

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**ESTUDIO DE MEJORAMIENTO Y AHORRO DE ENERGÍA AL
SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE LAS OFICINAS
CORPORATIVAS DEL GRUPO “ADO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
M O I S E S P O N C E B E N Í T E Z

ASESOR: M.A.I. PEDRO GUZMÁN TINAJERO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*La persona que no es agradecida, no sabe
reconocer sus valores, limitaciones y
necesidades.*

*Por el contrario, quien lo valora, corresponde
como ser humano, forjándolo un hombre
seguro sabio y fuerte.*

Agradezco:

A mis padres:
Rogelio y Esperanza
*Que me enseñaron a romper
las barreras de la
ignorancia*

*A todos mis hermanos que me
apoyaron directa o indirectamente a
lo largo de mi formación profesional
y aquellas personas que aportando
ideas, consejos y amor incondicional
estuvieron conmigo.*

*Doy Gracias a Dios por la paz y
felicidad que me dio realizar
este trabajo, así como con la
humildad que lo recibo.*

ÍNDICE

Introducción.....	Pág. 1
Capítulo 1 Antecedentes de la Iluminación.....	3
1.1 Historia de la Iluminación.....	3
1.1.1 El fuego.....	4
1.1.2 Las velas.....	4
1.2 Lámparas.....	5
1.2.1 Lámparas de aceite.....	6
1.2.2 Lámparas de gas.....	7
1.2.3 Lámparas eléctricas.....	8
1.2.4 Lámparas de descarga eléctrica.....	11
Capítulo 2 Marco Teórico.....	15
2.1 Fundamentos de la Iluminación.....	15
2.2 Fuentes de luz (características de la lámpara).....	16
2.2.1 Incandescente.....	17
2.2.2 Fluorescente.....	18
2.2.3 Alta intensidad de descarga (HID).....	19
2.2.4 Mercurio (MV).....	19
2.2.5 Aditivos metálicos (MH).....	20
2.2.6 Sodio de alta presión (HPS).....	21
2.2.7 Sodio de baja presión (LPS).....	22
2.3 Fotometría.....	22
2.3.1 Curva de distribución de candela.....	23
2.3.2 Coeficiente de utilización.....	24
2.3.3 Curva Isofootcandle.....	24
2.3.4 Criterio de espaciamiento.....	25
2.4 Método para calcular los niveles de iluminación.....	26
2.4.1 Método de cavidad zonal.....	27
2.4.2 Método lumen.....	31

2.5	Calidad de la iluminación.....	33
2.6	Ahorro de energía.....	34
2.6.1	Conceptos importantes sobre el ahorro de energía.....	35
2.6.2	Áreas y Estrategias donde se pueden obtener ahorros.....	36
2.7	Normas de iluminación.....	40
2.8	Niveles propuestos por IESNA.....	42
2.9	Programa de iluminación (VISUAL 2.2).....	43
Capítulo 3 Diseño de Iluminación para Edificios.....		44
3.1	Bases del diseño.....	44
3.2	Necesidades de energía en un edificio.....	46
3.3	Instalación de Iluminación.....	47
3.4	Niveles de iluminación actuales y planos.....	48
Capítulo 4 Propuesta de iluminación para el ahorro de energía.....		57
4.1	Propuesta de luminarios.....	57
4.2	Aplicación de la norma para luminarios propuestos.....	59
Capítulo 5 Proyecto de iluminación.....		72
5.1	PLANTA BAJA.....	73
5.1.1	Planos estructurales.....	73
5.1.2	Niveles calculados.....	75
5.1.3	Curvas de distribución.....	77
5.2	PRIMER NIVEL.....	78
5.2.1	Planos estructurales.....	78

5.2.2 Niveles calculados.....	80
5.2.3 Curvas de distribución.....	82
5.3 SEGUNDO NIVEL.....	83
5.3.1 Planos estructurales.....	83
5.3.2 Niveles calculados.....	85
5.3.3 Curvas de distribución.....	87
5.4 TERCER NIVEL.....	88
5.4.1 Planos estructurales.....	88
5.4.2 Niveles calculados.....	90
5.4.3 Curvas de distribución.....	92
5.5 Comparativa de los nuevos niveles de iluminación.....	93
Capítulo 6 Evaluación de la propuesta.....	99
6.1 Ahorro de Energía en el proyecto.....	99
6.2 Cálculos de ahorro de energía.....	102
6.3 Recuperación de la inversión económica.....	107
Conclusiones.....	108
Anexos.....	110
Conceptos básicos de iluminación.....	111
Bibliografía.....	112

PRÓLOGO

Resulta paradójico que en un segmento de la industria donde regularmente se realizan negocios con lo más avanzado de la tecnología, se deje de lado un sistema de iluminación basado en tecnología de punta, que genere confort visual y a su vez proporcione un ahorro de energía eléctrica proporcionando significantes reducciones en los costos de la empresa.

La tendencia mundial está dirigida al ahorro de energía lo cual implica modernidad y las empresas que no encaminen sus gastos y esfuerzos en búsqueda de ahorro simplemente no esta en la modernidad.

Para modernizar las instalaciones y servicios de iluminación en un inmueble, se requiere contar con un proyecto de transformación que llegue absolutamente a todos los involucrados en el proceso: el fabricante, el mayorista y el proyectista, quienes deben hacer y contar con un plan estratégico que les permita entender las demandas presentes del negocio y estar preparados para el futuro.

Además de una visión clara, este plan debe señalar el camino para conseguir un posicionamiento inteligente en el mercado y darles las bases para diseñar una estrategia

sólida, pero tener clasificado y asumido lo anterior, reclama tiempo y la necesidad de contar con buenos gestores y diseñadores.

El proceso es largo y para algunas compañías puede ser fatal, pero de conseguir desarrollarlo con éxito, se garantizaría el contar con los pilares y la estructura sobre la cual se puede avanzar y consolidar el futuro. A estos aspectos se debe añadir el imperativo de tener una gestión estricta del proyecto.

Los estudios de ingeniería hoy en día dan como resultado el avance tecnológico de la industria en todas sus variantes, por lo que se considera importante, hacer estudios e investigaciones que abarquen nuevas áreas como la iluminación y métodos para el ahorro de energía.

En este trabajo se realizara un amplio análisis de ahorro de energía basado en la hipótesis de que el mejoramiento en la eficiencia de la calidad de luz nos proporcione un amplio margen de ahorro en recursos económicos así como el mejoramiento en el comportamiento humano gracias al confort visual que proporciona un espacio armonioso y tranquilo.

Iniciaremos nuestra investigación no sin antes agradecer al grupo ado y empresas coordinadas por el apoyo y facilidades que nos otorgaron para la realización de este proyecto de ingeniería.

INTRODUCCION

En el mes de mayo del año 2004, el grupo ***ADO Y EMPRESAS COORDINADAS, S.A. DE C.V.*** Tomaron la decisión de remodelar sus oficinas corporativas de la ciudad de México, por lo cual solicito remodelar la parte arquitectónica, inmobiliaria, eléctrica y de iluminación del edificio en cuestión. En esta ultima parte, es donde enfocaremos nuestra investigación.

Comenzaremos enfocándonos en las tendencias mundiales acerca del ahorro de energía y las nuevas tecnologías en la iluminación que nos permiten formularnos la siguiente hipótesis a comprobar, **¿Usando toda la tecnología existente en el mercado, podríamos obtener ganancias económicas y sociales que nos permitan desarrollarnos como empresa y fomentar una cultura organizacional sólida?**

Se inicio la investigación documental con la toma de lecturas de iluminación en las oficinas del edificio “A” (ubicado dentro de su corporativo), así como una medición del consumo de energía en todos los niveles del mismo, esto derivado del excesivo pago por consumo de energía, además de quejas por parte de su personal administrativo referentes al bajo nivel en la iluminación.

Los luminarios en ese entonces instalados denotaban degradación por uso, falta de estética con el nuevo entorno y bajo rendimiento lumínico. Por lo que su departamento de **MEJORA CONTINUA DE PROYECTOS** solicito los niveles y distribución

de curvas fotométricas de los luminarios de nueva tecnología, así como balastos electrónicos de alta frecuencia y refractores 100% acrílico que son ahorradores de energía para dar el mejor confort visual y una iluminación adecuada según la Norma Oficial Mexicana a sus instalaciones.

