitan hacer más atractivos los resultados económicos.

4.3.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE UTILIZAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para determinar el valor presente neto de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico también se identifican los gastos e ingresos que se tendrán a lo largo de un periodo. Al igual que en el caso de las propuestas de iluminación para pisos de ventas, el periodo que se considera para el análisis es de 20 años.

Como se mostró en la Tabla 4.9, la inversión inicial requerida para llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico es de \$ 1,562,820.26.

Por lo que se respecta a los ingresos obtenidos, el ingreso anual neto corresponde a los ahorros que se tienen en un año menos las inversiones realizadas para ese mismo año. Para tomar en cuenta la inflación, los ahorros para cada año se calcularon considerando un 4% de inflación anual:

Ahorros año 1 = Ahorros obtenidos con el sistema fotovoltaico

Ahorros año 2= Ahorros año 1+ 4% inflación

Ahorros año n= Ahorros año (n-1)+ 4% inflación

La Tabla 4.15 muestra las inversiones y ahorros que se tienen a lo largo de 20 años, el ingreso anual neto (ahorros menos inversiones) y el flujo neto por año. También se muestra el valor presente neto considerando una TREMA de 20% y la inversión inicial redondeada a un valor de \$ 1,565,000.00.

Cabe mencionar que Tabla 4.15 no incluye costos anuales por mantenimiento ni inversiones anuales por adquisición de nuevos paneles. Lo primero se debe a que al sólo requerir los paneles la limpieza de su superficie y no requerir ningún tipo de mantenimiento especializado, se considera que los trabajos pueden ser realizados sin costos adicionales significativos por el área de mantenimiento del grupo farmacéutico. Sobre la adquisición de nuevos paneles, éstos tienen una vida útil de 25 años, por lo que no es necesario su cambio por envejecimiento en el periodo de 20 años analizado.

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 1,565,000.00	\$ 0.00	(\$ 1,565,000.00)	(\$ 1,565,000.00)
1	\$ 0.00	\$ 185,004.00	\$ 185,004.00	(\$ 1,379,996.00)
2	\$ 0.00	\$ 192,404.00	\$ 192,404.00	(\$ 1,187,592.00)
3	\$ 0.00	\$ 200,101.00	\$ 200,101.00	(\$ 987,491.00)
4	\$ 0.00	\$ 208,105.00	\$ 208,105.00	(\$ 779,386.00)
5	\$ 0.00	\$ 216,429.00	\$ 216,429.00	(\$ 562,957.00)
6	\$ 0.00	\$ 225,086.00	\$ 225,086.00	(\$ 337,871.00)
7	\$ 0.00	\$ 234,090.00	\$ 234,090.00	(\$ 103,781.00)
8	\$ 0.00	\$ 243,453.00	\$ 243,453.00	\$ 139,672.00
9	\$ 0.00	\$ 253,191.00	\$ 253,191.00	\$ 392,863.00
10	\$ 0.00	\$ 263,319.00	\$ 263,319.00	\$ 656,182.00
11	\$ 0.00	\$ 273,852.00	\$ 273,852.00	\$ 930,034.00
12	\$ 0.00	\$ 284,806.00	\$ 284,806.00	\$ 1,214,840.00
13	\$ 0.00	\$ 296,198.00	\$ 296,198.00	\$ 1,511,038.00
14	\$ 0.00	\$ 308,046.00	\$ 308,046.00	\$ 1,819,084.00
15	\$ 0.00	\$ 320,368.00	\$ 320,368.00	\$ 2,139,452.00
16	\$ 0.00	\$ 333,183.00	\$ 333,183.00	\$ 2,472,635.00
17	\$ 0.00	\$ 346,510.00	\$ 346,510.00	\$ 2,819,145.00
18	\$ 0.00	\$ 360,370.00	\$ 360,370.00	\$ 3,179,515.00
19	\$ 0.00	\$ 374,785.00	\$ 374,785.00	\$ 3,554,300.00
20	\$ 0.00	\$ 389,777.00	\$ 389,777.00	\$ 3,944,077.00
VPN				(\$ 474,808.00)

Tabla 4.15. Determinación del VPN para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tala, el valor presente neto es menor a cero:

$$VPN = (\$ 474,808.00)$$

Esto indica que con las inversiones y ahorros determinados, el proyecto no es viable económicamente para el valor de la TREMA establecido.

El cálculo de las demás variables económicas se desarrolla a continuación.

Por lo que se refiere a la anualidad equivalente, calculada a partir de la Ecuación 4.4, ésta es:

$$A_E = -\$ 474,808.00 \times \frac{0.20(1 + 0.20)^{20}}{(1 + 0.20)^{20} - 1}$$

$$A_E = (\$ 97,505.00)$$

Como era de esperarse, la anualidad equivalente es menor a cero. Al igual que en el caso del valor presente neto, esto indica que con las inversiones y ahorros determinados, el proyecto no es viable económicamente para el valor de la TREMA establecido.

En cuanto a la relación B/C, de acuerdo con la Ecuación 4.5, se tiene:

$$B/C = \frac{\$ 1,090,192.00}{\$ 1,565,000.00} = 0.70$$

$$B/C = 0.70$$

En donde los beneficios y costos corresponden al valor presente de los ahorros e inversiones. Al ser la relación B/C menor a 1, esto indica que por cada peso invertido se obtendrán 70 centavos, lo que también confirma la ya mencionada no viabilidad económica del proyecto para las condiciones dadas.

Con respecto al cálculo de la TIR, ésta se determinó por medio de la fórmula del programa Excel:

$$TIR = 13.90\% \approx 14\%$$

En este caso se muestran dos decimales para indicar que se requiere una TREMA menor al 14% (estrictamente hablando, menor al 13.90%), para que el proyecto se considere económicamente viable. Aunque dicho valor para la TREMA no resulta atractivo para que una empresa invierta en un proyecto con las características de inversión y riesgo del aquí analizado, más adelante se contempla la posibilidad de que el grupo farmacéutico considere la posibilidad de utilizar una TREMA del 12%. Y al igual que en las compras consolidadas por las luminarias, aquí el grupo farmacéutico también podría tener la fuerza para negociar una compra consolidada por sistemas fotovoltaicos para el total de las sucursales, con lo cual podría lograrse un descuento apreciable en las inversiones.

En lo que toca al periodo de recuperación, la Figura 4.3 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos.

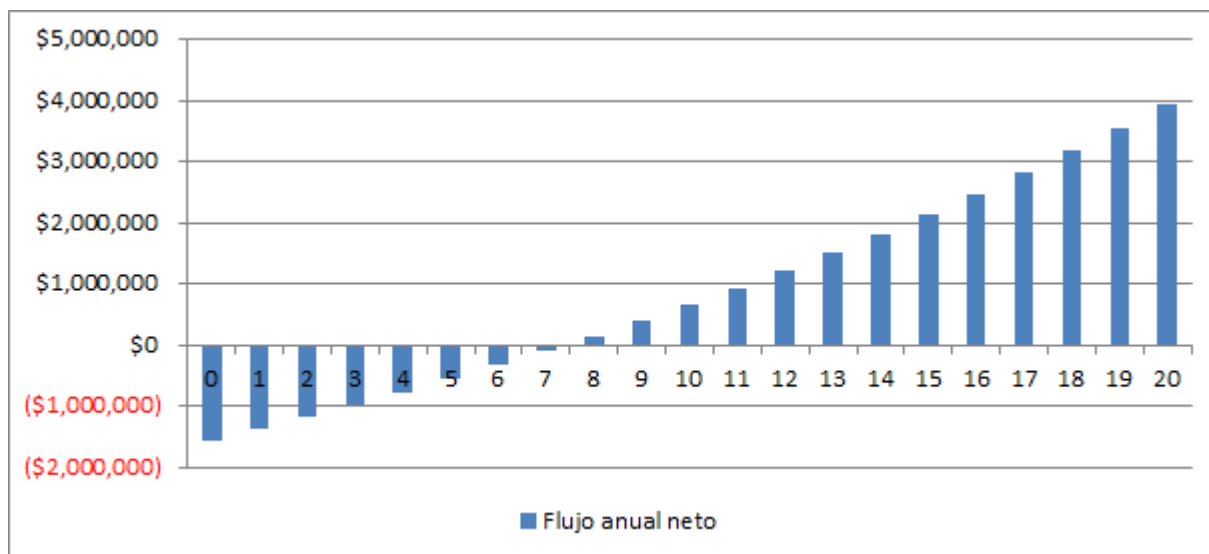


Figura 4.3. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.3, el flujo del año cero corresponde a la inversión inicial. Como se observa en la figura, el flujo anual neto cambia de negativo a positivo entre los años 7 y 8. De tal manera, el periodo de recuperación es:

$$P_R = 7 + \frac{-\$ 103,781.00}{-\$ 103,781.00 - \$ 139,672.00}$$

$P_R = 7.43$ años

Mientras que estrictamente este valor no determina la viabilidad económica del proyecto, sí indica que tendrían que pasar cerca de 7 años y medio para que se recupere la inversión, lo cual no resulta atractivo para una empresa.

En la siguiente tabla se presenta el resumen de los valores de las variables económicas determinadas para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41:

TREMA	20%
Periodo	20 años
VPN	(\$ 474,808.00)
A_E	(\$ 97,505.00)
B/C	0.70
TIR	14%
P_R simple	7.43

Tabla 4.16. Variables económicas para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha mencionado, los resultados no resultan atractivos, por lo que, al igual que sucede con los casos de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas de las sucursales 6 y 24, es necesario pensar en buscar otros factores económicos-estratégicos que permitan hacer más atractivos los resultados económicos.

4.3.3 REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Por lo que se refiere al componente ambiental, las propuestas realizadas para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas, junto con la de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41, representan para el grupo farmacéutico una reducción en el consumo anual de energía eléctrica de 132,630.98 kWh, como se muestra en la siguiente tabla:

	Consumo anual total (kWh)		
	Escenario actual	Escenario propuesto	Ahorro
Sucursal 6	24,440.40	16,714.10	7,726.30
Sucursal 24	19,534.80	13,245.10	6,289.70
Sucursal 26	23,336.60	15,452.60	7,884.00
Sucursal 31	19,009.20	11,037.60	7,971.60
Fotovoltaico	-	-	102,759.38
Total	86,321.00	56,449.40	132,630.98

Tabla 4.17. Reducción del consumo anual total derivado de las propuestas de iluminación en los pisos de ventas y del uso de un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

La información del consumo anual total para los diferentes escenarios de la Tabla 4.17 proviene de la Tabla 4.1, la Tabla B.1, la Tabla B.3, la Tabla B.5 y la Tabla 4.5. En el caso del sistema fotovoltaico, el ahorro corresponde a los kWh anuales que se generan por medio de este sistema.

A partir de los factores de emisión de electricidad promedio del periodo 2002 al 2012 reportados por el Programa GEI México que se presentan en la Tabla 4.18, se tiene que la media anual de las emisiones de CO₂ equivalentes provenientes de la generación de electricidad en el del Sistema Eléctrico Nacional es de 0.5292 [tCO₂eq/MWh]. CO₂eq o CO₂e es una medida que representa, para una mezcla dada de gases de efecto invernadero, la cantidad de CO₂ que tendría el mismo potencial de calentamiento global a lo largo de un periodo de tiempo determinado (típicamente de 100 años).

Año	Factor de emisión de electricidad promedio [tCO₂eq/MWh]
2002	0.6046
2003	0.6080
2004	0.5484
2005	0.5557
2006	0.5246
2007	0.5171
2008	0.4698
2009	0.5057
2010	0.4946
2011	0.5002*
2012	0.4929

* Dato estimado por el Programa GEI México.

Tabla 4.18. Factores de emisión de electricidad promedio anuales del Sistema Eléctrico Nacional para el periodo 2002 - 2012.

Fuente: Modificado de Factor de Emisión Eléctrico 2012. Programa GEI México.

<http://www.geimexico.org/factor.html>. Consultada el 29/03/2014.

Considerando el ahorro en el consumo anual de energía eléctrica de 132,630.98 kWh calculado anteriormente, la reducción de emisiones de CO₂ que éste representaría es de 70.19 tCO₂eq por año.

Cabe mencionar que esta reducción en emisiones de CO₂ puede llegar a convertirse en un ingreso para el grupo farmacéutico por medio de programas de venta de bonos de carbono. En los mercados internacionales, el precio del bono de carbono varía de acuerdo con la ley de la oferta y la demanda, pero tomando un valor de US \$ 6.00 por tCO₂eq y un tipo de cambio de \$ 13.20 por dólar, los ingresos anuales que el grupo farmacéutico podría obtener por la reducción de emisiones de carbono derivados únicamente de las propuestas realizadas para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas, junto con la de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41 es, en números redondos, de \$ 5.560.00

Vale la pena mencionar que una metodología que también es utilizada en México para estimar la reducción de emisiones de CO₂ a partir de una reducción en el consumo eléctrico, es la que se elaboró como parte del proyecto de la Hidroeléctrica el Gallo.²²

En dicho proyecto se estableció la tasa de emisiones base de tonelada de CO₂ equivalente por MWh a partir del valor estimado para el 2001 con base en la información publicada por la Secretaría de Energía en Prospectiva del Sector Eléctrico, 2002-2011, y calculado en 0.766 tCO₂eq/MWh, junto con la estimación del valor que aportan a partir del 2001 las nuevas plantas generadoras de electricidad de ciclo combinado a gas natural, calculado en 0.404 tCO₂eq/MWh. Tomando el promedio de ambos valores, y después de realizar ajustes que consideran la importación de energía eléctrica, el valor que se estableció para la tasa de emisiones base de tonelada de CO₂ equivalente por MWh en el proyecto de la Hidroeléctrica el Gallo es de 0.587 tCO₂eq/MWh.

Si se considera el valor anterior, junto con el precio del bono de carbono de US \$ 6.00 por tCO₂eq y el tipo de cambio de \$ 13.20, mencionados anteriormente, los ingresos anuales que el grupo farmacéutico podría obtener por la reducción de emisiones de carbono derivados únicamente de las propuestas realizadas para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas, junto con la de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41 es, en números redondos, de \$ 6,170.00.

²² Prototype Carbon Fund. Mexico: El Gallo Hydroelectric Project. April 21, 2004. http://www.dnv.com/focus/climate_change/upload/pdd_el%20gallo_2004-04-21.pdf. Consultada el 30/03/2014.