En el presente trabajo hablaremos de la historia de la iluminación para comprender claramente sus términos, tomando en cuenta los primeros fundamentos y aplicaciones de la misma.

El análisis de aquellos conceptos que nos permitan conocer los fundamentos de la iluminación así como lo que es el ahorro de la energía, es fundamental para valorar un diseño de iluminación.

Una vez teniendo los conceptos básicos de iluminación podemos pasar al plan de acción considerando la información tomada de lecturas y levantamientos eléctricos dentro del edificio, una vez teniendo un punto de referencia con respecto a la iluminación instalada iniciaremos el proyecto de iluminación aunado al ahorro de energía aplicando las normas y tomando en cuenta las nuevas tecnologías aplicadas a la iluminación.

La evaluación del presente proyecto de iluminación se deriva de la comparativa de los datos iniciales de consumo de energía eléctrica y niveles de iluminación con respecto a los nuevos niveles calculados y finalmente es pertinente considerar que un buen proyecto de iluminación con calidad nos proporcione un ahorro de energía al mismo tiempo que pueda generar condiciones de confort visual para el mejor desempeño de aquellos que laboran en sus centros de trabajo.

Capítulo 1

Antecedentes de la Iluminación

En el presente capítulo daremos un breve recorrido por la historia de la iluminación para poder comprender claramente los términos de la iluminación, tomando en cuenta sus primeros fundamentos y aplicaciones.

1.1 Historia de la Iluminación

Durante miles de años, los hombres que gobernaron las antiguas civilizaciones observaron la naturaleza y su entorno, realizando sus actividades solo durante el día, dado que no contaban con una fuente de iluminación artificial, posteriormente se descubrió el fuego, el cual fue implementado por primera vez por los antiguos griegos en sus templos.

¹ Origen: Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil. Revista Ingeniería de Iluminación, mayo-junio 1967, México.

1.1.1 El fuego

La primera forma de iluminación artificial se lograba con las fogatas utilizadas para calentarse y protegerse de los animales salvajes. Las chispas que saltaban de estas fogatas se convirtieron en las primeras antorchas. Durante muchos milenios la antorcha continuo como una importante fuente de iluminación, pero no fue hasta la edad media donde las antorchas portátiles o ancladas en soportes metálicos se usaron en las callejuelas y plazas, lo que permitió que se convirtieran en el primer ejemplo de alumbrado público.

Desde las primeras lámparas precarias que emplearon los griegos para alumbrarse 400 años antes de Cristo, hasta llegar a las **lámparas eléctricas** que hoy conocemos, se tuvo que recorrer un largo camino.

En la antigüedad y a través de los siglos, los hombres utilizaron lámparas de gran variedad de formas y materiales, que junto con las antorchas y las velas iluminaron sus noches.

1.1.2 Las velas

El uso de velas data a los principios de la era cristiana y su fabricación es probablemente una de las industrias más antiguas. Las primeras velas eran hechas con palos de madera recubiertos con cera de abeja. Se piensa que los fenicios fueron los primeros en usar velas de cera (400 D.C.). El uso de velas no era tan común como el de

lámparas de aceite, pero su uso se incrementó durante el medievo. Durante los siglos XVI a XVIII, las velas eran la forma más común para iluminar los interiores de los edificios.

La industria ballenera, durante el siglo XVIII, introdujo el "aceite de ballena" (spermaceti). La vela "spermaceti", debido a su nítida y constante flama, se convirtió en medida standard (la candela) para la iluminación artificial. La candela era la luz producida por una vela spermaceti con un peso de 1/6 de libra y quemándose a un ritmo de 120 gr por hora. El desarrollo de la parafina en 1850 produjo un material económico que sustituyó a la spermaceti. Velas en elaborados candelabros se utilizaron como fuente de iluminación hasta que fueron sustituidas en 1834 con el recientemente descubierto gas. Hoy en día se utilizan las velas principalmente en ceremonias religiosas, como objetos decorativos y en ocasiones festivas.

1.2 Lámparas

Las primeras lámparas eran recipientes abiertos fabricados con piedra, arcilla, barro cocido, mármol, hueso o caracol, en los que se quemaba grasa o aceite.

Luego pasaron a ser recipientes más cerrados que contenían el combustible y contaban con un pequeño agujero en el que se colocaba una mecha de lino o algodón. Algunas lámparas grandes, griegas y romanas tenían muchas mechas para dar una luz más brillante.

En la Edad Media empezaron a usarse lámparas de cobre y de hierro, algunas se podían transportar y otras se colgaban del techo por medio de cadenas; éstas fueron el “antepasado” de las *arañas* que en épocas posteriores adornaron los grandes salones. En los tiempos del Renacimiento continuaron utilizándose las lámparas colgantes.

1.2.1 Lámparas de aceite.

Las lámparas de terracota más antiguas, que datan de 7000 a 8000 A.C., han sido encontradas en las planicies de Mesopotamia. En Egipto y Persia se han encontrado lámparas de cobre y bronce que datan aproximadamente de 2700 A.C.

En 1000 A.C. la eficiencia de las luminarias se debía a sus mechas vegetales que quemaban aceites de oliva o nuez. Para el quinto siglo antes de nuestra era, estas lámparas ya eran de uso común doméstico. Los romanos desarrollaron lámparas de terracota con o sin esmaltar y con una o más salidas para mechas. Con la introducción del bronce y posteriormente del hierro, los diseños de las lámparas de aceite se fueron haciendo cada vez más elaborados.

Se realizaron múltiples esfuerzos para mejorar la eficiencia de estas lámparas. En el último siglo antes de nuestra era, Hero de Alejandría inventa una lámpara en la que por una columna de presión, el aceite que alimentaba la mecha iba subiendo. Leonardo Da Vinci, modificó este diseño y añadió un lente de cristal. La luz que provenía de esta nueva lámpara se lograba por una mecha que se quemaba en forma constante, y gracias al lente de cristal la superficie de trabajo recibía niveles de iluminación que permitían la

lectura nocturna. **Da Vinci** también diseño lentes de agua para corregir la miopía, estos inventos registran la primera correlación análisis sobre la interacción de la luz y la visión.

En el siglo XVIII se produjo una importante evolución de las lámparas. Llegado el año 1767, el físico y químico suizo **Aimé Argand** inventó una lámpara alimentada por petróleo que empleaba una mecha tubular, la cual recibía una corriente de aire que producía un importante aumento en el brillo de la luz. Entre fines del siglo XVIII y principios del XIX, se utilizó el *gas* como combustible para la iluminación de las casas Si bien con el empleo de mejores combustibles las lámparas resultaron más prácticas pero éstas seguían presentando inconvenientes y peligros para la gente.

1.2.2 Lámparas de gas

Los antiguos códigos de Egipto y Persia hablan de explosiones de gases combustibles que brotaban a través de las fisuras de la tierra. Los chinos usaban el gas como fuente de iluminación muchos siglos antes de la era cristiana. Extraían el gas de yacimientos subterráneos por medio de tubería de bambú, el cual era utilizado para iluminar las minas de sal y edificios de la provincia de Szechuan.

En 1664, John Clayton descubrió en el norte de Inglaterra un pozo de gas y lo extrajo por destilación. En 1784, Jean Pierre Mincklers produjo luz por primera vez con gas mineral y así en el mismo año, 1784 William Murdock uso la primera instalación de luminarias de gas, para iluminar su casa en Inglaterra. Posteriormente, se iluminaron almacenes, en los cuáles se conducía el gas por medio de ductos de metal.

1.2.3 Lámparas eléctricas

En 1650, Otto Von Guericke de Alemania descubrió que la luz podía ser producida por excitación eléctrica. Encontró que cuando un globo de sulfuro era rotado y frotado rápidamente se producía una emanación luminosa. En 1706, Francis Hawsbee inventó la primera lámpara eléctrica al introducir sulfuro dentro de un globo de cristal al vacío, después de rotarla a gran velocidad y frotarla, pudo reproducir el efecto observado por Von Guericke.

William Robert Grove en 1840, encontró que cuando unas tiras de platino y otros metales se calentaban hasta volverse incandescentes, producían luz por un periodo de tiempo. En 1809, uso una batería de 2000 celdas a través de la cual pasa electricidad para producir una llama de luz brillante de forma arqueada. De dicho experimento nació el termino "lámpara de arco".