4.4 ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS

Para la realización de diferentes proyectos, las empresas pueden recurrir a fuentes de financiamiento para sufragar total o parcialmente los gastos de los mismos. Una razón por la que se puede buscar el financiamiento de un proyecto es porque no se cuenta con el capital necesario para llevarlo a cabo. Sin embargo, también puede utilizarse el financiamiento para aumentar la rentabilidad de un proyecto, en donde éste puede financiarse con recursos de terceros por los que hay que pagar menores intereses que los que se obtienen por las ganancias o ahorros que genera el proyecto. En este último punto es necesario que los intereses que se pagan por los préstamos del financiamiento sean menores a la TREMA que se establece para el proyecto.

Dentro del financiamiento de un proyecto, el apalancamiento financiero es la relación entre el capital propio y el de terceros que componen el monto total a ser utilizado.

Mientras que existen programas de apoyo financiero que, bajo condiciones específicas, pueden cubrir el monto total de las inversiones requeridas para las propuestas de iluminación y de instalar un sistema fotovoltaico analizadas en este trabajo, como lo son algunos de los ofrecidos por el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica), a continuación se presenta el análisis financiero para el caso de que el grupo farmacéutico opte por solicitar créditos con condiciones muy similares a las que se utilizan para dicho tipo de propuestas y a los que podría tener acceso con mayor facilidad. Estas condiciones son:

- Tasa de interés del crédito: 9% anual
- Apalancamiento: 80%
- Plazo de pago del crédito: 6 años

4.4.1 ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS DE ILUMINACIÓN REALIZADAS PARA LOS PISOS DE VENTAS

Para llevar a cabo el análisis financiero para las propuestas de iluminación realizadas para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas, se consolidaron todas las inversiones y ahorros para tener el total de las mismas. Esto se muestra en la siguiente tabla, que también muestra el valor presente neto considerando una TREMA de 20%.

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 215,000.00	\$ 0.00	(\$ 215,000.00)	(\$ 215,000.00)
1	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	(\$ 133,700.00)
2	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	(\$ 52,400.00)
3	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 10,400.00
4	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 91,700.00
5	\$ 196,000.00	\$ 81,300.00	(\$ 114,700.00)	(\$ 23,000.00)
6	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 58,300.00
7	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 139,600.00
8	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 202,400.00
9	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 283,700.00
10	\$ 196,000.00	\$ 81,300.00	(\$ 114,700.00)	\$ 169,000.00
11	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 250,300.00
12	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 331,600.00
13	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 394,400.00
14	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 475,700.00
15	\$ 196,000.00	\$ 81,300.00	(\$ 114,700.00)	\$ 361,000.00
16	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 442,300.00
17	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 523,600.00
18	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 586,400.00
19	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 667,700.00
20	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 749,000.00
VPN	\$ 40,320.00			

Tabla 4.19. Inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de las demás variables económicas, incluyendo también el valor presente neto, se muestran a continuación:

TREMA	20%
Periodo	20 años
Descuento	35%
VPN	\$ 40,320.00
A_E	\$ 8,280.00
B/C	1.11
TIR	25%
P_R simple	5.28

Tabla 4.20. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.5 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos para para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación.

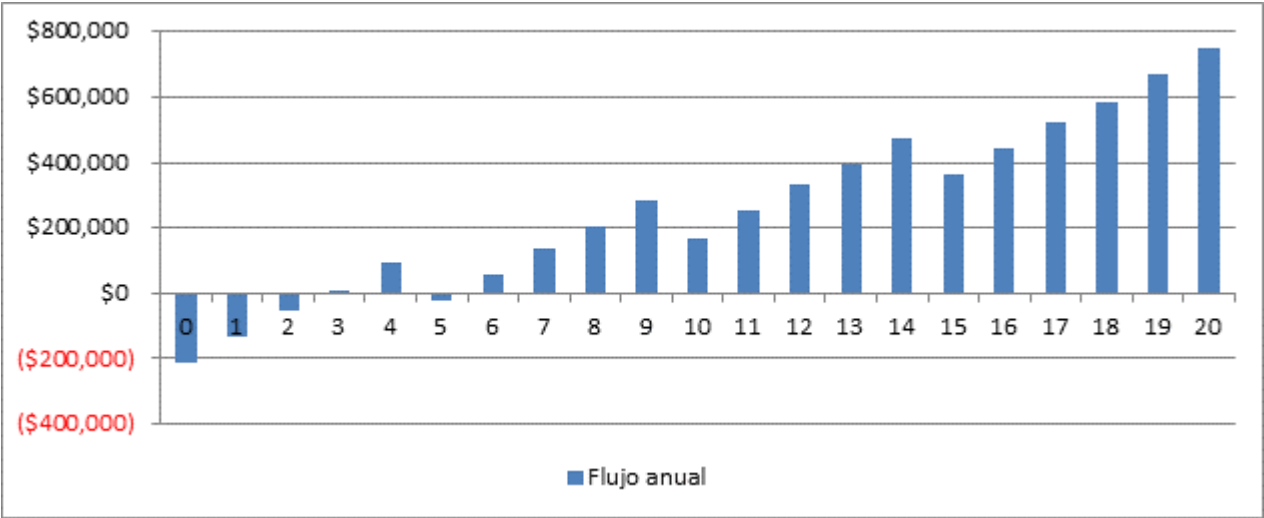


Figura 4.4. Flujos anuales netos para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que la información de la Tabla 4.20 muestra que, aunque los resultados obtenidos por separado para las sucursales 6 y 24 no resultan atractivos (Tabla 4.14), al analizar las condiciones sobre las inversiones y ahorros consolidados, estos sí resultan económicamente viables, aunque puede considerarse que el periodo de recuperación es un poco alto. Mientras que no hay un valor establecido para el periodo de recuperación que defina si un proyecto es o no económicamente viable, en general las empresas privadas esperan que el periodo de recuperación esté entre 2 y 4 años.

En la búsqueda de mejores condiciones para el grupo farmacéutico, a continuación se presenta el análisis financiero para las condiciones previamente mencionadas de tasa de interés del crédito de 9% anual, apalancamiento del 80% y plazo de pago del crédito de 6 años. El análisis se realiza considerando el 35% de descuento mencionado la sección “4.3.1 Análisis económico de las propuestas de iluminación realizadas para los pisos de ventas”.

Considerando la inversión inicial de \$ 215,000.00 de la Tabla 4.19 y el apalancamiento del 80%, se tiene que el valor del crédito (el dinero que obtendrá el grupo farmacéutico como financiamiento para llevar a cabos las propuestas de iluminación) es de \$ 215,000.00 x 0.80 = \$ 172,000.00.

Considerando el plazo de pago del crédito de 6 años y la tasa del mismo del 9% anual, se tiene que los pagos anuales fijos a realizar son de \$ 38,343.00. Dicho valor se obtiene a partir del concepto de anualidad equivalente presentado anteriormente y que se obtiene a partir de la Ecuación 4.4:

$$A_E = \$ 172,000.00 \times \frac{0.09(1 + 0.09)^6}{(1 + 0.09)^6 - 1} = \$ 38,343.00$$

Considerando dicho pago anual fijo, el saldo del crédito durante los seis años es:

Saldo año 1 = Valor del crédito + Intereses año 1 - Pago anual fijo

Saldo año 2= Saldo año 1 + Intereses año 2 - Pago anual fijo

Saldo año n = Saldo año n -1 + Intereses año n - Pago anual

Los intereses para cada año se calculan como:

Intereses año 1 = Valor del crédito x Tasa de interés

Intereses año 2 = Saldo año 1 x Tasa de interés

Intereses año n = Saldo año n x Tasa de interés

Asimismo, la amortización durante la vida del crédito es:

Amortización año 1 = Pago anual fijo - Intereses año 1

Amortización año 2 = Pago anual fijo - Intereses año 2

Amortización año n = Pago anual fijo - Intereses año n

Todo lo anterior se muestra en la siguiente tabla:

Año	Intereses	Pago	Amortización	Saldo
0	-	-	-	\$ 172,000.00
1	\$ 15,480.00	\$ 38,343.00	\$ 22,863.00	\$ 149,137.00
2	\$ 13,422.33	\$ 38,343.00	\$ 24,920.67	\$ 124,216.33
3	\$ 11,179.47	\$ 38,343.00	\$ 27,163.53	\$ 97,052.80
4	\$ 8,734.75	\$ 38,343.00	\$ 29,608.25	\$ 67,444.55
5	\$ 6,070.01	\$ 38,343.00	\$ 32,272.99	\$ 35,171.56
6	\$ 3,165.44	\$ 38,337.00	\$ 35,171.56	\$ 0.00

Tabla 4.21. Anualidades del crédito para llevar a cabo las propuestas de iluminación de los pisos de ventas de las cuatros sucursales analizadas.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.21 el último pago anual es menor en seis pesos a los demás debido al redondeo utilizado al realizar los cálculos. Considerando entonces que la inversión que ahora tendría que hacer el grupo farmacéutico es igual a la inversión inicial requerida

menos el crédito, \$ 215,000.00 - \$ 172,000.00 = \$ 43,000.00 y que el pago del crédito queda contemplado por medio de los pagos fijos anuales que tiene que hacer el grupo farmacéutico durante seis años, los flujos de efectivo son los que se muestran en la Tabla 4.22.

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 43,000.00	\$ 0.00	(\$ 43,000.00)	(\$ 43,000.00)
1	\$ 38,343.00	\$ 81,300.00	\$ 42,957.00	(\$ 43.00)
2	\$ 38,343.00	\$ 81,300.00	\$ 42,957.00	\$ 42,914.00
3	\$ 56,843.00	\$ 81,300.00	\$ 24,457.00	\$ 67,371.00
4	\$ 38,343.00	\$ 81,300.00	\$ 42,957.00	\$ 110,328.00
5	\$ 234,343.00	\$ 81,300.00	(\$ 153,043.00)	(\$ 42,715.00)
6	\$ 38,337.00	\$ 81,300.00	\$ 42,963.00	\$ 248.00
7	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 81,548.00
8	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 144,348.00
9	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 225,648.00
10	\$ 196,000.00	\$ 81,300.00	(\$ 114,700.00)	\$ 110,948.00
11	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 192,248.00
12	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 273,548.00
13	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 336,348.00
14	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 417,648.00
15	\$ 196,000.00	\$ 81,300.00	(\$ 114,700.00)	\$ 302,948.00
16	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 384,248.00
17	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 465,548.00
18	\$ 18,500.00	\$ 81,300.00	\$ 62,800.00	\$ 528,348.00
19	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 609,648.00
20	\$ 0.00	\$ 81,300.00	\$ 81,300.00	\$ 690,948.00
VPN	\$ 84,812.00			

Tabla 4.22. Inversiones y ahorros de las propuestas de iluminación con financiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Vale la pena mencionar que en este caso los pagos fijos se consideran como una inversión y no como una disminución de los ahorros. Esto debido a que el grupo farmacéutico tiene que pagar por ellos con los recursos que obtiene de la venta de sus productos o de otras operaciones, ya que en este caso los beneficios del proyecto son ahorros y no ganancias de las que se pueda tomar el dinero para realizar pagos.

Con respecto a las demás variables económicas, estas se presentan en la Tabla 4.23 comparándolas con las que se obtuvieron sin el financiamiento.

	Sin financiamiento	Con financiamiento
TREMA	20%	20%
Periodo	20 años	20 años
Descuento	35%	35%
VPN	\$ 40,320.00	\$ 84,812.00
A_E	\$ 8,280.00	\$ 17,417.00
B/C	1.11	1.27
TIR	25%	74%
P_R simple	5.28	5.99

Tabla 4.23. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación sin y con financiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.5 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos para el caso en que se tiene el financiamiento mencionado.

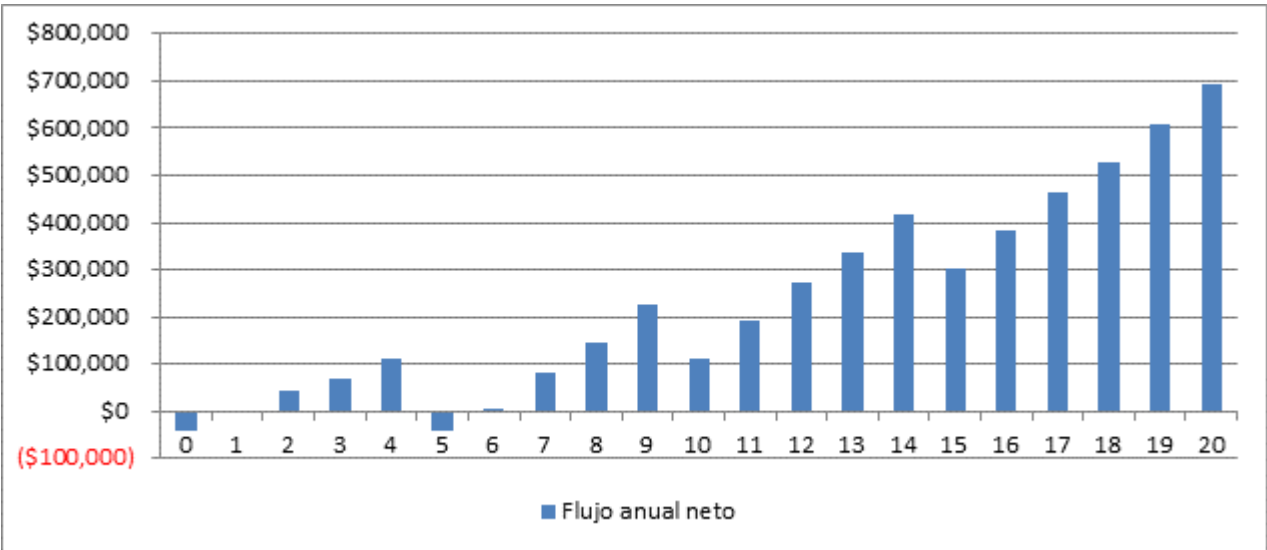


Figura 4.5. Flujos anuales netos para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación con financiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Observando la Tabla 4.23 y la Figura 2.1 puede observarse que el valor presente neto y la anualidad equivalente son alrededor del doble cuando se cuenta con financiamiento. Asimismo, la relación beneficio costo también mejora, al igual que la TIR, que triplica su valor al subir del 25% al 74%. Sin embargo, para las condiciones del financiamiento utilizado, el periodo de recuperación sigue siendo alto y, de hecho, con el uso del financiamiento para las condiciones dadas, se incrementa de 5.28 a 5.99 años.

A continuación se presenta el análisis financiero para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en el techo de la sucursal 41 del grupo farmacéutico.

4.4.2 ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PROPUESTA DE UTILIZAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Considerando la inversión inicial redondeada a \$ 1,565,000.00 de la Tabla 4.15 y el apalancamiento del 80%, el valor del crédito a utilizar es entonces de \$ 1,252,000.00.

Para el plazo de pago del crédito de 6 años y la tasa del 9% anual, se tiene que los pagos anuales fijos a realizar son de \$ 279,096.00.

Los intereses, amortización y saldo anuales, calculados de la misma manera que se hizo para las propuestas de iluminación, se muestran en la Tabla 4.24.

Año	Intereses	Pago	Amortización	Saldo
0	-	-	-	\$ 1,252,000.00
1	\$ 112,680.00	\$ 279,096.00	\$ 166,416.00	\$ 1,085,584.00
2	\$ 97,702.56	\$ 279,096.00	\$ 181,393.44	\$ 904,190.56
3	\$ 81,377.15	\$ 279,096.00	\$ 197,718.85	\$ 706,471.71
4	\$ 63,582.45	\$ 279,096.00	\$ 215,513.55	\$ 490,958.16
5	\$ 44,186.23	\$ 279,096.00	\$ 234,909.77	\$ 256,048.40
6	\$ 23,044.36	\$ 279,093.00	\$ 256,048.64	(\$ 0.24)

Tabla 4.24. Anualidades del crédito para llevar a cabo la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.24 el saldo a favor al final del periodo y el que el último pago anual fijo que se tiene que realizar sea menor en tres pesos a los demás se debe al redondeo utilizado al establecer el valor de los pagos anuales fijos.

Tomando en cuenta que con el financiamiento la inversión inicial que tiene que hacer el grupo farmacéutico es de \$ 1,565,000.00 - \$ 1,252,000.00 = \$ 313,000.00, y considerando también los pagos fijos anuales del crédito y los ahorros anuales que se obtienen con el sistema fotovoltaico (Tabla 4.15), los flujos de efectivo cuando se cuenta con el financiamiento mencionado son los siguientes:

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 313,000.00	\$ 0.00	(\$ 313,000.00)	(\$ 313,000.00)
1	\$ 279,096.00	\$ 185,004.00	(\$ 94,092.00)	(\$ 407,092.00)
2	\$ 279,096.00	\$ 192,404.00	(\$ 86,692.00)	(\$ 493,784.00)
3	\$ 279,096.00	\$ 200,101.00	(\$ 78,995.00)	(\$ 572,779.00)
4	\$ 279,096.00	\$ 208,105.00	(\$ 70,991.00)	(\$ 643,770.00)
5	\$ 279,096.00	\$ 216,429.00	(\$ 62,667.00)	(\$ 706,437.00)
6	\$ 279,093.00	\$ 225,086.00	(\$ 54,007.00)	(\$ 760,444.00)
7	\$ 0.00	\$ 234,090.00	\$ 234,090.00	(\$ 526,354.00)
8	\$ 0.00	\$ 243,453.00	\$ 243,453.00	(\$ 282,901.00)
9	\$ 0.00	\$ 253,191.00	\$ 253,191.00	(\$ 29,710.00)
10	\$ 0.00	\$ 263,319.00	\$ 263,319.00	\$ 233,609.00
11	\$ 0.00	\$ 273,852.00	\$ 273,852.00	\$ 507,461.00
12	\$ 0.00	\$ 284,806.00	\$ 284,806.00	\$ 792,267.00
13	\$ 0.00	\$ 296,198.00	\$ 296,198.00	\$ 1,088,465.00
14	\$ 0.00	\$ 308,046.00	\$ 308,046.00	\$ 1,396,511.00
15	\$ 0.00	\$ 320,368.00	\$ 320,368.00	\$ 1,716,879.00
16	\$ 0.00	\$ 333,183.00	\$ 333,183.00	\$ 2,050,062.00
17	\$ 0.00	\$ 346,510.00	\$ 346,510.00	\$ 2,396,572.00
18	\$ 0.00	\$ 360,370.00	\$ 360,370.00	\$ 2,756,942.00
19	\$ 0.00	\$ 374,785.00	\$ 374,785.00	\$ 3,131,727.00
20	\$ 0.00	\$ 389,777.00	\$ 389,777.00	\$ 3,521,504.00
VPN	(\$ 150,944.00)			

Tabla 4.25. Inversiones y ahorros de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

El resumen de las variables económicas, comparándolas con las que se obtuvieron sin el financiamiento, se presentan en la siguiente tabla:

	Sin financiamiento	Con financiamiento
TREMA	20%	20%
Periodo	20 años	20 años
VPN	(\$ 474,808.00)	(\$ 150,944.00)
A_E	(\$ 97,505.00)	(\$ 30,997.00)
B/C	0.70	0.88
TIR	14%	16%
P_R simple	7.43	9.11

Tabla 4.26. Variables económicas para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 4.6 muestra de manera gráfica los flujos anuales netos para el caso en que se tiene el financiamiento mencionado.

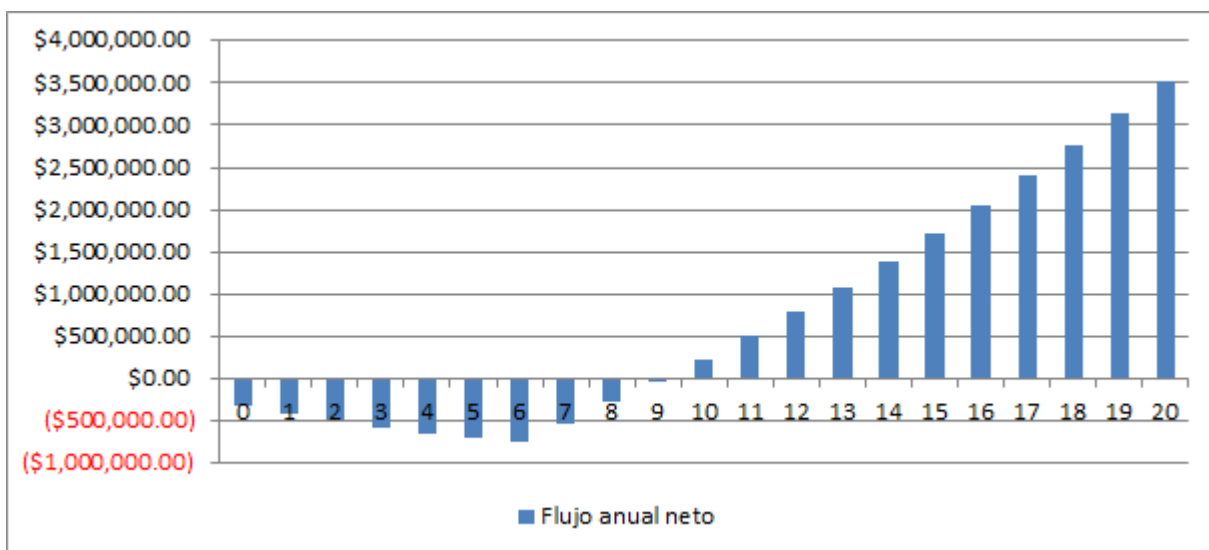


Figura 4.6. Flujos anuales netos para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico, los resultados no resultan atractivos aun con el financiamiento consistente en un apalancamiento del 80% y un interés anual del 9%.

Sin embargo, tomando en cuenta otros factores estratégicos, como lo es el impacto positivo que el uso del sistema fotovoltaico puede llegar a causar en la imagen del grupo farmacéutico y en el posible incremento de ventas en la sucursal donde se instale, al posicionarse ésta como una sucursal moderna y amigable con el medio ambiente, el grupo farmacéutico puede considerar la opción de considerar una TREMA menor para la evaluación económica del proyecto. Por ejemplo, con una TREMA del 12%, la cual es un poco mayor al interés del crédito, los resultados económicos que se obtienen son los que se muestran a continuación, donde se comparan con los previamente obtenidos al utilizar la TREMA del 20%:

	Con financiamiento	
TREMA	20%	12%
Periodo	20 años	20 años
VPN	(\$ 150,944.00)	\$ 326,790.00
A_E	(\$ 30,997.00)	\$ 43,750.00
B/C	0.88	1.22
TIR	16%	16%
P_R simple	9.11	9.11

Tabla 4.27. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que aun con la TREMA del 12%, el periodo de recuperación, que no está en función de ésta, sigue siendo muy grande y se presenta como el mayor inconveniente para llevar a cabo la realización de la propuesta. Como se mencionó anteriormente, en general las empresas privadas esperan que el periodo de recuperación esté entre 2 y 4 años.

4.4.3 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS PROPUESTAS

A continuación se presentan los análisis de sensibilidad económica y de sensibilidad financiera para conocer de qué manera pueden afectar las variaciones de los parámetros y consideraciones clave en los resultados que se esperan de los proyectos.

La siguiente tabla muestra las variaciones que se pueden tener en los resultados para las propuestas de iluminación consolidadas antes de usar financiamiento (Tabla 4.19), considerando que las inversiones y ahorros en general puedan cambiar $\pm 10\%$ debido a variaciones en los precios de los equipos y elementos utilizados para llevar a cabo las propuestas y en los costos de la energía eléctrica:

	Caso base	Inversiones		Ahorros	
		+ 10%	-10%	+10%	-10%
TREMA	20%	20%	20%	20%	20%
Periodo	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años
Descuento	35%	35%	35%	35%	35%
VPN	\$ 40,320.00	\$ 4,762.00	\$ 75,877.00	\$ 79,909.00	\$ 730.00
A_E	\$ 8,280.00	\$ 978.00	\$ 15,582.00	\$ 16,410.00	\$ 150.00
B/C	1.11	1.01	1.24	1.22	1.00
TIR	25%	21%	30%	30%	20%
P_R simple	5.28	5.81	2.48	2.51	5.87

Tabla 4.28. Análisis de sensibilidad económica para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas.

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede concluir lo siguiente:

- Tomando en cuenta la mayoría de las variables económicas, en los escenarios negativos, esto es, cuando aumentan los costos de inversión o cuando disminuyen los ahorros dentro de un rango del 10%, las propuestas de iluminación de manera consolidada se vuelven poco atractivas o, estrictamente hablando, no viables económicamente. Puede observarse que en el caso de que

las inversiones aumenten un 10%, el valor presente neto disminuye considerablemente y la relación beneficio costo se acerca a 1. Por otro lado, si los ahorros disminuyen un 10%, el valor presente neto disminuye a un valor muy pequeño (\$ 730.00) y la relación beneficio costo es igual a 1.

- En los escenarios positivos, como es de esperarse, mientras más baje la inversión requerida o más se incrementen los ahorros, el proyecto se vuelve más atractivo.
- Lo anterior resulta interesante debido al hecho de que se espera que los costos de la tecnología LED disminuyan en los próximos años además de que las nuevas lámparas o luminarias sean más eficientes. Esto último debido a que dicha tecnología se encuentra en pleno desarrollo.
- En cuanto al incremento en los ahorros, que se presenta si los costos de la energía eléctrica aumentan, también hace que el proyecto se vuelva más atractivo. Debido principalmente a la dependencia que todavía se tiene de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, como se mencionó en el Capítulo 1, es de esperarse que los costos de la energía eléctrica sigan incrementándose con el tiempo, aumentando también, como se mencionó, los ahorros esperados.
- Finalmente, cabe mencionar que en los escenarios positivos, también se ve una mejora considerable en el periodo de recuperación.

Considerando el uso de financiamiento en búsqueda de mejores condiciones para el grupo farmacéutico, como se presentó en la sección “4.4.1 Análisis financiero de las propuestas de iluminación realizadas para los pisos de ventas”, a continuación se presenta el análisis de sensibilidad para las variaciones que se pueden tener en los resultados para las propuestas de iluminación consolidadas cuando se usa financiamiento (Tabla 4.22):

	Caso base (con financiamiento)	Inversiones		Ahorros	
		+ 10%	-10%	+10%	-10%
TREMA	20%	20%	20%	20%	20%
Periodo	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años
Descuento	35%	35%	35%	35%	35%
VPN	\$ 84,812.00	\$ 53,703.00	\$ 115,920.00	\$ 124,401.00	\$ 45,222.00
A_E	\$ 17,417.00	\$ 11,028.00	\$ 23,805.00	\$ 25,547.00	\$ 9,287.00
B/C	1.27	1.16	1.41	1.40	1.15
TIR	74%	48%	103%	100%	45%
P_R simple	5.99	6.60	0.83	5.04	6.66

Tabla 4.29. Análisis de sensibilidad económica para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas cuando se utiliza financiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del uso de financiamiento, ante las variaciones en los costos de inversión y en los ahorros, se observa que el proyecto se mantiene dentro de las condiciones de viabilidad económica sin dejar de ser atractivo, aunque el periodo de recuperación aumenta más en los escenarios negativos que lo que se observa en el caso cuando no se tiene financiamiento.

Asimismo, en los escenarios positivos, particularmente en el caso en que los costos de inversión disminuyen, el periodo de recuperación muestra una considerable mejora al reducirse a 0.83 años, un poco menos de 10 meses, si el valor de dichos costos llega a bajar un 10%. Esta reducción en el periodo de recuperación también ocurre si los ahorros llegan a aumentar un poco más del 10% (alrededor del 10.6%).

Con respecto a la sensibilidad de la propuesta de instalar un sistema fotovoltaico, a continuación se muestran las variaciones que se pueden tener en los resultados cuando se usa financiamiento y una TREMA del 12% (Tabla 4.27), que es el escenario que se considera puede evaluar el grupo farmacéutico para llevar a cabo. En este caso, además de las variaciones en inversiones y ahorros, también se toma en cuenta la variación de la generación fotovoltaica que se puede presentar por condiciones ambientales o por mantenimiento inadecuado o degradación de los paneles solares.