Así fue como tiempo después, en 1832, se produjo un descubrimiento notable: el científico inglés **Michael Faraday** y el físico norteamericano **Joseph Henry**, lograron cada uno en su trabajo, **la transformación de la energía magnética en energía eléctrica**, dando paso a un gran momento en la historia de la iluminación.

La primera patente para una lámpara incandescente la obtuvo Frederick de Moleyns en 1841, Inglaterra. Aun cuando esta producía luz por el paso de electricidad entre sus filamentos era de vida corta. Durante el resto del siglo XIX, muchos científicos trataron de producir lámparas eléctricas.

En 1879, el inventor estadounidense **Thomas Alva Edison** fabricó **la primera lámpara o bombilla incandescente**, con un filamento carbonizado y resistente, que se podía comercializar. Aunque esta lámpara producía luz constante durante un periodo de dos días, continuó sus investigaciones con materiales alternos para la construcción de un filamento más duradero. Su primer sistema de iluminación incandescente lo exhibió en su laboratorio el 21 de diciembre de 1879.

En el año 1880 entró en funcionamiento en Londres la primera central eléctrica destinada a iluminar la ciudad. En 1881, su primer proyecto comercial fue la iluminación de una fábrica de Nueva York. Este proyecto fue un gran éxito comercial y estableció a sus lámparas como viables para la iluminación.

Edison hizo su primera instalación comercial para el barco Columbia. En 1881, esta instalación con 115 lámparas fue operada sin problemas durante 15 años.

Durante los siguientes dos años se colocaron más de 150 instalaciones de alumbrado eléctrico y en 1882, se construyó la primera estación para generar electricidad en Nueva York. La utilización de esta forma de energía se fue extendiendo poco a poco en todo el mundo. En ese mismo año, Inglaterra monta la primera exhibición de alumbrado eléctrico.

En Buenos Aires, Argentina, el sistema eléctrico comenzó con la creación de la **Compañía General Eléctrica Ciudad de Buenos Aires**, en el año 1887

El invento de Edison hizo universal el uso de la electricidad; permitiendo que la luz llegue a todos los hogares, con las ventajas de ser limpia, cómoda y de fácil de

transportar (aún así, en la actualidad contamos con algunas zonas rurales que siguen utilizando lámparas de kerosén o lámparas de gas incandescente)

Un dato curioso: Cuando la lámpara incandescente se introdujo como una luminaria pública, la gente expresaba temor de que pudiese ser nociva para la vista, particularmente durante su uso por largos períodos. En respuesta, el parlamento de Londres elaboró una legislación prohibiendo el uso de lámparas sin pantallas o reflectores.

Uno de los primeros reflectores comerciales basado en cristal plateado, fue desarrollado por E. Haines e instalado en los escaparates comerciales de Chicago en 1903.

En 1904, el norteamericano Willis R. Whitney produjo una lámpara con filamento de carbón metalizado, la cual resulta más eficiente que otras lámparas incandescentes previas. La preocupación científica de convertir eficientemente la energía eléctrica en luz, pareció ser satisfecha con el descubrimiento del tungsteno para la fabricación de filamentos. La lámpara con filamento de tungsteno representó un importante avance en la fabricación de lámparas incandescentes y rápidamente reemplazaron al uso de tántalo y carbón en la fabricación de filamentos metálicos.

Hubo numerosos esfuerzos por desarrollar lámparas más eficientes. Welsbach inventó la primera lámpara comercial con un filamento metálico, pero el osmio utilizado era un metal sumamente raro y caro. Su fabricación se interrumpió en 1907 cuando la aparición de la lámpara de tungsteno.

La primera lámpara con filamento de tungsteno, que se introdujo a los Estados Unidos en 1907, era hecha con tungsteno prensado. William D. Coolidge, en 1910, descubrió un proceso para producir filamentos de tungsteno "drawn" mejorando enormemente la estabilidad de este tipo de lámparas.

En 1913, Irving Langmuir introdujo gases inertes dentro del cristal de la lámpara logrando retardar la evaporación del filamento y mejorar su eficiencia. Al principio se usó el nitrógeno puro para este uso, posteriormente otros gases tales como el argón se mezclaron con el nitrógeno en proporciones variantes. El bajo costo de producción, la facilidad de mantenimiento y su flexibilidad dio a las lámparas incandescentes con gases tal importancia, que las otras lámparas incandescentes prácticamente desaparecieron.

Durante los próximos años se crearon una gran variedad de lámparas con distintos tamaños y formas para usos comerciales, domésticos y otras funciones altamente especializadas.

1.2.4 Lámparas de Descarga Eléctrica

Jean Picard en 1675 y Johann Bernoulli sobre 1700 descubrieron que la luz puede ser producida por agitar el mercurio. En 1850 Heinrich Geissler, un físico Alemán, inventó el tubo Geissler, por medio del cual demostró la producción de luz por medio de una descarga eléctrica a través de gases nobles. John T. Way, demostró el primer arco de mercurio en 1860.

Los tubos se usaron inicialmente solo para hacer experimentos. Utilizando los tubos Geissler, Daniel McFarlan Moore entre 1891 y 1904 introdujeron nitrógeno para producir una luz amarilla y bióxido de carbón para producir luz rosado-blanco, color que se aproxima a la luz del día. Las lámparas con esta innovación eran ideales para comparar colores.

Peter Moore Hewitt comercializó una lámpara de mercurio 1901, con una eficiencia de dos o tres veces mayor que la de la lámpara incandescente. Su limitación principal era que su luz carecía totalmente de rojo y el tubo Moore era difícil de instalar, reparar, y mantener.

La primera instalación eléctrica de Hewitt la realizó en las oficinas del New York Post en 1903. Debido a su luz uniforme y sin deslumbramiento, la lámpara fluorescente inmediatamente encontró aceptación en Norteamérica. La introducción de otros gases fracasó en la producción de un mejor balance del color. En 1904, Hewitt ideó una pantalla fluorescente que convertía parte de la luz verde, azul y amarilla en rojo, mejorando así el color de la luz. La primera instalación comercial con los tubos Moore, se hizo en un almacén de Newark, N.J., durante 1904.

La investigación del uso de gases nobles para la iluminación era continua. En 1910 George Claude, estudio las lámparas de descarga con varios gases tales como el neón, argón, helio, criptón y xenón, su resultado en las lámparas de neón dio como resultado su uso y rápida aceptación para el diseño de anuncios, debido a su flexibilidad,

luminosidad y sus brillantes colores. Pero debido a su baja eficiencia y sus colores particulares nunca encontró aplicación en la iluminación general.

En 1931, se desarrolló una lámpara de alta presión de sodio en Europa, a pesar de su alta eficiencia no resultó satisfactoria para el alumbrado de interiores debido al color amarillo de su luz. Su principal aplicación es el alumbrado público donde su color no se considera crítico. A mediados del siglo XX las lámparas de sodio de alta presión aparecieron en las calles, carreteras, túneles y puentes de todo el mundo.

El fenómeno fluorescente se había conocido durante mucho tiempo, pero las primeras lámparas con ese efecto se desarrollaron en Francia y Alemania en la década de los 30. En 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos. Esta ofrecía una fuente de bajo consumo de electricidad con una gran variedad de colores. La luz de las lámparas mencionadas se debe a la fluorescencia de ciertos químicos que se excitan por la presencia de energía ultravioleta.

La primera lámpara de este tipo era a base de un arco de mercurio de aproximadamente 15 watts dentro de un tubo de vidrio revestido con sales minerales fluorescentes (fosforescentes). La eficiencia y el color de la luz eran determinados por la presión de vapor y los químicos fosforescentes utilizados. Dichas lámparas se introducen comercialmente en 1938, y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en el campo de iluminación artificial. No fue hasta 1944 cuando se dieron las primeras instalaciones de alumbrado público con lámparas fluorescentes.

A partir de la segunda guerra mundial se han desarrollado nuevas lámparas y numerosas tecnologías que además de mejorar la eficiencia de la lámpara, las ha hecho más adecuadas a las tareas del usuario y su aplicación. Entre los desarrollos de las lámparas fluorescentes, se incluyen los balastos de alta frecuencia que eliminan el parpadeo de la luz, y las lámparas fluorescentes compactas que han logrado su aceptación en ambientes domésticos.