	Caso base (con financiamiento)	Inversiones		Generación fotovoltaica		Ahorros	
		+ 10%	-10%	+10%	-10%	+10%	-10%
TREMA	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%
Periodo	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años	20 años
VPN	\$ 326,790.00	\$ 295,490.00	\$ 358,090.00	\$ 505,196.00	\$ 32,023.00	\$ 505,516.00	\$ 148,063.00
A_E	\$ 43,750.00	\$ 39,560.00	\$ 47,941.00	\$ 67,635.00	\$ 4,287.00	\$ 67,678.00	\$ 19,823.00
B/C	1.22	1.20	1.25	1.35	1.02	1.35	1.10
TIR	16%	16%	17%	19%	12%	19%	14%
P_R simple	9.11	9.23	8.99	8.40	10.58	8.40	9.99

Tabla 4.30. Análisis de sensibilidad económica para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico cuando se utiliza financiamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Del análisis anterior, se puede comentar lo siguiente:

- Bajo las condiciones dadas, las variaciones en las inversiones que se pueden presentar, las cuales se relacionan principalmente con el valor de los paneles solares, no presentan cambios drásticos en los resultados esperados. Lo anterior puede explicarse por la magnitud de la inversión requerida para llevar a cabo la propuesta.
- Sin embargo, las variaciones en la generación fotovoltaica o en los ahorros, sí representan cambios mayores en muchas de las variables económicas. En el caso de una posible disminución del 10% en la generación fotovoltaica, por ejemplo, la relación beneficio costo se reduce a un valor muy cercano a 1, lo que haría que la propuesta estuviera muy cerca de considerarse no sólo poco atractiva, sino económicamente no viable de acuerdo con lo definido en la sección “4.2.7 Viabilidad económica de un proyecto”.

- La razón por la que la variación de la generación fotovoltaica tiene tan alto impacto en los resultados es debido a que de ésta depende si se genera o no más energía de la que se consume.
- En el caso de que la generación fotovoltaica se reduzca en un 10%, por ejemplo, el número de meses en los que se genera más energía eléctrica de la que se consume, baja de 4 a 1. Asimismo, el valor de la factura eléctrica anual se incrementa en un 42%. Las principales razones por las que puede disminuir la generación fotovoltaica es, como se mencionó, por condiciones ambientales desfavorables, o por mantenimiento inadecuado o degradación de los paneles solares. Mientras el primer caso no puede ser controlado, el análisis realizado muestra la importancia de dar el mantenimiento adecuado a los paneles solares, así como la de contar con buenas condiciones de garantía de los mismos.
- Por el otro lado, si la generación fotovoltaica se incrementará en un 10%, el número de meses en los que se genera más energía eléctrica de la que se consume aumenta de 4 a 6. Asimismo, el valor de la factura eléctrica anual disminuye en un 25%. En este caso, el aumento en la generación fotovoltaica sólo podría darse en un porcentaje menor por condiciones ambientales muy favorables o si se incrementará el número de paneles, aunque esto último implica inversiones adicionales significativas. Otra posibilidad es que en el mercado lleguen a ofrecerse paneles más eficientes en un futuro cercano.
- Por lo que respecta a las variaciones en los ahorros, al igual que en el caso de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas, éstas dependen del costo de la energía eléctrica, mejorándose la rentabilidad del proyecto conforme aumente el costo de la misma.

Finalmente, dado que mejoras en las condiciones del financiamiento pueden hacer más atractivos los resultados, así como ayudar a mantener la viabilidad económica de las propuestas ante variaciones en los precios de los equipos y elementos utilizados, a

continuación se presenta el comportamiento de las variables económicas conforme varían las condiciones de financiamiento.

Para realizar lo anterior, se consideran de manera consolidada las inversiones y ahorros requeridos para llevar a cabo tanto las propuestas de iluminación en los pisos de venta como la de instalar un sistema fotovoltaico. Al incrementarse el valor sobre el cual se pedirá el crédito, se espera que esto permita al grupo farmacéutico negociar mejores condiciones de financiamiento, mismas que consisten en un mayor apalancamiento, una menor tasa de interés y un mayor número de años para realizar los pagos del crédito.

Año	Inversión por año	Ahorros por año	Ingreso anual neto	Flujo anual neto
0	\$ 1,780,000.00	\$ 0.00	(\$ 1,780,000.00)	(\$ 1,780,000.00)
1	\$ 0.00	\$ 266,304.00	\$ 266,304.00	(\$ 1,513,696.00)
2	\$ 0.00	\$ 273,704.00	\$ 273,704.00	(\$ 1,239,992.00)
3	\$ 18,500.00	\$ 281,401.00	\$ 262,901.00	(\$ 977,091.00)
4	\$ 0.00	\$ 289,405.00	\$ 289,405.00	(\$ 687,686.00)
5	\$ 196,000.00	\$ 297,729.00	\$ 101,729.00	(\$ 585,957.00)
6	\$ 0.00	\$ 306,386.00	\$ 306,386.00	(\$ 279,571.00)
7	\$ 0.00	\$ 315,390.00	\$ 315,390.00	\$ 35,819.00
8	\$ 18,500.00	\$ 324,753.00	\$ 306,253.00	\$ 342,072.00
9	\$ 0.00	\$ 334,491.00	\$ 334,491.00	\$ 676,563.00
10	\$ 196,000.00	\$ 344,619.00	\$ 148,619.00	\$ 825,182.00
11	\$ 0.00	\$ 355,152.00	\$ 355,152.00	\$ 1,180,334.00
12	\$ 0.00	\$ 366,106.00	\$ 366,106.00	\$ 1,546,440.00
13	\$ 18,500.00	\$ 377,498.00	\$ 358,998.00	\$ 1,905,438.00
14	\$ 0.00	\$ 389,346.00	\$ 389,346.00	\$ 2,294,784.00
15	\$ 196,000.00	\$ 401,668.00	\$ 205,668.00	\$ 2,500,452.00
16	\$ 0.00	\$ 414,483.00	\$ 414,483.00	\$ 2,914,935.00
17	\$ 0.00	\$ 427,810.00	\$ 427,810.00	\$ 3,342,745.00
18	\$ 18,500.00	\$ 441,670.00	\$ 423,170.00	\$ 3,765,915.00
19	\$ 0.00	\$ 456,085.00	\$ 456,085.00	\$ 4,222,000.00
20	\$ 0.00	\$ 471,077.00	\$ 471,077.00	\$ 4,693,077.00
VPN	\$ 377,115.00			

Tabla 4.31. Inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4.31 muestra las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas, así como los ingresos y flujos anuales netos. Dicha tabla se obtiene sumando los valores anuales de la Tabla 4.15 y la Tabla 4.19.

También muestra el valor presente neto para una TREMA del 12%, que es la que se determinó utilizar para la propuesta de instalar el sistema fotovoltaico en la sección anterior “4.4.3 Análisis de sensibilidad de las propuestas”.

Los valores de las demás variables económicas, que se utilizarán como caso base para la comparación a realizar, se muestran en la siguiente tabla:

TREMA	12%
Periodo	20 años
VPN	\$ 377,115.00
A_E	\$ 50,488.00
B/C	1.19
TIR	15%
P_R simple	6.89

Tabla 4.32. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se muestran en la Tabla 4.33 las variaciones que se pueden tener en los resultados cuando se utiliza financiamiento y se varían los parámetros de apalancamiento, tasa de interés y plazo para realizar los pagos del crédito.

	Caso base	Apalancamiento 80%						Apalancamiento 70%					
		Plazo de pago del crédito 6 años			Plazo de pago del crédito 8 años			Plazo de pago del crédito 6 años			Plazo de pago del crédito 8 años		
		Interés 8%	Interés 9%	Interés 10%	Interés 8%	Interés 9%	Interés 10%	Interés 8%	Interés 9%	Interés 10%	Interés 8%	Interés 9%	Interés 10%
TREMA	12%												
Periodo	20 años												
VPN	\$ 377,115.00	\$ 534,666.00	\$ 495,999.00	\$ 456,846.00	\$ 570,149.00	\$ 523,039.00	\$ 475,152.00	\$ 514,972.00	\$ 481,139.00	\$ 446,880.00	\$ 546,020.00	\$ 504,799.00	\$ 462,897.00
A_E	\$ 50,488.00	\$ 71,580.00	\$ 66,404.00	\$ 61,162.00	\$ 76,331.00	\$ 70,024.00	\$ 63,613.00	\$ 68,944.00	\$ 64,414.00	\$ 59,828.00	\$ 73,100.00	\$ 67,582.00	\$ 61,972.00
B/C	1.19	1.29	1.26	1.24	1.31	1.28	1.25	1.27	1.25	1.23	1.30	1.27	1.24
TIR	15%	19%	19%	18%	21%	20%	19%	18%	18%	17%	20%	19%	18%
P_R simple	6.89	8.25	8.41	8.59	8.65	8.87	9.23	8.09	8.23	8.38	8.44	8.64	8.84

Tabla 4.33. Análisis de sensibilidad económica para las inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.

Fuente: Elaboración propia.

De la información mostrada en la Tabla 4.33 puede comentarse que el aumento en la tasa de interés hace menos atractivos los resultados. Sin embargo, dicho incremento en la tasa de interés puede ser considerado por el grupo farmacéutico ya que con éste se aumenta la facilidad de obtener créditos, además de reducir otras condiciones no favorables como los son el número de años para realizar el pago del crédito o el valor del apalancamiento del mismo.

Con respecto al número de plazos para cubrir el crédito, éste favorece el incremento del valor las variables económicas, incluyendo el del periodo de recuperación. Mientras que en las demás variables económicas esto hace más atractivo los resultados, el incremento en el periodo de recuperación es una desventaja.

Finalmente, en cuanto al monto del apalancamiento, un menor porcentaje de apalancamiento, que requiere que el grupo farmacéutico pague de sus propios recursos una mayor parte de la inversión inicial, reduce el valor de las variables económicas, resultando esto sólo una muy moderada ventaja para el caso del periodo de recuperación.

Vale la pena mencionar que para el escenario analizado, se requiere que las condiciones del financiamiento varíen de manera considerable para que se observen condiciones que hagan que las propuestas de manera consolidada sean atractivas para el grupo farmacéutico. Por ejemplo, con una tasa de interés del crédito de 7% anual, apalancamiento del 90% y un plazo de pago del crédito de 12 años, se obtienen los siguientes resultados:

TREMA	12%
Periodo	20 años
VPN	\$ 729,741.00
A_E	\$ 97,697.00
B/C	1.44
TIR	38%
P_R simple	2.68

Tabla 4.34. Resultados económicas de todas las propuestas consolidadas que resultarían atractivos.

Fuente: Elaboración propia.

Mientras que es poco probable encontrar financiamientos con las condiciones mencionadas, el análisis realizado sirve como muestra para evaluar distintos escenarios. Por ejemplo, en este trabajo se evaluaron las propuestas de mejoras para los pisos de ventas de cuatro sucursales. Siguiendo los procedimientos que se han presentado, se pueden analizar los pisos de ventas de todas las sucursales y determinar cuáles son las condiciones que resultan económica y financieramente más atractivas para el grupo financiero.

4.5 PROGRAMAS DE APOYO FINANCIERO

Como se mencionó al inicio de este capítulo, existen programas de apoyo financiero orientados a sufragar proyectos como las propuestas de iluminación y la de instalar un sistema fotovoltaico analizadas en este trabajo.

Dentro de los fondos y fideicomisos registrados ante la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) que apoyan el aprovechamiento sustentable de la energía se encuentran los siguientes:

- Fondo Sectorial-CONACyT-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética
- Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica (FIDE)
- Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

Estos programas son avalados por el proyecto de la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.

Uno de los principales programas es el de eficiencia energética desarrollado por el FIDE (Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica). Éste está dirigido al sector productivo del país y su objetivo es promover acciones en el uso eficiente de la energía eléctrica a través de proyectos que permitan la aplicación de tecnologías más eficientes que contribuyan a la conservación de los recursos naturales no renovables, el aprovechamiento sustentable de los energéticos y la disminución de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

El FIDE presta servicios de asistencia técnica a los consumidores, para mejorar la productividad, contribuir al desarrollo económico, social y a la preservación del medio ambiente, a través de proyectos que brindan asistencia técnica y/o financiamiento, para la aplicación de tecnologías eficientes que demuestren el ahorro y rentabilidad en sistemas y procesos de producción, iluminación, fuerza motriz (motores), aire acondicionado, refrigeración, entre otros.

Dentro de los principales programas de ahorro del FIDE se tienen:

- Eficiencia Energética - Su fin es promover e inducir, con acciones y resultados, el uso eficiente de energía eléctrica, a través, de proyectos que permitan la vinculación entre la innovación tecnológica y el consumo de energía eléctrica, mediante la aplicación de tecnologías eficientes.

- Eco-Crédito Empresarial - Este es un programa diseñado para apoyar al sector empresarial y productivo nacional mediante financiamientos preferenciales, para la sustitución de equipos obsoletos por aquellos de alta eficiencia aprobados por FIDE y, con esto, fomentar el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica y por consiguiente el ahorro económico.

Algunos de los beneficios particulares que pueden obtenerse del programa de Eficiencia Energética son:

- Convertirse en una empresa comprometida con la protección del medio ambiente
- Contar con tecnología de punta en el consumo de energía eléctrica
- Reducción de los costos de facturación eléctrica
- Incremento de la competitividad y productividad
- Disminución de costos de mantenimiento
- Costo de los equipos, deducibles de impuestos

Asimismo, dentro de los equipos que se financian con dicho programa están los siguientes:

- Generadores de energía eléctrica en pequeña escala hasta 500 kW con fuentes alternas (fotovoltaicas, biogás, gas natural y eólicas)
- Luminarias con LEDs (diodos emisores de luz)

Como se observa, el programa de ahorro Eficiencia Energética puede ser considerado por el grupo farmacéutico para conseguir financiamiento con condiciones atractivas para llevar a cabo las propuestas de iluminación de los pisos de ventas y para la instalación del sistema fotovoltaico. Para ello, es necesario entregar la documentación solicitada para cumplir con los requisitos técnicos y financieros que pide el FIDE y seguir el proceso que se muestra en la siguiente figura:



Figura 4.7. Pasos a seguir para obtención de financiamiento del FIDE.

Fuente: <http://www.fide.org.mx>.

Consultada el 03/02/2014.

A continuación se presentan las conclusiones de éste capítulo, donde a partir de la determinación de los costos de inversión y los ahorros generados de las propuestas, se determinó la viabilidad económica de las mismas y se analizaron posibles opciones de financiamiento.

CONCLUSIONES

La determinación de las inversiones necesarias para llevar a cabo las propuestas y de los ahorros que pueden obtenerse de éstas, permite realizar el análisis para conocer si dichas propuestas son económicamente viables. Esto es, si al grupo farmacéutico le conviene invertir su dinero en las propuestas o si, independientemente de otros posibles

beneficios para el grupo o para el medio ambiente, existen otros proyectos o mecanismos de inversión que resulten más atractivos, entendiéndose por esto último, que proporcionen mayores ganancias o que generen mayores ahorros.

Teniendo en cuenta que el cumplimiento de normatividad en materia de iluminación debe de llevarse a cabo con el principal objetivo de evitar multas o hasta suspensión de actividades, resulta claro que las inversiones requeridas para cumplir con dicha normatividad son no sólo necesarias, sino también de alta importancia y prioridad para el grupo farmacéutico. Considerando además que el cumplimiento de la normatividad requiere de inversiones menores, el interés del análisis económico se centra entonces en las propuestas de hacer un uso más eficiente de la energía en los pisos de ventas de las sucursales del grupo farmacéutico, así como en la propuesta de utiliza energías alternas al proponer el uso de un sistema fotovoltaico.

Por medio de las técnicas de Ingeniería Económica, que se basan en el concepto del valor del dinero en el tiempo, pueden evaluarse una serie de variables económicas que, además de permitir la aplicación de criterios para determinar la viabilidad económica de las propuestas, permiten al grupo farmacéutico conocer la magnitud de los beneficios esperados y los tiempos en que se recuperará la inversión realizada.

Con la información de resultados obtenida en este capítulo, se presentan las condiciones que se requieren para que las propuestas de iluminación resulten más atractivas, así como las opciones que también pueden considerarse tanto como para éstas como para la propuesta de llevar a cabo la instalación del sistema fotovoltaico.

Particularmente en el caso del sistema fotovoltaico, donde la cantidad y costo de los paneles resulta alto, en el análisis realizado se presentó la opción de considerar una reducción en la rentabilidad del proyecto al considerar una TREMA más baja que la inicialmente establecida. Bajo estas condiciones, y tomando también en cuenta el largo periodo de recuperación, el grupo farmacéutico cuenta con la información que le permite evaluar si las inversiones a realizar le son convenientes considerando que este proyecto en particular tiene otro tipo de beneficios, como los son el fortalecimiento de la

imagen del grupo como una empresa moderna y comprometida con el medio ambiente. Lo anterior también puede llegar a verse reflejado en beneficios económicos que pueden provenir de aumentos en las ventas o de incentivos fiscales.

En cuanto a la protección al medio ambiente se refiere, las propuestas presentadas representan una reducción de gases de efecto invernadero al consumirse menos energía de la red eléctrica que principalmente es generada por medio de la combustión del uso de combustibles fósiles. Asimismo, por medio de programas de venta de bonos de carbono, el grupo farmacéutico puede obtener ingresos que si bien no representan ganancias significativas, si pueden ayudar a mejorar la rentabilidad de las propuestas.

También se presentó cómo el uso del financiamiento permite al grupo hacer inversiones iniciales considerablemente menores a las requeridas y obtener mejores resultados económicos. Sin embargo, ya sea con el uso o no de financiamiento, el periodo de recuperación se sigue presentado como el principal inconveniente de llevar cabo las propuestas. En este sentido, el análisis de los flujos anuales netos puede ser utilizado para determinar el verdadero impacto de las variables en los periodos de recuperación obtenidos.

Asimismo, para conocer qué tanto pueden cambiar los resultados esperados si las consideraciones inicialmente realizadas llegan a cambiar, también se presentaron los análisis de sensibilidad. En éstos se puede observar la importancia de buscar que las inversiones no aumenten, además de las ventajas que tiene las propuestas al obtenerse mejores beneficios económicos conforme aumenten los costos de la energía eléctrica, ya que estos se ven reflejados como ahorros para el grupo farmacéutico al comparar la factura eléctrica de los escenarios actuales contra los que se pueden observar en caso de llevar a cabo las propuestas.

Finalmente, se mencionaron brevemente algunos programas de apoyo financiero, dentro de los cuales resalta el FIDE como una opción de financiamiento para que el grupo pueda llevar a cabo las propuestas desarrolladas en este trabajo.

CONCLUSIONES GENERALES

El grupo farmacéutico tiene la oportunidad de realizar mejoras que le permitan cumplir con la normatividad vigente en materia de iluminación, donde se han identificado algunas situaciones a corregir, así como en materia de eficiencia energética en la iluminación a sus sucursales.

Mientras que las propuestas analizadas en este trabajo son sólo una parte de las que también puede llevar o está llevando a cabo en otras áreas, como la sustitución de equipos de climatización, la energía consumida y el dinero utilizado en iluminación conforman una parte significativa del total del grupo farmacéutico.

Siguiendo la línea que se ha venido dando en las últimas décadas, la generación de energía eléctrica tiende a encarecerse con el tiempo, dado la dependencia que tiene de los combustibles fósiles que, a pesar de los prometedores descubrimientos recientes de nuevas reservas, parecen seguirán aumentando de precio, además de los nocivos efecto que su uso tiene sobre el medio ambiente.

La adopción de medidas de eficiencia energética debe de ser general, y no restringirse sólo al uso de equipos más nuevos y eficientes. Cambios en las formas de actuar y en las políticas de la empresa contribuirán también a un menor y más eficiente uso de la energía.

Para cumplir con la normatividad vigente en materia de iluminación y, sobretodo, para ofrecer a sus trabajadores las condiciones necesarias para realizar sus tareas, por medio de procedimientos sencillos el grupo farmacéutico puede determinar qué acciones y/o tecnologías son las que pueden ayudarlo a cumplir con estos objetivos.

Evaluando adecuadamente las características de los productos LED utilizados para iluminación y asegurándose contar con las garantías de los fabricantes, el grupo

farmacéutico puede optar por adoptar una nueva tecnología que se perfila como la que dominará el mercado a mediano plazo.

Por otro lado, el grupo farmacéutico también puede considerar la opción de instalar sistemas fotovoltaicos en las sucursales que tengan las condiciones para ello.

Si bien parece que en el caso de algunas de las propuestas presentadas en este trabajo conviene esperar a que la tecnología continúe desarrollándose y madure un poco más, los análisis de factibilidad técnica y de viabilidad económica permiten al grupo farmacéutico contar con la información para tomar la decisión llevar a cabo o no las propuestas y de cuándo hacerlo en caso de que se opte por ellas.

Como empresa moderna y líder en su ramo, el grupo farmacéutico puede considerar el uso de opciones de financiamiento para convertirse también en un grupo líder en materia de innovación en cuanto a uso de nuevas tecnologías y respeto por el medio ambiente se refiere, obteniendo además beneficios económicos por ello.

Revisando las consideraciones presentadas y haciendo los ajustes que se consideren necesarios, la información aquí presentada debe ser un sólido apoyo para que el grupo farmacéutico tome las decisiones sobre llevar a la práctica propuestas en materia de eficiencia energética y uso de energías alternas como las aquí analizadas.

Finalmente, como trabajo de investigación, la información estudiada, presentada y analizada, sin duda cumple con los objetivos de incrementar el conocimiento y buscar llevarlo a la práctica.

APÉNDICE A

A continuación se presentan las simulaciones realizadas utilizando el programa Relux para los pisos de venta de las sucursales 6, 24 y 26, así como los resultados obtenidos siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el caso de la sucursal 31.

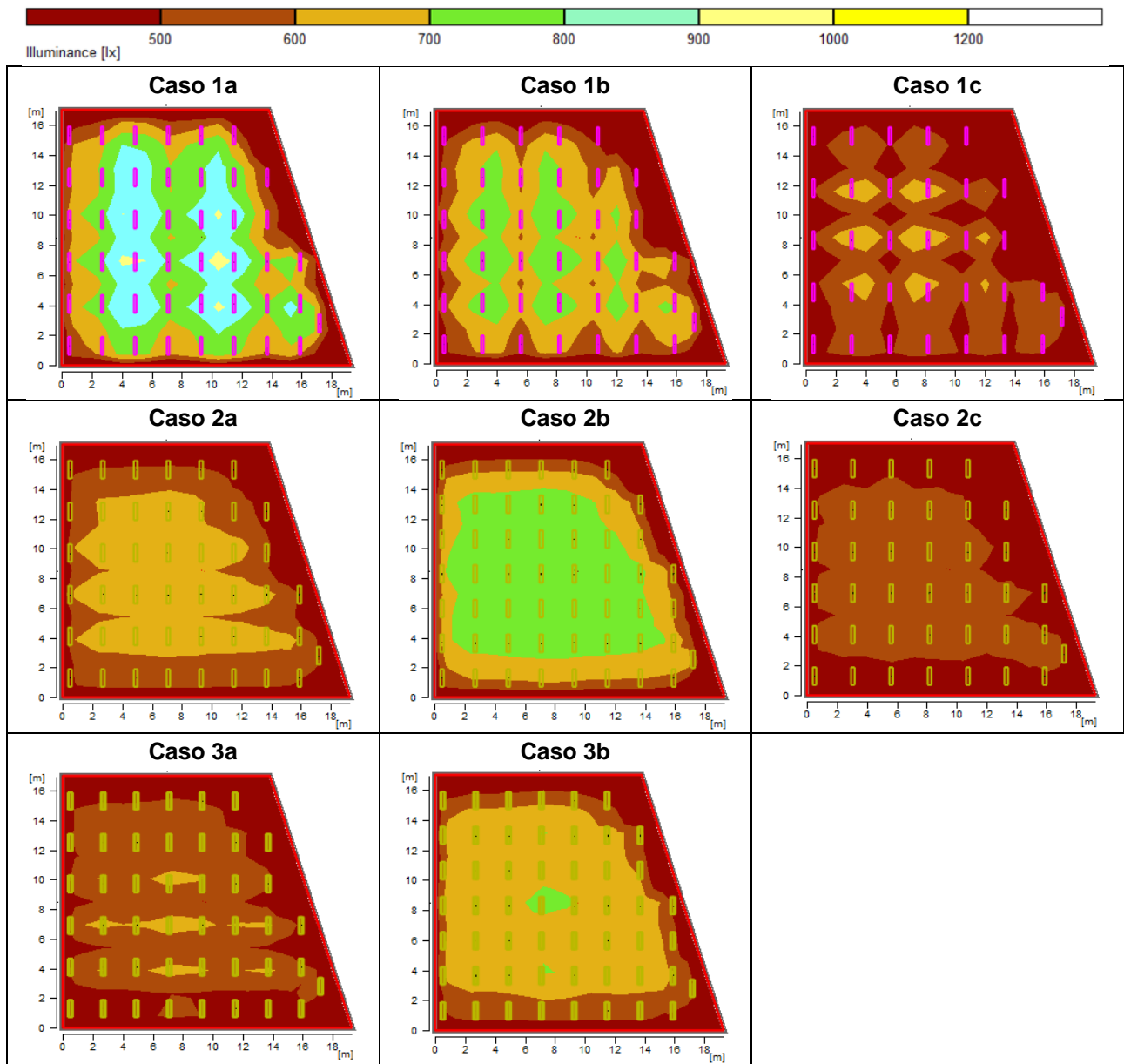


Figura A.1. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 6	Caso 1a	Caso 1b	Caso 1c
Escenario	Similar al actual	Reducción a 39 luminarias	Reducción a 32 luminarias
Tecnología	T5 Fluorescente		
Lámparas	2 x TL5-28W		
Luminaria	471TMS 2xTL5-28W HFP WB		
Marca	Philips		
Consumo (W)	62		
Flujo (lm)	5,250		
Eficacia (lm/W)	82.98		
Número de luminarias	45	39	32
Flujo total (lm)	234,000	202,800	169,750
Consumo total (kW)	2.79	2.42	2.01
Consumo por área (W/m ²)	9.92	8.59	9.57
Em	693	599	535
Emin	192	131	231
Uo	0.28	0.22	0.43
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación alta	Iluminación normal	Iluminación muy baja
Modificaciones	Ninguna	Reducción de luminarias	Reducción de luminarias

Tabla A.1. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 6	Caso 2a	Caso 2b	Caso 2c
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias LED	Aumento a 41 luminarias	Reducción a 30 luminarias
Tecnología	LED		
Lámparas	LED		
Luminaria	CS14-40L HE-40K		
Marca	Cree		
Consumo (W)	35		
Flujo (lm)	4,074		
Eficacia (lm/W)	116.40		
Número de luminarias	45	53	39
Flujo total (lm)	183,330	215,922	158,886
Consumo total (kW)	1.58	1.86	1.37
Consumo por área (W/m ²)	5.60	6.59	4.85
Em	550	649	475
Emin	166	195	113
Uo	0.30	0.30	0.24
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación normal	Iluminación alta	Iluminación muy baja
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias	Cambio y menos luminarias

Tabla A.2. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con luminarias LED.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 6	Caso 3a	Caso 3b
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias	Aumento a 53 luminarias
Tecnología	Tubo LED	
Lámparas	T5 Tubo LED 1.20m	
Luminaria	Similar a la de lámparas fluorescentes	
Marca	Tecnología Esencial	
Consumo (W)	36	
Flujo (lm)	3,836	
Eficacia (lm/W)	106.66	
Número de luminarias	45	53
Flujo total (lm)	172,760	203,308
Consumo total (kW)	1.62	1.91
Consumo por área (W/m ²)	5.76	6.78
Em	547	654
Emin	209	235
Uo	0.38	0.36
Diagnóstico	No cumple	Cumple
Iluminación	Iluminación baja	Iluminación normal
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y más luminarias

Tabla A.3. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con tubos LED T5.

Fuente: Elaboración propia.