Capítulo 2

Marco Teórico

En la actualidad la iluminación es una herramienta fundamental para el desempeño laboral de los trabajadores, por lo que es indispensable conocer los fundamentos, así como los conceptos utilizados en la Iluminación y al mismo tiempo, el ahorro de energía, ya que va de la mano con la iluminación.

2.1 Fundamentos de la Iluminación

La Iluminación se define como luz cayendo sobre una superficie, medida en pies candelas, distribuida con un plan económico y visual, se convierte en iluminación de ingeniería y por lo tanto, en iluminancia práctica.

Un diseñador de iluminación tiene cuatro objetivos principales:

1. Proveer la visibilidad requerida basada en la tarea a realizarse y los objetivos económicos.
2. Brindar iluminación de alta calidad mediante niveles de iluminancia uniforme y mediante la minimización de efectos negativos de brillo directo y reflejado.

3. Escoger luminarios estéticamente complementarios a la instalación con características mecánicas, eléctricas y de mantenimiento, diseñadas para minimizar el costo operativo.
4. Minimizar el uso de energía al mismo tiempo que se consiguen los objetivos de visibilidad, calidad y estéticos.

Hay dos partes para la solución de un problema de diseño. El primero es seleccionar los luminarios que están diseñados para controlar la luz de una manera efectiva y con eficiencia energética. El segundo es aplicarlos al proyecto con toda la habilidad y creatividad que el diseñador pueda lograr para obtener el mejor fruto de sus conocimientos y de todas las fuentes confiables a su disposición.

Esta primicia ha sido desarrollada para darle al diseñador un resumen útil de los principios básicos de iluminación y a su vez, antepone una selección de productos de iluminación de calidad, que usan las mejores técnicas de diseño, manufactura de la ciencia y tecnología de la iluminación, disponibles hoy en día.

El uso de estos, asegura lo más novedoso en calidad de iluminación, economía, distribución de luz, eficiencia de la energía y control de brillo.

2.2 Fuentes de luz (características de la lámpara)

Una de las primeras decisiones en el diseño de un buen sistema de iluminación es la elección de una fuente de luz. Hay disponible un número de fuentes de luz, cada una con su combinación única de características operativas. Las características

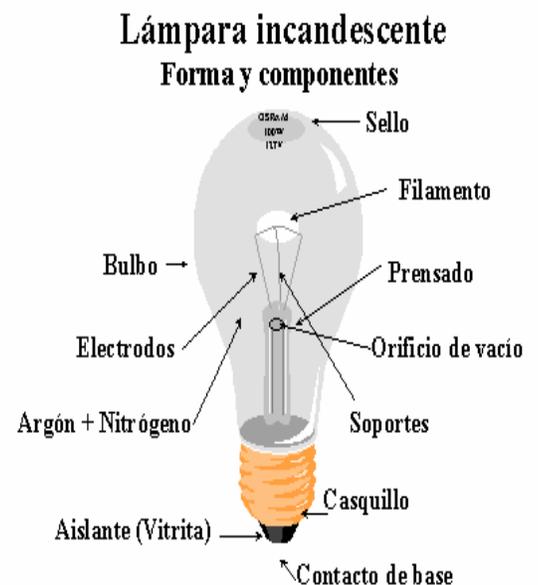
de una lámpara que el diseñador de iluminación debe considerar cuando escoge una fuente de luz son: incluir la eficacia, o lúmenes por watt; Color; vida de la lámpara; y depreciación de lumen de la lámpara, o el porcentaje de salida que una lámpara pierde durante su vida.

A pesar de que hay cientos de lámparas en el mercado hoy en día, estas pueden ser clasificadas por construcción y características operativas, en tres grupos: incandescente, fluorescente y de alta intensidad de descarga (HID). Las lámparas HID pueden ser agrupadas en cuatro clases principales: sodio de alta presión, aditivos metálicos, mercurio y sodio de baja presión.

2.2.1 Incandescente

La lámpara de filamento incandescente es la fuente de luz que se usa de manera más común en la iluminación residencial. (Visto en el Dibujo) La luz se produce en esta fuente por el calentamiento de un alambre o filamento que alcanza la incandescencia por medio del flujo de corriente a través del filamento.

La corta vida y baja eficacia (lúmenes por watt) de esta fuente, limitan su uso principalmente a iluminación comercial de decoración y residencial.



La eficacia varía con la potencia y el tipo de filamento, pero generalmente oscila entre 15 y 25 lúmenes por watt para lámparas de servicio general.

La fuente incandescente produce, sin embargo, un rendimiento de temperatura de color altamente aceptada. Es más conveniente que otras fuentes de luz porque puede ser usada directamente en la línea de corriente, por lo que no requiere balastro y puede alterarse la intensidad utilizando equipo simple. Está disponible en diferentes tamaños de foco, formas y distribuciones para añadir un toque decorativo a un área.

2.2.2 Fluorescente

La lámpara fluorescente produce luz al activar fósforos seleccionados en la superficie interna del foco con energía ultravioleta que es generada por un arco de mercurio. Por las características de un arco gaseoso se necesita un balastro para iniciar y operar lámparas fluorescentes. Las ventajas de una fuente de luz fluorescente incluyen eficacia mejorada y una vida más larga que la de las lámparas incandescentes. La eficiencia de estas lámparas oscila entre los 45 y los 90 lúmenes por watt. Su baja brillantez de superficie y generación de calor las hacen ideales para oficinas y escuelas, donde el confort térmico y visual es importante.

Dentro de las desventajas de las lámparas fluorescentes se incluye su gran tamaño para la cantidad de luz producida. Esto dificulta el control de luz, lo que da como resultado un ambiente difuso y sin sombras. Su uso en áreas exteriores es todavía menos económico, porque la salida de luz de esta fuente se reduce a temperaturas ambientes

bajas. A pesar de que la eficacia fluorescente es mayor que el de una lámpara incandescente, sólo se pueden lograr altos lúmenes por watt mediante lámparas de sodio de alta presión o de aditivos metálicos.

2.2.3 Alta Intensidad de Descarga (HID)

Las fuentes de alta intensidad de descarga incluyen lámparas de mercurio, aditivos metálicos, sodio de alta presión (HPS) y sodio de baja presión. La luz se produce en las fuentes HID a través de la descarga de un arco gaseoso, usando una variedad de elementos. Cada lámpara HID consiste en un tubo de arco que contiene ciertos elementos o mezcla de elementos, que se gasifican y crean una radiación visible cuando se genera un arco entre los electrodos en cada polo. Las principales ventajas de las fuentes HID, son su alta eficacia en lúmenes por watt, larga vida de la lámpara y para un buen control de luz.

Entre las desventajas se incluyen la necesidad de un balastro para regular la corriente de la lámpara y el voltaje así como ayuda para el arranque de HPS y el retraso en reiniciar instantáneamente después de una interrupción de energía momentánea.

2.2.4 Mercurio (MV)

La fuente de mercurio fue la primera lámpara HID diseñada que llenó la necesidad de una lámpara de alta salida, más eficiente pero compacta. Cuando recién se diseñó, la principal desventaja de esta lámpara era su pobre rendimiento de

color. El color de la lámpara blanca de luxe se mejora enormemente por medio del uso una capa de fósforo sobre el foco.

La vida de las lámparas de mercurio es buena, en promedio 24,000 horas para la mayoría de las lámparas de mayor potencia. Sin embargo, la salida de luz disminuye en mayor medida con el paso del tiempo, por lo que la vida operacional económica es muy corta. La eficacia oscila entre los 30 y 60 lúmenes por watt, siendo las potencias más altas, se consideran más eficientes que aquellas de menores lúmenes a los mencionados. Al igual que otras lámparas HID, el arranque de una lámpara de mercurio no es inmediato; sin embargo, el tiempo de arranque es corto, 47 minutos para lograr la máxima salida, dependiendo de la temperatura ambiente.

2.2.5 Aditivos Metálicos (MH)

Las lámparas de aditivos metálicos son similares en construcción a las lámparas de mercurio, con la adición de otros elementos metálicos en el tubo de arco. Los mayores beneficios de este cambio, son un incremento en la eficacia de 60 a 100 lúmenes por watt y una mejora en el rendimiento de color al grado que esta fuente es adecuada para áreas comerciales. El control de luz de una lámpara de aditivos metálicos es más preciso que el de una lámpara de mercurio, ya que la luz emana del pequeño tubo de arco y no de la parte externa del foco de la lámpara recubierta. Una desventaja de la lámpara de aditivos metálicos es una vida más corta (7,500 a 20,000 horas) comparada con las lámparas de mercurio y de sodio de alta presión.

El tiempo de arranque de la lámpara de aditivos metálicos es aproximadamente la misma que para lámparas de mercurio. Sin embargo, el reinicio después que una reducción del voltaje que ha extinguido la lámpara, puede tomar bastante más tiempo, de cuatro hasta doce minutos dependiendo del tiempo que la lámpara requiera para enfriarse.

2.2.6 Sodio de alta presión (HPS)

En la década de los setenta, al tiempo que los crecientes costos de energía ponían mayor énfasis en la eficiencia de la iluminación, las lámparas de sodio de alta presión (desarrolladas en la misma década), lograron un uso generalizado. Con eficacias que van desde 80 a 140 lúmenes por watt, estas lámparas proveen hasta siete veces más luz por watt que las incandescentes y cerca del doble que algunas de mercurio o fluorescentes. La eficacia de esta fuente no es su única ventaja; una lámpara HPS también ofrece una vida más larga (24,000 horas) y las mejores características de mantenimiento de lumen de todas las fuentes HID. La mayor objeción al uso de las HPS es su color amarillento; ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales y exteriores.

2.2.7 Sodio de baja presión (LPS)

El sodio de baja presión ofrece la eficacia inicial más alta de todas las lámparas en el mercado hoy en día, desde 100 hasta 180 lúmenes por watt. Sin embargo, el que la salida de las LPS está en la porción amarilla del espectro visible que produce un rendimiento de color en extremo pobre y desagradable. El control de esta fuente es más difícil que otras fuentes HID por el gran tamaño del tubo de arco. La vida promedio de las lámparas de sodio de baja presión es de 18,000 horas. A pesar que el mantenimiento de lumen a lo largo de su vida es bueno con las LPS, hay un contrapeso por el incremento en la potencia de la lámpara, lo que reduce la eficiencia de este tipo de lámpara con el uso.

2.3 Fotometría

El término “Fotometría” se usa para definir cualquier información de prueba que describa las características de la salida de luz de un luminario. El tipo más común de información fotométrica incluye las curvas de distribución de criterios de espaciamiento, eficiencia del luminario, curva isofootcandle, coeficiente de utilización e información de luminancia.

El propósito de la fotometría es describir con exactitud el rendimiento de un luminario para permitir al diseñador, seleccionar el equipo de iluminación y diseñar una distribución de luminarios que mejor cubra las necesidades del trabajo.

A continuación se revisan los tipos de información fotométrica más utilizados.

2.3.1 Curva de distribución de candela

La curva de distribución fotométrica (Figura 1) es una de las herramientas más valiosas de los diseñadores de iluminación. Es un “mapa” transversal de intensidad (candelas), medidas en muchos ángulos diferentes. Es una representación de dos dimensiones y por lo tanto muestra la información sólo para un plano. Si la distribución de la unidad es simétrica, la curva en

Curva de Candela

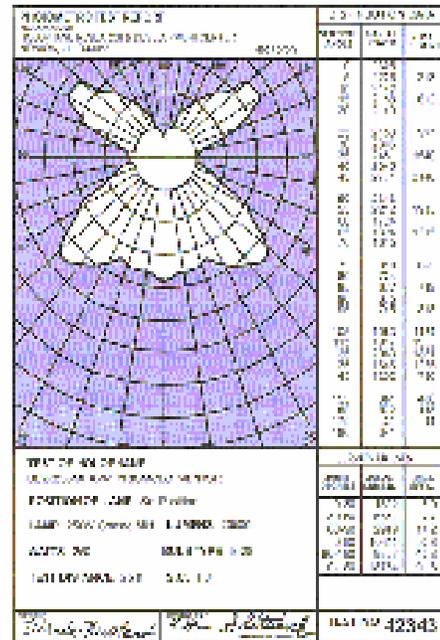


Figura 1

un plano es suficiente para todos los cálculos. Por otra parte, si es asimétrica, tal como la iluminación pública y las unidades fluorescentes, se requieren tres o más planos.

En general, las unidades de reflectores incandescentes y HID son descritas por un plano vertical único de fotometría. Los luminarios fluorescentes requieren un mínimo de un plano a través del eje de la lámpara, uno que lo atraviese y otro en un ángulo de 45°. A mayor separación de la simetría, más son los planos que se necesitan para lograr cálculos exactos.

2.3.2 Coeficiente de utilización

El coeficiente de utilización (Figura 2) se refiere al número de lúmenes que finalmente alcanzan el plano de trabajo en relación con los lúmenes totales generados por la lámpara. Los números de CU son necesarios para calcular los niveles

Coeficiente de Utilización

CU	%									
	80%		70%		60%		50%		40%	
	90%	80%	90%	80%	90%	80%	90%	80%	90%	
0	.50	.50	.50	.52	.52	.52	.70	.70	.70	
1	.45	.46	.47	.49	.49	.49	.67	.67	.67	.68
2	.35	.37	.38	.39	.42	.43	.59	.59	.59	.60
3	.25	.26	.28	.29	.32	.33	.47	.47	.47	.48
4	.15	.16	.17	.18	.20	.21	.34	.34	.34	.34
5	.10	.11	.12	.13	.15	.16	.24	.24	.24	.24
6	.08	.08	.09	.10	.11	.12	.18	.18	.18	.18
7	.06	.06	.07	.08	.09	.10	.14	.14	.14	.14
8	.05	.05	.05	.06	.06	.07	.10	.10	.10	.10
9	.04	.04	.04	.04	.05	.05	.07	.07	.07	.07
10	.03	.03	.03	.03	.04	.04	.05	.05	.05	.05

Figura 2

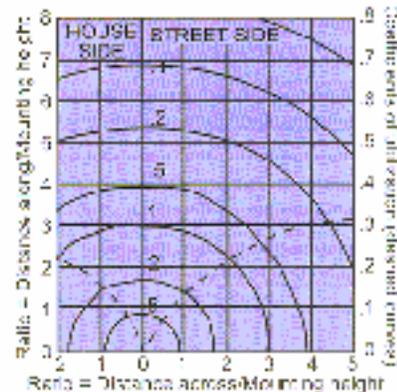
de iluminancia promedio y son provistos de una de dos maneras: una tabla de CU o una curva de utilización. Por lo general, la curva de utilización se provee para unidades escogidas para uso exterior o unidades con una distribución radicalmente asimétrica.

La tabla de CU se provee para unidades que se usan principalmente en interiores, donde se aplica el método de cálculo de cavidad zonal. El uso de la información de CU se discutirá en la sección que cubre los métodos de cálculo.

2.3.3 Curva Isofootcandle

Las Curvas Isofootcandle (Figura 3) se usan frecuentemente para describir el patrón

Curva Isofootcandle
HPS de 150W a (10') 3.05m
Prueba No. 34873



(Figura 3)

de luz cuando un luminario produce una distribución no simétrica. Estas tablas se derivan de la información candela y muestran gráficas o líneas de niveles pies candela iguales en el plano de trabajo cuando el luminario está en la altura de montaje designado.

El uso de las curvas isofootcandle, para determinar la iluminancia en puntos designados, será discutido en la sección de cálculos por punto.

2.3.4 Criterio de Espaciamiento

El criterio de espaciamiento le da al diseñador información referente a qué tan separados deben colocarse los luminarios y mantener una uniformidad de iluminación aceptable en el plano de trabajo. El criterio de espaciamiento es conservador en la mayoría de los casos, por ejemplo, toma en consideración sólo el componente de iluminación directo e ignora el componente de luz indirecto que puede contribuir significativamente a la uniformidad.

Sin embargo, utilizado dentro de sus límites, el criterio de espaciamiento puede ser útil. Para usarlo, multiplique la altura de montaje neta (luminario a plano de trabajo) por el número de criterio de espaciamiento. En la mayoría de los casos, este rango se utiliza con el método de cálculo de cavidad zonal.