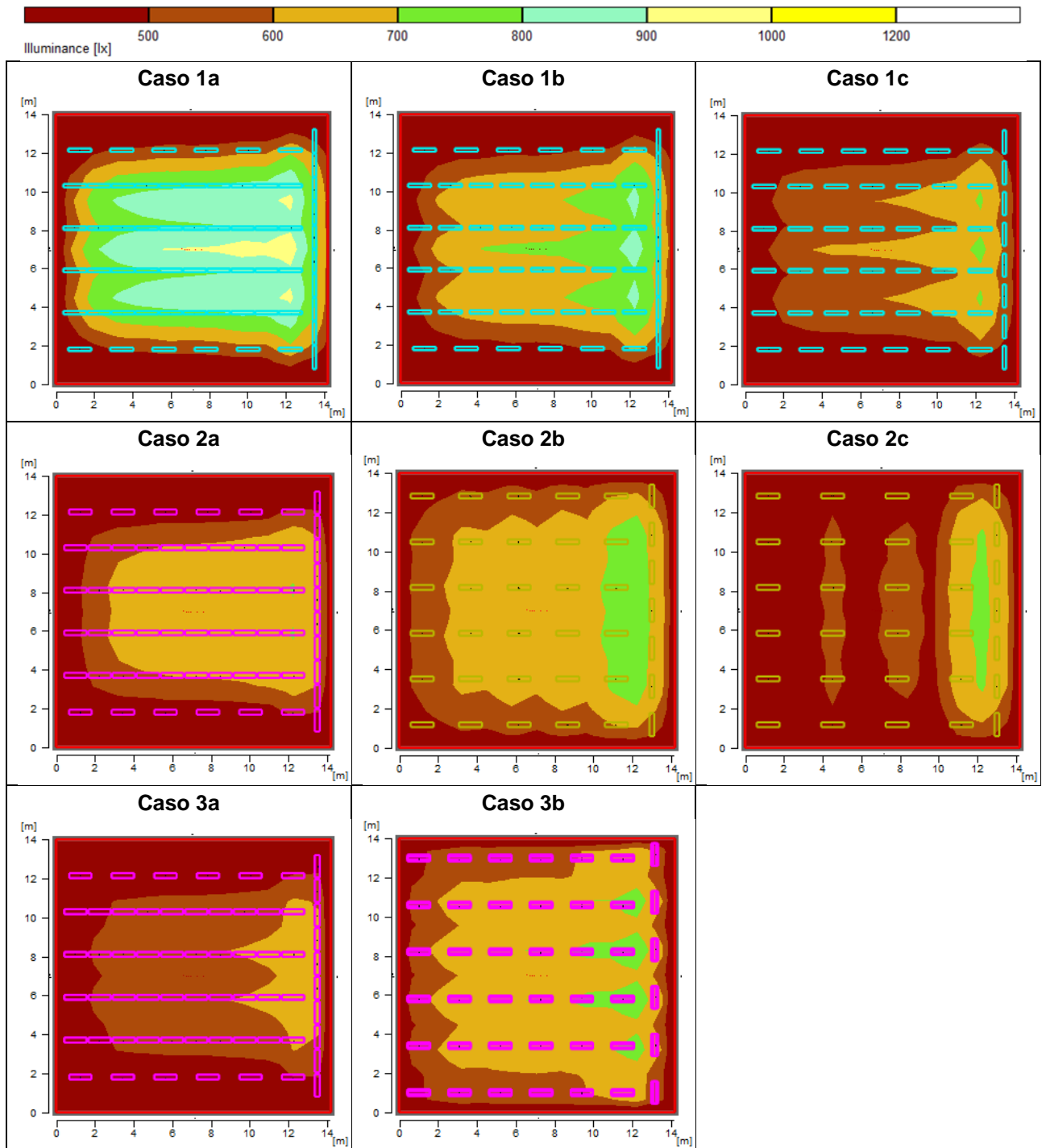


Figura A.2. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 24	Caso 1a	Caso 1b	Caso 1c
Escenario	Similar al actual	Reducción a 54 luminarias	Reducción a 48 luminarias
Tecnología	T5 Fluorescente		
Lámparas	1 x T5-28W		
Luminaria	471TMS 1xTL5-28W HFP WB		
Marca	Philips		
Consumo (W)	32		
Flujo (lm)	2,625		
Eficacia (lm/W)	82.03		
Número de luminarias	62	54	48
Flujo total (lm)	162,750	141,750	126,000
Consumo total (kW)	1.98	1.73	1.54
Consumo por área (W/m ²)	9.98	8.69	7.73
Em	656	563	500
Emin	245	227	218
Uo	0.37	0.40	0.43
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación alta	Iluminación normal	Iluminación baja
Modificaciones	Ninguna	Reducción de luminarias	Reducción de luminarias

Tabla A.4. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 24	Caso 2a	Caso 2b	Caso 2c
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias LED	Reducción a 37 luminarias LED pero de mayor potencia	Reducción a 31 luminarias LED pero de mayor potencia
Tecnología	LED		
Lámparas	LED		
Luminaria	CS14-22L-40K-10V	CS14-40L HE-40K	
Marca	Cree		
Consumo (W)	20	35	
Flujo (lm)	2,052	4,074	
Eficacia (lm/W)	102.60	116.40	
Número de luminarias	62	37	31
Flujo total (lm)	127,224	150,738	126,294
Consumo total (kW)	1.24	1.30	1.09
Consumo por área (W/m ²)	6.24	6.51	5.46
Em	516	600	499
Emin	186	399	330
Uo	0.36	0.67	0.66
Diagnóstico	No cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación baja	Iluminación normal	Iluminación muy baja
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y menos luminarias	Cambio y menos luminarias

Tabla A.5. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con luminarias LED.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 24	Caso 3a	Caso 3b
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias	Reducción a 42 luminarias pero de 2 tubos LED T5
Tecnología	Tubo LED	
Lámparas	T5 Tubo LED 1.20m	
Luminaria	Similar a la de lámparas fluorescentes	
Marca	Tecnología Esencial	
Consumo (W)	18	36
Flujo (lm)	1,918	3,836
Eficacia (lm/W)	106.66	
Número de luminarias	62	42
Flujo total (lm)	118,916	161,112
Consumo total (kW)	1.12	1.51
Consumo por área (W/m ²)	5.61	7.61
Em	464	616
Emin	158	468
Uo	0.34	0.76
Diagnóstico	No cumple	Cumple
Iluminación	Iluminación baja	Iluminación normal
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y menos luminarias de mayor potencia

Tabla A.6. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con tubos LED T5.

Fuente: Elaboración propia.

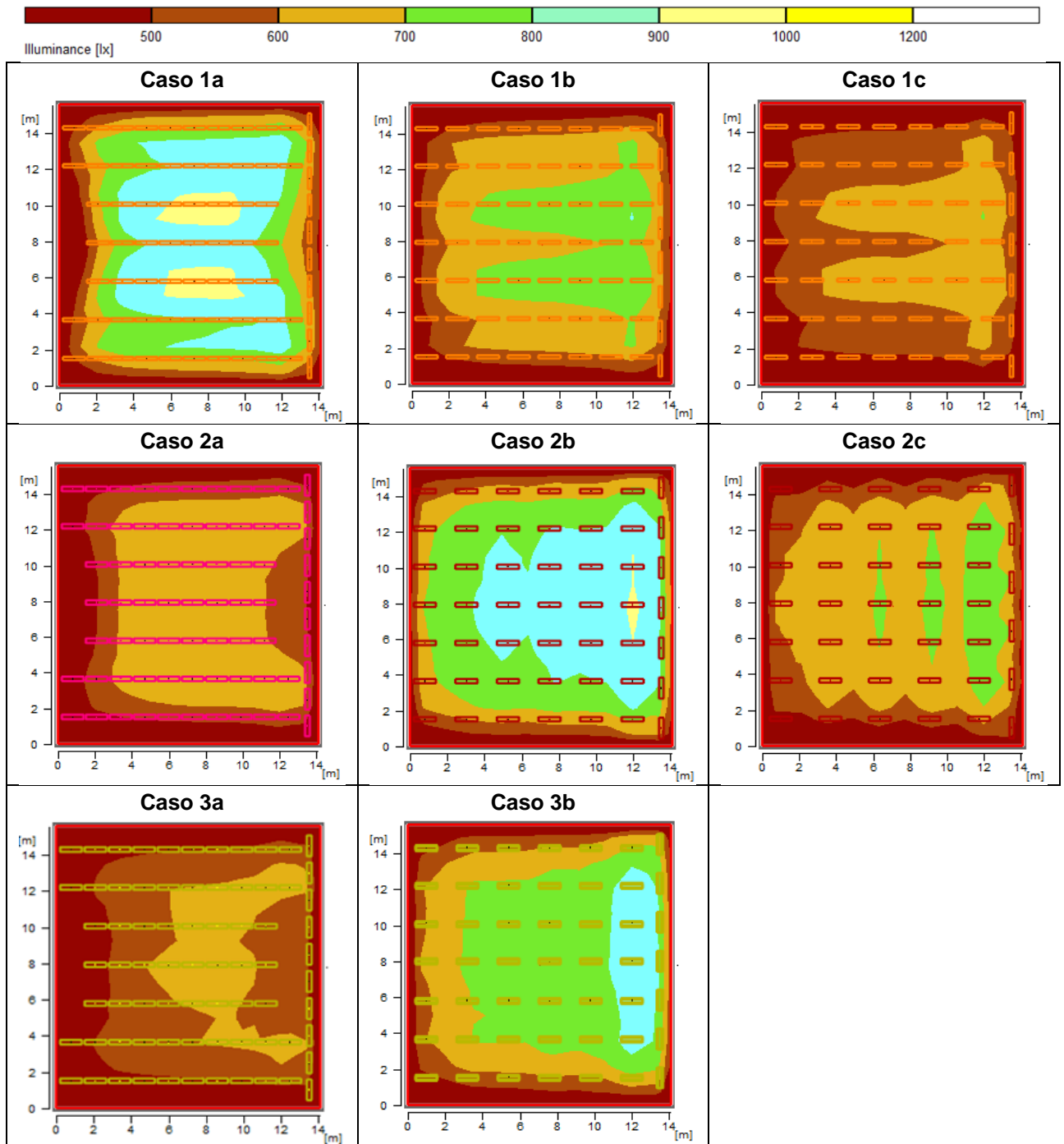


Figura A.3. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 26	Caso 1a	Caso 1b	Caso 1c
Escenario	Similar al actual	Reducción a 64 lámparas	Reducción a 56 lámparas
Tecnología	T5 Fluorescente		
Lámparas	1 x T5-28W		
Luminaria	471TMS 1xTL5-28W HFP WB		
Marca	Philips		
Consumo (W)	32		
Flujo (lm)	2,625		
Eficacia (lm/W)	82.03		
Número de luminarias	74	64	56
Flujo total (lm)	194,250	168,000	147,000
Consumo total (kW)	2.37	2.17	1.79
Consumo por área (W/m ²)	10.77	9.31	8.15
Em	726	626	547
Emin	326	345	312
Uo	0.45	0.55	0.57
Diagnóstico	Cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación alta	Iluminación normal	Iluminación baja
Modificaciones	Ninguna	Reducción de lámparas	Reducción de luminarias

Tabla A.7. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 26	Caso 2a	Caso 2b	Caso 2c
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias LED	Reducción a 49 luminarias LED pero de mayor potencia	Reducción a 41 luminarias LED pero de mayor potencia
Tecnología	LED		
Lámparas	LED		
Luminaria	CS14-22L-40K-10V	CS14-40L HE-40K	
Marca	Cree		
Consumo (W)	20	35	
Flujo (lm)	2,052	4,074	
Eficacia (lm/W)	102.60	116.40	
Número de luminarias	74	49	41
Flujo total (lm)	151,848	199,626	167,034
Consumo total (kW)	1.48	1.72	1.44
Consumo por área (W/m ²)	6.73	7.80	6.52
Em	567	739	620
Emin	272	435	375
Uo	0.48	0.59	0.60
Diagnóstico	No cumple	Cumple	No cumple
Iluminación	Iluminación baja	Iluminación alta	Iluminación media
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y menos luminarias	Cambio y menos luminarias

Tabla A.8. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con luminarias LED.

Fuente: Elaboración propia.

Sucursal 26	Caso 3a	Caso 3b
Escenario	Mismo número y ubicación de luminarias	Reducción a 49 luminarias pero de 2 tubos LED T5
Tecnología	Tubo LED	
Lámparas	T5 Tubo LED 1.20m	
Luminaria	Similar a la de lámparas fluorescentes	
Marca	Tecnología Esencial	
Consumo (W)	18	36
Flujo (lm)	1,918	3,836
Eficacia (lm/W)	106.66	
Número de luminarias	74	49
Flujo total (lm)	141,932	187,964
Consumo total (kW)	1.33	1.76
Consumo por área (W/m ²)	6.06	8.02
Em	517	680
Emin	219	377
Uo	0.42	0.55
Diagnóstico	No cumple	Cumple
Iluminación	Iluminación baja	Iluminación normal
Modificaciones	Cambio de luminarias	Cambio y menos luminarias de mayor potencia

Tabla A.9. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con tubos LED T5.

Fuente: Elaboración propia.

APÉNDICE B

En esta sección se presentan los cálculos realizados²³ para determinar los costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación de los escenarios actuales y de los escenarios propuestos para las sucursales 6, 24 y 26.

Al igual que en el caso de la sucursal 31, la elección de los escenarios propuestos se realizó tomando en cuenta la diferencia que hay entre el costo de las luminarias LED y el costo de los tubos LED T5.

De tal manera, los escenarios elegidos para las tres sucursales mencionadas corresponden a los escenarios “3b” presentados en el Apéndice A.

Para el caso de las sucursales 6 y 24, la determinación de los costos anuales totales de energía se realizó utilizando la información de los escenarios actuales y propuestos para las mismas y de acuerdo con lo ya comentado en la sección “4.1.1 Determinación de costos de inversión y ahorros generados de las propuestas realizadas para los pisos de ventas” para el caso de la sucursal 24.

²³ Pueden presentarse pequeñas discrepancias en la información mostrada en este apéndice debido al redondeo y a que para realizar las operaciones se utilizó una hoja de cálculo.

Para la sucursal 6 se tiene lo siguiente:

Sucursal 6	Escenario 1a (actual)	Escenario 3b (propuesta)
Horas anuales	8,760	8,760
Factor de uso	1	1
Costo de la energía		
Carga por energía (\$/kWh)	1.70	1.70
Carga por demanda (\$/kW)	235.65	235.65
Consumo anual de energía		
Consumo anual total (kWh)	24,440.4	16,714.1
Consumo total (kW)	2.79	1.91
Costos anual por energía (\$)		
Costo anual total por energía (\$)	41,548.7	28,413.9
Carga por demanda anual (\$)	78,89.6	5,395.5
Costo anual total (\$)	49,438.3	33,809.4

Tabla B.1. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 6.

Fuente: Elaboración propia con información de tarifas de la CFE obtenidas de su página Web.

Sucursal 6	Escenario 1a (actual)	Escenario 3a (propuesta)
Costo por energía (\$)	49,438.00	33,809.00
Costos de operación y mantenimiento (\$)	6,750.00	7,950.00
Costos varios (\$)	1,125.00	1,325.00
Costo anual total (\$)	57,313.00	43,084.00

Tabla B.2. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 6.

Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre los costos anuales del escenario actual y el escenario propuesto, que es igual a \$ 14,229.00, es el ahorro anual que se obtiene en caso de llevar a cabo la propuesta. Para trabajar con valores redondeados, como se mencionó en la nota 21, de la página 194, lo ahorros se redondearon a \$ 14,200.00.

Para la sucursal 24 se tiene lo siguiente:

Sucursal 24	Escenario 1a (actual)	Escenario 3b (propuesta)
Horas anuales	8,760	8,760
Factor de uso	1	1
Costo de la energía		
Cargo por energía (\$/kWh)	1.70	1.70
Cargo por demanda (\$/kW)	235.65	235.65
Consumo anual de energía		
Consumo anual total (kWh)	19,534.8	13,245.1
Consumo total (kW)	1.98	1.51
Costos anual por energía (\$)		
Costo anual total por energía (\$)	33,209.2	22,516.7
Cargo por demanda anual (\$)	6,306.0	4,275.7
Costo anual total (\$)	39,515.2	26,792.4

Tabla B.3. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 24.

Fuente: Elaboración propia con información de tarifas de la CFE obtenidas de su página Web.

Sucursal 24	Escenario 1a (actual)	Escenario 3a (propuesta)
Costo por energía (\$)	39,515.00	26,792.00
Costos de operación y mantenimiento (\$)	9,300.00	6,300.00
Costos varios (\$)	1,550.00	1,050.00
Costo anual total (\$)	50,365.00	34,142.00

Tabla B.4. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 24.

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, el ahorro anual que se obtiene en caso de llevar a cabo la propuesta es de \$ 16,223.00. Para trabajar con valores redondeados, como se mencionó en la nota 21, de la página 194, lo ahorros se redondearon a \$ 16,200.00.

Con respecto a la sucursal 26, la determinación de los costos anuales totales de energía se realizó utilizando la información de los escenarios actuales y el propuesto para dicha sucursal y siguiendo el mismo método que se utilizó para la sucursal 31.

Así, para la sucursal 26 se tiene lo siguiente:

Sucursal 26	Escenario 1a (actual)	Escenario 3b (propuesta)
Horas anuales	8,760	8,760
Factor de uso	1	1
Cargo fijo	1	1
1-50	1-50	1-50
51-100	51-100	51-100
> 100	> 100	> 100
Costo de la energía \$/kWh		
Cargo fijo	51.923	51.923
1-50	2.208	2.208
51-100	2.667	2.667
> 100	2.936	2.936
Consumo anual 1-50	600.0	600.0
Consumo anual 51-100	600.0	600.0
Consumo anual > 100	22,136.6	14,252.6
Consumo anual total	23,336.6	15,452.6
Cargo fijo anual	623.1	623.1
Costo anual 1-50	1,324.8	1,324.8
Costo anual 51-100	1,600.2	1,600.2
Costo anual > 100	64,993.2	41,845.8
Costo anual total	68,541.3	45,393.8

Tabla B.5. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 26.

Fuente: Elaboración propia con información de tarifas de la CFE obtenidas de su página Web.

Sucursal 26	Escenario 1a (actual)	Escenario 3a (propuesta)
Costo por energía (\$)	68,541.00	45,393.00
Costos de operación y mantenimiento (\$)	11,100.00	7,350
Costos varios (\$)	1,850.00	1,225.00
Costo anual total (\$)	81,491.00	53,969.00

Tabla B.6. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 26.

Fuente: Elaboración propia.

El ahorro anual que se obtiene en caso de llevar a cabo la propuesta es de \$ 27,522.00. Para trabajar con valores redondeados, como se mencionó en la nota 21, de la página 194, lo ahorros se redondearon a \$ 27,500.00.

ÍNDICE DESGLOSADO

INTRODUCCIÓN	I
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES	1
Introducción	1
1.1 Panorama energético.....	1
1.1.1 Panorama Energético Mundial	2
1.1.2 Panorama Energético en México.....	10
1.2 Desarrollo sostenible	14
1.3 Calentamiento Global	15
1.4 Eficiencia energética y fuentes alternas de energía.....	17
1.4.1 Eficiencia energética.....	17
1.4.2 Fuentes de energía alternas.....	20
1.4.2.1 Biomasa	21
1.4.2.2 Celdas fotovoltaicas	22
1.4.2.3 Energía mareomotriz.....	22
1.4.2.4 Energía eólica	23
1.4.2.5 Energía hidráulica	24
1.4.2.6 Energía geotérmica.....	24
1.5 Normativa en México	24
1.5.1 Leyes Mexicanas	24
1.5.2 Normas Oficiales Mexicanas	26
1.5.3 Normas Mexicanas	28
1.5.4 Normativa Internacional.....	28
1.6 Instalaciones eléctricas	29
1.6.1 Conductores eléctricos	30

1.6.2	Interruptores	31
1.6.3	Fusibles	31
1.6.4	Centros de carga y tableros de distribución.....	32
1.6.5	Contactos y apagadores.....	32
1.6.6	Lámparas.....	33
1.6.7	Canalizaciones y accesorios	34
	Conclusiones	34
CAPÍTULO 2 EL GRUPO FARMACÉUTICO		35
	Introducción	35
2.1	Descripción del grupo farmacéutico.....	35
2.2	Condiciones de operación.....	45
2.3	Caracterización de la demanda energética.....	46
2.4	Costos de operación actuales.....	50
2.5	Factura eléctrica	51
2.6	Elección de las sucursales a estudiar	52
	Conclusiones	54
CAPÍTULO 3 FACTIBILIDAD DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO DE ENERGÍAS ALTERNAS		55
	Introducción	55
3.1	Sistemas de iluminación	56
3.1.1	Tipos de lámparas	60
3.1.1.1	Lámparas incandescentes	60
3.1.1.2	Lámparas halógenas.....	65
3.1.1.3	Lámparas de descarga.....	66
3.1.1.4	Lámparas de vapor de mercurio a baja presión o lámparas fluorescentes	66
3.1.1.5	Balastros	70

3.1.1.5.1	Balastro electromagnético	70
3.1.1.5.2	Balastro electrónico	71
3.1.1.6	Lámparas de vapor de mercurio a alta presión	71
3.1.1.7	Lámparas LED	71
3.1.1.7.1	Principio de funcionamiento de los LEDs.....	73
3.1.1.7.2	Tecnologías LED	74
3.1.2	Luminarias	79
3.1.3	Comparación entre lámparas fluorescentes y lámparas LED	86
3.1.4	Cálculo de niveles de iluminación en interiores	87
3.2	Uso de energías alternas: celdas fotovoltaicas	94
3.2.1	Tipos de sistemas de potencia	95
3.2.1.1	Sistemas a red	95
3.2.1.2	Sistemas a red con la batería de reserva.....	96
3.2.1.3	Sistemas aislados	96
3.2.2	Celdas fotovoltaicas.....	96
3.3	Propuestas y evaluación de alternativas de eficiencia energética y energías alternas.....	98
3.3.1	Cumplimiento de normatividad en oficinas y otros espacios	98
3.3.1.1	Oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31	99
3.3.1.2	Oficina de gerencia de la sucursal 31	115
3.3.1.3	Oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.....	119
3.3.1.4	Oficina de gerencia de la sucursal 24	123
3.3.2	Propuestas de eficiencia energética para los pisos de ventas	126
3.3.3	Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico interconectado	137
3.3.3.1	Lugar de la propuesta	138
3.3.3.2	Cálculo del número de paneles solares	139

3.3.3.3	Distancia mínima para evitar sombras entre filas de paneles	143
3.3.3.4	Disposición de paneles en el techo de la sucursal del grupo farmacéutico	145
3.3.3.5	Simulación del sistema fotovoltaico con el Software PVsyst.....	148
3.3.3.6	Dimensionamiento de los componentes del sistema	156
3.3.3.6.1	Cajas combinadoras	158
3.3.3.6.2	Estructura y anclaje	160
3.3.3.6.3	Cálculo de conductores	162
3.3.3.6.4	Calculo del conductor por ampacidad.....	162
3.3.3.6.5	Cálculo de conductores por caída de tensión	164
3.3.3.6.6	Resumen de conductores	166
	Conclusiones	167
CAPÍTULO 4 VIABILIDAD ECONÓMICA Y ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS		168
	Introducción	168
4.1	Costos de inversión y ahorros generados.....	169
4.1.1	Determinación de costos de inversión y ahorros generados de las propuestas realizadas para los pisos de ventas.....	169
4.1.2	Determinación de costos de inversión y ahorros generados de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.....	176
4.2	Variables económicas.....	187
4.2.1	Valor presente neto (VPN).....	187
4.2.2	Tasa mínima atractiva de retorno (TMAR o TREMA)	188
4.2.3	Valor anual o anualidad equivalente.....	190
4.2.4	Relación beneficio/costo.....	190
4.2.5	Tasa interna de RETORNO (TIR).....	191
4.2.6	Periodo de recuperación simple	192

4.2.7	Viabilidad económica de un proyecto	192
4.3	Análisis económico de las propuestas	193
4.3.1	Análisis económico de las propuestas de iluminación realizadas para los pisos de ventas.....	193
4.3.2	Análisis económico de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico	202
4.3.3	Reducción de emisiones de CO ₂	207
4.4	Análisis financiero de las propuestas.....	210
4.4.1	Análisis financiero de las propuestas de iluminación realizadas para los pisos de ventas.....	211
4.4.2	Análisis financiero de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.....	217
4.4.3	Análisis de sensibilidad de las propuestas	221
4.5	Programas de apoyo financiero	230
	Conclusiones	233
	CONCLUSIONES GENERALES	236
	APÉNDICE A	238
	APÉNDICE B	250
	ÍNDICE DESGLOSADO.....	255
	ÍNDICE DE TABLAS.....	260
	ÍNDICE DE FIGURAS	265
	ÍNDICE DE ECUACIONES	270
	BIBLIOGRAFÍA	271

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Distribución mundial de la generación y consumo de la energía por región geoeconómica para el año 2011.....	6
Tabla 1.2. Principales indicadores económicos y energéticos de México para el año de 2012.....	10
Tabla 1.3. Comparación de indicadores energéticos de México con los de otras regiones del mundo para el año de 2011.	11
Tabla 1.4. Generación bruta de energía eléctrica por energías renovables y energías alternas en los últimos tres años.	13
Tabla 3.1. Niveles de Iluminación en los centros de trabajo.....	57
Tabla 3.2. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).	59
Tabla 3.3. Información técnica de lámparas incandescentes tradicionales del fabricante Philips.	64
Tabla 3.4. Modelos de tubos fluorescentes diámetros y potencias más comunes.	68
Tabla 3.5. Valores de reflectancia para distintos colores y materiales.	91
Tabla 3.6. Factores de reflexión de techo, pared y piso.	92
Tabla 3.7. Factores de depreciación (factores de mantenimiento).....	93
Tabla 3.8. Tabla de coeficientes de conservación (factores de mantenimiento).	94
Tabla 3.9. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.....	100
Tabla 3.10. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia de la sucursal 31.....	115
Tabla 3.11. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.	120
Tabla 3.12. Niveles de utilización y factores de reflexión de la oficina de gerencia de la sucursal 24.....	124
Tabla 3.13. Información técnica y económica de las lámparas y luminarias utilizadas en las simulaciones realizadas con el programa Relux.	129
Tabla 3.14. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.	132

Tabla 3.15. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con luminarias LED.	133
Tabla 3.16. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios con tubos LED T5.	134
Tabla 3.17. Propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para el piso de ventas de la sucursal 31.....	135
Tabla 3.18. Propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para los pisos de ventas de la sucursales 6, 24 y 26.....	136
Tabla 3.19. Características del Panel Helios Solar Works 9T6 420.	140
Tabla 3.20. Consumo eléctrico mensual de la sucursal 41.	140
Tabla 3.21. Promedio mensual de horas pico en el D.F. de 1993 a 2005.	150
Tabla 3.22. Promedio mensual de la irradiación diaria en el D.F. de 1993 a 2005.	153
Tabla 3.23. Generación fotovoltaica del sistema.....	155
Tabla 3.24. Características de diseño del panel solar.	157
Tabla 3.25. Características de diseño del inversor.....	157
Tabla 3.26. Características de diseño de la caja combinadora.	158
Tabla 3.27. Calibre de los conductores del sistema fotovoltaico.	166
Tabla 4.1. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 31.....	171
Tabla 4.2. Tarifas Generales de baja tensión Tarifa 2 para el periodo diciembre 2012 - noviembre 2013.....	172
Tabla 4.3. Tarifas Generales de baja tensión Tarifa 3 para el periodo diciembre 2012 - noviembre 2013.....	173
Tabla 4.4. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 31.	175
Tabla 4.5. Ahorros generados con el sistema fotovoltaico.	176
Tabla 4.6. Tarifa Eléctrica OM. Cuotas aplicables en el mes de Septiembre de 2013.....	177
Tabla 4.7. Cálculo de la factura eléctrica en el caso de que se utilice el sistema fotovoltaico.	179

Tabla 4.8. Tarifas generales en media tensión. Tarifa O-M de 2013 para la región central.....	180
Tabla 4.9. Inversión inicial requerida para instalar el sistema fotovoltaico.	186
Tabla 4.10. Determinación del valor presente neto para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.	194
Tabla 4.11. Variables económicas para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.	197
Tabla 4.12. Determinación del valor presente neto para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31 considerando un 35% de descuento en el precio de tubos LED T5 y drivers.....	199
Tabla 4.13. Variables económicas para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.	200
Tabla 4.14. Variables económicas para las propuestas que cumplen técnicamente con el objetivo buscado para los pisos de ventas de la sucursales 6, 24, 26 y 31.....	201
Tabla 4.15. Determinación del VPN para una TREMA de 20% y un periodo de 20 años para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.....	203
Tabla 4.16. Variables económicas para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.	206
Tabla 4.17. Reducción del consumo anual total derivado de las propuestas de iluminación en los pisos de ventas y del uso de un sistema fotovoltaico.....	207
Tabla 4.18. Factores de emisión de electricidad promedio anuales del Sistema Eléctrico Nacional para el periodo 2002 - 2012.	208
Tabla 4.19. Inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas.....	211
Tabla 4.20. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación para los pisos de ventas.	212
Tabla 4.21. Anualidades del crédito para llevar a cabo las propuestas de iluminación de los pisos de ventas de las cuatro sucursales analizadas.	214