2.4 Método para calcular los niveles de iluminación

Para poder diseñar la distribución de luminarios que mejor cumpla con los requerimientos de iluminancia y uniformidad del trabajo, se necesitan por lo general dos tipos de información: niveles de iluminancia promedio y de iluminancia en un punto dado.

El cálculo de iluminancia en puntos específicos se hace para ayudar al diseñador a evaluar la uniformidad de iluminación, especialmente cuando se usan luminarios donde las recomendaciones de espaciamiento máximas no son provistas o donde los niveles de iluminación de acuerdo a la actividad deban ser verificados contra el ambiente. Si los niveles promedio han de ser calculados, pueden aplicarse dos métodos.

1- Para situaciones de iluminación interior, el método de se usa con información de la tabla de coeficiente de utilización.

2- Para aplicaciones de iluminación exterior, se provee una curva de coeficiente de utilización y el CU se lee directamente de la curva y se usa la fórmula de lumen estándar.

Los siguientes dos métodos pueden ser usados si los cálculos han de hacerse para determinar la iluminancia en un punto.

1- Los niveles de iluminancia pueden ser leídos directamente de esta curva si se provee una curva isofootcandle.

2-Los niveles de iluminancia pueden ser calculados usando el método de punto por punto si hay disponible suficiente información de candelas.

2.4.1 Método de Cavidad Zonal

El método de cavidad zonal es el método aceptado en la actualidad para calcular los niveles de iluminancia promedio para áreas interiores a menos que la distribución de luz sea radicalmente asimétrica. Es un método manual exacto para aplicaciones interiores porque toma en consideración el efecto que tiene la interreflectancia sobre el nivel de iluminancia.

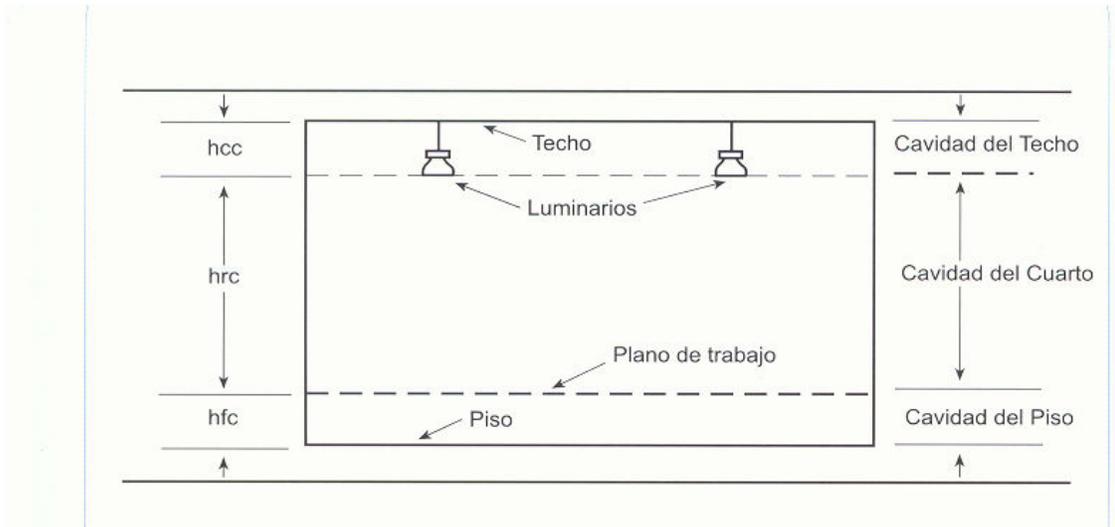
A pesar que toma en consideración muchas variables, la premisa básica de que los pies candela son iguales al flujo sobre un área, no se viola. El fundamento del método, es que el cuarto se compone de tres espacios o cavidades.

El espacio entre el techo y los luminarios, si están suspendidos, se define como la “cavidad del techo”; el espacio entre el plano de trabajo y el piso, la “cavidad del piso”; y el espacio entre los luminarios y el plano de trabajo, la “cavidad del cuarto”. Una vez que el concepto de estas cavidades ha sido comprendido, es posible calcular las relaciones numéricas llamadas “rangos de cavidad”, que pueden ser usados para determinar la reflectancia efectiva del techo y el piso y después encontrar el coeficiente de utilización.

Hay cuatro pasos básicos en cualquier cálculo de nivel de iluminancia:

- 1-Determinar el rango de cavidad
- 2-Determinar las reflectancias de cavidad efectivas
- 3-Seleccionar el coeficiente de utilización

4-Computar el nivel de iluminancia promedio



Paso 1:

Los rangos de cavidad pueden ser determinados mediante el cálculo de las siguientes fórmulas:

$$\text{Rango de Cavidad de Techo (CCR)} = 5 h_{cc} (L + W) / L \times W$$

$$\text{Rango de Cavidad de Cuarto (RCR)} = 5 h_{rc} (L + W) / L \times W$$

$$\text{Rango de Cavidad de Piso (FCR)} = 5 h_{fc} (L + W) / L \times W$$

Donde:

hcc = distancia en pies del luminario al techo

hrc = distancia en pies del luminario al plano de trabajo

hfc = distancia en pies del plano de trabajo al piso

L = Largo del cuarto, en pies

W = Ancho del cuarto, en pies

Una fórmula alterna para calcular cualquier rango de cavidad es:

$$\text{Rango de Cavidad} = \frac{2.5 \times \text{altura de cavidad} \times \text{perímetro de cavidad}}{\text{Área de la base de la cavidad}}$$

Paso 2:

Las reflectancias de cavidad efectivas deben ser determinadas para las cavidades de techo y de piso. Estas pueden localizarse en la Tabla B bajo la combinación aplicable de rango de cavidad y la reflectancia actual del techo, paredes y piso. Note que si el luminario es para montaje de hueco o de superficie, o si el piso es el plano de trabajo, el CCR o el FCR serán 0 y entonces la reflectancia actual del techo o el piso será también la reflectancia efectiva.

Los valores de reflectancia efectivos encontrados serán entonces pcc (reflectancia de cavidad de techo efectiva) y pfc (reflectancia de cavidad de piso efectiva)

Paso 3:

Con estos valores de pcc, pfc y pw (reflectancia de pared) y conociendo el rango de cavidad del cuarto (RCR), previamente calculado, encuentre el coeficiente de utilización en la tabla de (CU) coeficiente de utilización del luminario. Ya que la tabla es lineal, se pueden hacer interpolaciones lineales para rangos de cavidad exactos o combinaciones de reflectancia.

El coeficiente de utilización encontrado será por un 20% de reflectancia de cavidad de piso efectiva, de esta manera, será necesario hacer correcciones para el pfc determinado previamente; multiplicando el CU determinado previamente por el factor de la Tabla B.

CU final = CU (20% piso) x Multiplicador por el pfc actual. Si es diferente a 10% o 30%, entonces interpole o extrapole y multiplique por este factor.

Paso 4:

La computación del nivel de iluminancia se realiza usando la fórmula del método de lumen estándar.

$$\text{LUXES (sostenido)} = \frac{\# \text{ de luminarios} \times \text{lámparas por luminario} \times \text{lumens por lámpara} \times \text{CU} \times \text{LLF}}{\text{área en metros cuadrados}}$$

Cuando el nivel de iluminancia inicial requerido se conoce y el número de luminarios necesarios para obtener ese nivel, se usa una variación de la fórmula de lumen estándar.

$$\# \text{ de luminarios} = \frac{\text{Luxes sostenidos deseados}}{\text{lámpara/luminario} \times \text{lumen} / \text{lámpara} \times \text{CU} \times \text{LLF}}$$

El factor de pérdida total de luz (LLF), consiste de dos factores básicos, depreciación de lumen de lámpara (LLD) y (LDD). Si se han de encontrar los niveles iniciales, se usa un multiplicador de 1. Los factores de pérdida de luz, junto con la salida de lumen total de lámpara varía con el fabricante y tipo de lámpara o luminario y se determinan consultando la información publicada de los fabricantes.