Tabla 4.22. Inversiones y ahorros de las propuestas de iluminación con financiamiento.	215
Tabla 4.23. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación sin y con financiamiento.	216
Tabla 4.24. Anualidades del crédito para llevar a cabo la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.	217
Tabla 4.25. Inversiones y ahorros de la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.	218
Tabla 4.26. Variables económicas para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.	219
Tabla 4.27. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.	220
Tabla 4.28. Análisis de sensibilidad económica para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas.	221
Tabla 4.29. Análisis de sensibilidad económica para las propuestas de iluminación para los pisos de ventas cuando se utiliza financiamiento.....	223
Tabla 4.30. Análisis de sensibilidad económica para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico cuando se utiliza financiamiento.....	224
Tabla 4.31. Inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.	226
Tabla 4.32. Variables económicas para las inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.....	227
Tabla 4.33. Análisis de sensibilidad económica para las inversiones y ahorros consolidados de todas las propuestas.....	228
Tabla 4.34. Resultados económicas de todas las propuestas consolidadas que resultarían atractivos.	230
Tabla A.1. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.	239
Tabla A.2. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con luminarias LED.	240
Tabla A.3. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios con tubos LED T5.....	241

Tabla A.4. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.	243
Tabla A.5. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con luminarias LED.	244
Tabla A.6. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios con tubos LED T5.....	245
Tabla A.7. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con lámparas fluorescentes.	247
Tabla A.8. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con luminarias LED.	248
Tabla A.9. Información de la simulación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios con tubos LED T5.....	249
Tabla B.1. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 6.....	251
Tabla B.2. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 6.	251
Tabla B.3. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 24.....	252
Tabla B.4. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 24.	252
Tabla B.5. Consumo y costo anual del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 26.....	253
Tabla B.6. Costos anuales totales de energía, mantenimiento y operación del escenario actual y del escenario propuesto para el piso de ventas de la sucursal 26.	254

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Producción total mundial de energía por combustible/origen para el periodo 1971 a 2011.....	3
Figura 1.2. Consumo total mundial de energía por tipo de fuente para el periodo 1971 a 2011.....	4
Figura 1.3. Generación de electricidad a nivel mundial por tipo de combustible/origen para el periodo 1971 a 2011.....	5
Figura 1.4. Emisiones de CO ₂ a nivel mundial para el periodo 1971 a 2011.....	7
Figura 1.5. Variación de los principales precios de referencia a nivel mundial para los principales combustibles fósiles en los últimos 10 a 20 años.	9
Figura 1.6. Generación bruta de energía en México por proceso para el periodo 2002 - 2012.	12
Figura 1.7. Cargos por energía (\$/kWh) para la tarifa O-M de la región central Promedio anual 2002 - 2013.	13
Figura 2.1. Techumbre, ductos de aire acondicionado y arreglos de lámparas fluorescentes.	37
Figura 2.2. Extractores de aire y tubería para recolección de aguas pluviales.....	38
Figura 2.3. Equipo de refrigeración.	40
Figura 2.4. Ventana tipo <i>louver</i> del cuarto de máquinas.	41
Figura 2.5. Planta de emergencia de 100 kW, marca Cummins, modelo 6BTA5.9.....	42
Figura 2.6. Lavadora de aire similar a las utilizadas en las sucursales del grupo farmacéutico.	44
Figura 2.7. Gasto de energía eléctrica por mes de la sucursal 6.	46
Figura 2.8. Gasto de energía eléctrica por bimestre de la sucursal 31.	47
Figura 2.9. Consumos mensuales promedio y máximos de las sucursales.	48
Figura 2.10. Diagrama unifilar de la sucursal 6.	49
Figura 2.11. Costo anual total de mantenimiento preventivo por rubro.	50
Figura 2.12. Costo mensual promedio del consumo eléctrico de las sucursales.	51
Figura 2.13. Costo mensual promedio del consumo eléctrico de la sucursal 31.	52
Figura 3.1. Lámpara incandescente.	60
Figura 3.2. Espectro visible (luz) del espectro electromagnético.....	61

Figura 3.3. Región visible del espectro electromagnético y longitudes de onda perceptibles por el ojo humano.....	62
Figura 3.4. Valores mínimos de eficacia establecidos por la NOM-028-ENER-2010, modificada en su numeral 5.1, para lámparas incandescentes, incandescentes con halógenos y fluorescentes compactas autobalastadas.	63
Figura 3.5. Modelos de lámparas halógenas.....	65
Figura 3.6. Modelos de lámparas de vapor de mercurio a baja presión.	67
Figura 3.7. Ejemplos de lámparas fluorescentes compactas o de bajo consumo (CFL).	69
Figura 3.8. Tubo LED.	72
Figura 3.9. LED estándar fabricado de distintos colores.	76
Figura 3.10. LED de alta luminosidad agrupado como fuente de iluminación general.....	77
Figura 3.11. Lámpara con LEDs SMD.....	77
Figura 3.12. Prototipo de pantalla OLED flexible.....	79
Figura 3.13. Ejemplo de los distintos tipos de luminarias que pueden encontrarse en el mercado.	80
Figura 3.14. Clasificación CIE según la distribución de la luz.	82
Figura 3.15. Ejemplos de los valores LOR, ULOR y DLOR de una luminaria.	83
Figura 3.16. Reflector especular.	84
Figura 3.17. Difusor Prismático.	85
Figura 3.18. Luminaria con rejilla.	86
Figura 3.19. Iluminación sobre el plano de trabajo de un cuarto rectangular.	88
Figura 3.20. Factor de utilización para la luminaria 471TMS2xTL5-28WHFP WB CI.	92
Figura 3.21. Configuración de un sistema fotovoltaico interconectado.	96
Figura 3.22. Conformación típica de una celda fotovoltaica.....	98
Figura 3.23. Plano sencillo de la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.	99
Figura 3.24. Factores de utilización genéricos para luminarias directas con haz de luz ancho.	101

Figura 3.25. Luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.	104
Figura 3.26. Información fotométrica de la luminaria BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.	105
Figura 3.27. Módulo Easy Lux del programa Relux. Número de luminarias requeridas.	107
Figura 3.28. Distribución de la iluminación obtenida por medio del programa Relux.	108
Figura 3.29. Factor de utilización para la luminaria Philips BCS640LED48/840 PSDW21L125 LIN-PC.	109
Figura 3.30. Factor de utilización de un local en relación con su superficie y altura.	111
Figura 3.31. Colocación de las luminarias con respecto al plano de trabajo.	112
Figura 3.32. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de medicamentos controlados de la sucursal 31.	113
Figura 3.33. Plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 31.	115
Figura 3.34. Simulación del escenario actual de la oficina de gerencia de la sucursal 31.	116
Figura 3.35. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia de la sucursal 31.	117
Figura 3.36. Redistribución y aumento del número de las luminarias actuales de la oficina de gerencia de la sucursal 31.	118
Figura 3.37. Plano sencillo de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.	120
Figura 3.38. Simulación del escenario actual de la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.	121
Figura 3.39. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia y recibo de la sucursal 6.	122
Figura 3.40. Plano sencillo de la oficina de gerencia de la sucursal 24.	123
Figura 3.41. Uso de Tubos LED T5 para iluminar la oficina de gerencia de la sucursal 24.	125
Figura 3.42. Simulación del piso de ventas de la sucursal 31.	128
Figura 3.43. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 31 para distintos escenarios.	131

Figura 3.44. Vista satelital de la ubicación de la sucursal farmacéutica.....	139
Figura 3.45. Horas pico de sol sobre México.	142
Figura 3.46. Esquema para determinar la distancia entre filas de paneles.	143
Figura 3.47. Distancia mínima entre filas de paneles.....	144
Figura 3.48. Arreglo de módulos en el techo de la sucursal 41.....	146
Figura 3.49. Arreglo máximo de módulos en el techo de la sucursal 41.	147
Figura 3.50. Pantalla del programa PVsyst con los datos a utilizar en el proyecto.	149
Figura 3.51. Gráfica del promedio mensual de horas pico en el D.F. de 1993 a 2005.....	150
Figura 3.52. Representación gráfica de las horas pico en un lugar dado.....	152
Figura 3.53. Uso del programa PVsyst para obtener la generación en un panel a 1,000 W/m ² y a una temperatura en los paneles de 45 °C.	154
Figura 3.54. Diseño de la conexión a 4 entradas del inversor.....	159
Figura 3.55. Diseño de la conexión a 1 entrada del inversor.....	159
Figura 3.56. Mapa de zonificación eólica.	160
Figura 3.57. Estructura IsoTop.	161
Figura 3.58. Conductores en el sistema fotovoltaico.....	164
Figura 4.1. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31.	196
Figura 4.2. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para el escenario “3a” del piso de ventas de la sucursal 31 considerando un 35% de descuento en el precio de tubos LED T5 y drivers.	200
Figura 4.3. Flujos anuales netos para un periodo de 20 años para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico en la sucursal 41.....	205
Figura 4.4. Flujos anuales netos para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación.	212
Figura 4.5. Flujos anuales netos para las inversiones y ahorros consolidados de las propuestas de iluminación con financiamiento.....	216
Figura 4.6. Flujos anuales netos para la propuesta de utilizar un sistema fotovoltaico.	219
Figura 4.7. Pasos a seguir para obtención de financiamiento del FIDE.	233

Figura A.1. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 6 para distintos escenarios.....	238
Figura A.2. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 24 para distintos escenarios.....	242
Figura A.3. Simulación de los niveles de iluminación del piso de ventas de la sucursal 26 para distintos escenarios.....	246

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1. Iluminación promedio.....	88
Ecuación 3.2. Flujo luminoso.....	89
Ecuación 3.3. Flujo luminoso por tipo y cantidad de lámparas.....	89
Ecuación 3.4. Flujo luminoso en función del tipo y cantidad de lámparas.....	89
Ecuación 3.5. Flujo luminoso por lámpara y cantidad de lámparas.....	90
Ecuación 3.6. Índice del local para luminarias predominantemente directas.	90
Ecuación 3.7. Índice del local para luminarias predominantemente indirectas.....	91
Ecuación 3.8. Interpolación lineal.....	102
Ecuación 3.9. Hora pico.	151
Ecuación 3.10. Horas pico en un lugar dado.....	151
Ecuación 3.11. Irradiación del lugar.	152
Ecuación 4.1. Valor presente neto.	187
Ecuación 4.2. Tasa de retorno.	188
Ecuación 4.3. Valor presente neto en función de la TREMA.....	189
Ecuación 4.4. Anualidad equivalente.	190
Ecuación 4.5. Relación beneficio/costo.....	190
Ecuación 4.6. Relación entre el valor presente neto y la tasa interna de retorno.....	191
Ecuación 4.7. Periodo de recuperación simple.	192

BIBLIOGRAFÍA

Desarrollo sostenible - Antecedentes. Asamblea General de las Naciones Unidas.

<http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>.

Consultada el 18/03/2014.

Desarrollo Sostenible. Secretaría de Energía, Subsecretaría de Electricidad.

<http://www.energia.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2673>.

Consultada el 18/03/2014.

Global Sustainable Development and Renewable Energy Systems.

Phillip Olla. Universidad Madonna. Estado Unidos. 2012.

Manual técnico de instalaciones eléctricas en baja tensión.

<http://www.uv.mx/personal/jdominguez/files/2012/10/Manual-de-Instalaciones-Elctricas-en-BT-2009.pdf>.

Consultada el 18/03/2014.

Key World Energy Statistics 2013. Agencia Internacional de la Energía.

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf>.

Consultada el 16/03/2014.

Energías Alternativas: Solución para el Desarrollo Sustentable.

Ana María Cabello Quiñones. Refinor, S.A. Primera edición. 2006.

Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación.

<http://www.dof.gob.mx/>.

Consultada el 18/03/2014.

Instalaciones Eléctricas I. Rocha Maldonado Germán.

Carrera de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, UMSS. Primera edición. 2001.

<http://www.umss.edu.bo/librotextost1ing.php>.

Consultada el 03/08/2013.

Pacific Energy Center Factsheet: Luminaires.

http://www.lightingassociates.org/i/u/2127806/f/tech_sheets/Luminaires.pdf

Consultada el 03/08/2013.

Acoustics and Lighting - SPH244 - Luminaires and Lighting

Dr. Jim Mitroy, Charles Darwin University.

<http://www.cs.cdu.edu.au/homepages/jmitroy/sph244/Lecture05.pdf>.

Consultada el 03/08/2013.

Discover Lighting! – Luminaires.

Illuminating Engineering Society, 2011.

<http://www.ies.org/lighting/sources/luminaires.cfm>

Consultada el 03/08/2013.

Light Output Ratio. Paul Nulty Lighting Design (PNLD)

<http://www.paulnulty.co.uk/light-output-ratio/>.

Consultada el 04/08/2013.

Lighting - Interior and Exterior. Robert Bean.

Architectural Press. Primera edición. 2004.

Iluminación de interiores y exteriores

Javier García Fernández, Oriol Boix Aragonès

Manual de luminotecnia para interiores. Carlos Laszlo.

http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF.

Consultada el 03/08/2013.

Leonardo Assaf – Elisa Colombo – Beatriz O’Donell.

<http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/#libro>.

Consultada el 03/08/2013.

Instalaciones de iluminación. Franco Martín Sánchez.

Fundación Escuela de la Edificación. Primera edición. 2007.

Iluminación interna. Vittorio Re.

Marcombo, S.A. 1989.

Energía Solar Fotovoltaica, Manual técnico para instalaciones domiciliarias.

M. en. Ing. Carlos Orbezo, Ing. Roberto Arivilca.

Energía Solar Fotovoltaica - Manual técnico para instalaciones domiciliarias.

DeutscherEntwicklungsdienst (DED), Green Energy.

Sistemas Fotovoltaicos interconectados con la red - Guía de Usuario.

Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Factor de Emisión Eléctrico 2012. Programa GEI México.

<http://www.geimexico.org/factor.html>.

Consultada el 29/03/2014.

Metodologías para la Cuantificación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y de Consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

http://www.conuee.gob.mx/work/files/metod_gei_cons_evit.pdf.

Consultada el 29/03/2014.

Ingeniería Económica. Leland Blank, P. E., Anthony Tarquin P. E.

McGraw-Hill Interamericana, S. A. Cuarta edición. 2000.