En ocasiones, otros factores de pérdida de luz pueden necesitar ser aplicables. Algunos de estos son, factor de balastro, temperatura ambiente del luminario, factor de voltaje y depreciación de polvo de la superficie del cuarto.

depreciación por suciedad en el luminario

2.4.2 Método Lumen

El cálculo de los niveles de iluminancia promedio usando una curva de utilización. La fórmula de método lumen estándar también se usa para calcular los niveles de iluminancia promedio cuando los CU's se sacan de una curva de utilización.

$$\text{LUXES} = \frac{\text{luxes/lámpara} \times \text{lámparas/ luminario} \times \# \text{ luminarios}}{\text{CU} \times \text{LLF}} \times \text{área en pies cuadrados}$$

Para calcular el número de luminarios necesarios para producir los footcandles deseados, se usa la siguiente fórmula:

$$\# \text{ de Luminarios} = \frac{\text{luxes sostenidos deseados}}{\text{lúmenes / lámpara} \times \text{lámparas/ luminario} \times \text{CU} \times \text{LLF}} \times \text{área en metros cuadrados}$$

Una variación de esta fórmula, que se usa principalmente para iluminación de carreteras calcula qué tan separados deben estar los luminarios para producir la iluminación promedio necesaria

$$\text{Espaciamiento} = \frac{\text{lúmenes de lámpara} \times \text{CU} \times \text{LLF}}{\text{MTD FC promedio} \times \text{ancho del Camino}}$$

Una curva de utilización muestra el porcentaje de luz que cae en un área que tiene un ancho designado y una longitud infinita. El ancho está expresado en la curva de utilización en términos de un rango del ancho del área a la altura de montaje del luminario.

Un CU se encuentra a través del eje base a este rango, hasta que la línea punteada de CU se intercepte, después a través del eje derecho, para encontrar el valor del CU. Se dan CU's separados para el área del lado de la calle y el área del lado de la casa del luminario y puede ser usado para encontrar iluminación en el camino o áreas de banqueta o añadidas para encontrar la luz total en la calle en el caso de luminarios de montaje medio.

Este método es útil en la determinación de variación de niveles de iluminación y la uniformidad por un diseño de iluminación. Se usa con mucha frecuencia en el área industrial y en diseños donde no se consideran las inter reflexiones.

El método de punto por punto, computa con exactitud el nivel de iluminancia en cualquier punto dado en una instalación, al sumar las contribuciones de iluminación hacia ese punto proveniente de cada luminario. No toma en consideración contribuciones de otras fuentes tales como reflexión de las paredes, techo, etc. Para lograr exactitud, la distancia de cálculo desde la fuente al punto de cálculo debiera ser al menos cinco veces la dimensión de luminario máxima. Al usar la distribución fotométrica para la unidad podemos calcular los valores para puntos específicos como es el caso para superficies horizontales.

$$\text{Luxes} = \frac{\text{potencia/candela} \times \text{Cos}q}{D^2}$$

Cuando muchos cálculos de punto deben ser hechos a mano, de alguna manera, una variación de la fórmula básica es más útil.

$$\text{lux} = \frac{\text{candela} \times \text{Cos}^3q}{h^2}$$

Esta versión de la fórmula nos permite tratar solo con las alturas de montaje netas de los luminarios y los ángulos de la y elimina la necesidad de calcular cada distancia por candela separado.

2.5 Calidad de la iluminación

Lograr el nivel de iluminancia requerido, no siempre asegura una buena calidad de iluminación. La calidad, al igual la cantidad de iluminancia, es importante para producir un ambiente de iluminación confortable, productivo, y estéticamente agradable. La calidad del sistema de iluminación menciona, mas limita aspectos de iluminación tales como color apropiado, buena uniformidad, luminancias de superficie de cuarto apropiadas, control de brillo adecuado y reflejo mínimo.

La investigación sugiere que el sistema de iluminación puede afectar las impresiones de claridad visual, amplitud y satisfacción del usuario. Estas sensaciones ocurren en espacios que están iluminados de manera uniforme con énfasis en luminancias superiores en las superficies del cuarto.

Una mayor satisfacción del usuario a tales espacios puede o no tener efecto alguno en el rendimiento del trabajador. sin embargo, dados dos sistemas de iluminación con costos de vida iguales, se deben considerar los sistemas de iluminación que brinden una mayor satisfacción al trabajador. La satisfacción del usuario con frecuencia se considera en el diseño de oficinas y espacios comerciales, pero es ignorada en espacios industriales. Sin embargo, el ambiente industrial debiera ser diseñado para brindar un ambiente visual de

alta calidad, que redundará en una mayor satisfacción del trabajador. Esto puede lograrse usando sistemas de iluminación que produzcan la luminancia apropiada en techos y paredes. La foto de abajo ilustra dos sistemas de iluminación en el mismo ambiente industrial; ambos sistemas proveen la misma cantidad de iluminancia horizontal en el plano de trabajo. El sistema de la derecha provee poca luz superior, lo que da por resultado el típico efecto “caverna” asociado con los espacios industriales. El sistema de la izquierda provee luz superior y mejora la luminancia del techo y las superficies verticales. Este sistema puede brindarle a los trabajadores una sensación de amplitud incrementada, el componente de luz superior también tiende a mejorar la uniformidad de iluminancia del plano de trabajo, al conceder mejores sensaciones de claridad visual.

Cualquier diseño de iluminación debiera considerar las impresiones del usuario con respecto al espacio. La fotografía de abajo indica que, aún un ambiente industrial puede ser mejorado con la esperanza de brindar mejores condiciones de trabajo y mayor satisfacción al trabajador.

2.6 Ahorro de energía

En los países desarrollados la conservación y ahorro de la energía es un tema de alta prioridad, ya que en la medida en que aumenta la demanda de energía eléctrica, el medio ambiente se deteriora cada vez mas por la contaminación que implica la generación de energía proveniente de plantas que utilizan combustóleo para su producción. Sin embargo, analizado el concepto desde otro punto de vista, el Ahorro de

Energía en el sector Comercial-Industrial se convierte en *competitividad*, ya que el costo de la energía suele ser uno de los más significativos en el presupuesto de gastos, por tanto, al reducir este costo se impacta de manera importante el presupuesto anual, traduciendo estos beneficios en mayor rentabilidad del negocio y por consecuencia en una mejor posición respecto de su competencia.

Actualmente y con mayor importancia en el futuro, en un mundo cada vez mas globalizado, la competencia estará determinada por los costos mas que por los precios de venta, por lo tanto es de suma importancia tomar acciones en que mejoren la eficiencia en todas las áreas y centros de consumo de la empresa para asegurar el futuro.

2.6.1 Conceptos importantes sobre el Ahorro de Energía

- **El Diagnóstico Energético:** es un conjunto de análisis de las diferentes formas y fuentes de energía de la empresa. Este puede ser de 1er, 2o o 3er Nivel dependiendo de los alcances que se requieran obtener, y cuyos resultados indicarán el grado de aprovechamiento o eficiencia con la que es utilizada la energía, así como las áreas de oportunidad para la implementación de medidas de Ahorro de Energía. Por tal motivo, este estudio debe ser siempre el punto de partida para la creación de un Programa de Ahorro de Energía y su costo debe considerarse como una inversión que nos dirá en donde y de que forma es más redituable cualquier inversión en nuevas tecnologías y estrategias.

- **Los Ahorros no vienen solos.** Hay que actuar en consecuencia y establecer un PROGRAMA de Ahorro de Energía con metas y etapas previamente definidas.
- **El Ahorro de Energía implica INVERSION.** Si no se invierte el tiempo y recursos económicos necesarios los resultados serán escasos.
- **El Ahorro de Energía es una CULTURA.** No es suficiente invertir recursos en la sustitución de equipos por otros de mayor eficiencia. Esto es, se requiere de dicha inversión en adición de una campaña y promoción de una cultura del ahorro hacia el personal de la empresa.
- **El ahorro de energía nunca debe ser a costa del CONFORT.**

2.6.2 Áreas y Estrategias donde se pueden obtener Ahorros

- **Iluminación:**
 - Uso de Reflectores Especulares
 - Sustitución de Luminarias que usan focos Incandescentes, Fluorescente T-12 con balastro electromagnético, Luz Mercurial, etc. con nuevos diseños de Luminarias y sistemas más eficientes como los focos tipo PL, Fluorescente T-8 con Balastro Electrónico, etc.
 - Uso de sensores de presencia para áreas específicas.

- **Aire Acondicionado:**

- Chillers.- A través de la automatización con equipos de control digital se puede operar de una forma más eficiente y automática la capacidad del chiller en función de los requerimientos reales de carga, obteniéndose ahorros que pueden variar del 15 % al 30 % del consumo de energía del chiller.
- Sistemas tipo Ventana, Mini Split y Paquetes.- En estos sistemas normalmente los ahorros más significativos se logran a través de la sustitución de los equipos actuales por sistemas de mayor eficiencia.

- **Motores:**

En este campo, se requiere de un profundo análisis de cada situación debido a la gran diversidad de aplicaciones y forma de operación de cada una de ellas. Sin embargo, independientemente de dichas variantes podemos identificar al menos las siguientes estrategias

- Instalación de Variadores de Velocidad.
- Uso de Motores de Alta Eficiencia y Eficiencia Premium.
- Control Automatizado para la administración de las cargas y horarios.

- **Calidad de la Energía:**

- Factor de Potencia.- Es muy común encontrarse con instalaciones en donde se está operando con un Factor de Potencia menor al 90%, con lo cual el usuario es penalizado por la compañía de luz con un cargo en su

recibo eléctrico, que en muchos casos representa un costo mensual importante, el cual es muy sencillo eliminar a través de la instalación de Bancos de Capacitores después de hacer el análisis requerido para determinar la cantidad de KVARs que se necesitarán para obtener un nuevo Factor de Potencia de al menos 93% con el cual la compañía de luz efectuará una bonificación económica en lugar del cargo de penalización que se tenía anteriormente. Es importante mencionar que en primera instancia, este Ahorro no es un ahorro de Energía sino un ahorro económico. Sin embargo, en cierta forma si representa otro tipo de ahorros ya que este problema contribuye al rápido deterioro de los conductores y de las instalaciones eléctricas en general, lo cual tarde o temprano representarán un costo adicional en reparaciones o nuevas instalaciones.

- Corrientes Armónicas.- Este es otro problema que se puede tener en instalaciones en las que existe un gran número de equipos electrónicos, computadoras, variadores de velocidad, etc. conectados a la red eléctrica de la empresa y que si no se conoce, puede causar serios daños sobre todo a equipos de mayor sensibilidad, así como el recalentamiento de los transformadores de distribución, de los conductores y un factor de riesgo en la continuidad de la operación. Al igual que con el Factor de Potencia, para la eliminación de este problema se requiere de mediciones y diagnósticos de las instalaciones para poder eliminarlo y tampoco

representa un ahorro de energía sino más bien un ahorro en costos de reparaciones de equipos dañados por esta causa.

- **Administración de la Energía.**- El costo de la energía eléctrica se compone básicamente de 4 conceptos: el cargo por la cantidad de energía consumida en KWH; el cargo por Demanda Máxima; el cargo o bonificación por Factor de Potencia; y el cargo por ajustes e impuestos.
 - Disminución del Consumo de Energía en KWH.- Esto se puede lograr modificando los malos hábitos en el uso de los distintos sistemas, tales como el típico dispendio en los sistemas de iluminación.
 - Control de la Demanda Máxima.- El objetivo de esta estrategia es el de lograr la menor coincidencia posible de las diferentes cargas eléctricas en un mismo momento, de tal forma que se pueda reducir el pico que se registra mensualmente por el medidor de la compañía de luz y que corresponde a la mayor carga registrada durante el mes en un determinado momento. Este tipo de estrategia es posible implementarla con la ayuda de sistemas de automatización en donde se programan las actividades y sus horarios sin que esto afecte a la producción o al confort.
 - Control de Horarios de Operación.- También es posible obtener ahorros, en este caso económicos, si trasladamos el horario en que se llevan al cabo algunas actividades, ya que en el caso de la tarifa H-M se tienen costos diferentes de la energía (Kwh) dependiendo del horario que se

trate y este costo puede variar hasta un 300% entre el precio del horario base y el precio del horario de punta.

- Análisis de la Tarifa Eléctrica.- En algunos casos se pueden obtener ahorros económicos, no de Energía, con el cambio del tipo de tarifa eléctrica utilizada, previo análisis del caso específico.

2.7 Normas de iluminación

A partir de los años 80's las condiciones de construcción y normalización de la industria eléctrica, han cambiado de tal forma que los industriales y empresarios se han organizado para formar una entidad mexicana de acreditación la cual tiene como propósito revisar y normalizar la seguridad, higiene y medio ambiente en el trabajo.

Las empresas que realicen construcción, modificación, mantenimiento y proyectos deben considerar las normas oficiales vigentes las cuales son acreditadas por la **ENTIDAD MEXICANA DE ACREDITACION A.C.** y Aprobada por la **SECRETARIA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL**, para emitir **DICTAMENES DE GRADO DE CUMPLIMIENTO** en las siguientes normas en materia de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.

Se muestran en la siguiente pagina.

2.8 Niveles propuestos por IESNA

El siguiente procedimiento es el método aceptado actualmente por la **Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norteamérica** (IESNA), para determinar el nivel de iluminancia sostenida necesaria para realizar una tarea dada, que toma en consideración los factores que contribuyen a la “visibilidad” de la tarea.

Provee un rango de niveles de iluminancia para una tarea dada, después define un objetivo de nivel de iluminancia dentro de ese rango, por el uso de factores de peso que han sido determinados a través de la investigación de necesidades de rendimiento de iluminación.

Las siguientes condiciones están consideradas como factores en este método:

- 1- La tarea a ser realizada
- 2- Los detalles del objeto a ser visto
- 3- La edad del observador
- 4- La importancia de la velocidad y/o exactitud para el rendimiento visual
- 5- La reflectancia del material de fondo

Este método, entonces, le permite al diseñador usar su propia evaluación de las condiciones

ambientales para seleccionar el nivel de iluminancia objetivo.

Paso 1:

Determine el tipo de actividad para el que haya que seleccionar el nivel de iluminación.

Paso 2:

Seleccione la categoría de iluminancia apropiada por uno de los siguientes métodos:

A- Cuando la tarea visual es definida por una de las categorías de tarea típica, escoja la categoría de iluminancia más apropiada.

B-Si una tarea específica no puede ser establecida, la categoría de iluminancia puede ser determinada de las descripciones de tarea genéricas.

Paso 3:

Establezca el valor objetivo de iluminancia, una vez que se ha escogido la categoría de iluminancia, un nivel de iluminancia exacto puede ser determinado dentro de este rango. Estos niveles son establecidos al comparar al usuario apropiado, cuarto y características de la tarea con la categoría de iluminancia previamente determinada.

2.9 Programa de iluminación (VISUAL 2.2)

El programa de iluminación llamado *Visual Release 2.2* consta de una poderosa serie de herramientas para calcular una eficaz y correcta iluminación así como un amigable software para modelar superficies en tercera dimensión, que ayuda a simplificar el proceso del diseño y obtener mejores análisis para proyectos de iluminación avanzados. (En el capítulo cinco veremos detalles de su manejo y aplicaciones)

Este programa es distribuido por la compañía Holophane en nuestro país y es de manufactura norte americana, la licencia corre por cuenta de *Lithonia Lighting Group*.

Capítulo 3

Diseño de Iluminación para Edificios

En el presente capítulo se comentarán aquellos puntos a considerar para realizar un diseño de iluminación de alta calidad, eficiente, estético y confortable y que proporcione ahorro de energía eléctrica.

3.1 Bases del diseño

En un diseño de iluminación, además de que el luminario armonizar con el conjunto arquitectónico de las áreas de trabajo, deberá contar con la más alta tecnología en ahorro de energía y a su vez todos estos elementos proporcionen la luz necesaria para un eficiente desempeño laboral.

La iluminación se define como luz cayendo sobre una superficie, medida en pies candelas ó luxes, al resultado de la luz al reflejarse (ya sea transmitida ó emitida), de una fuente luminosa ó de una superficie que se le denomina luminancia¹ (brillo fotométrico) y se mide en lamberts ó pies lamberts, esta distribuida es con un plan económico y

¹ Glosario de términos en el anexo.

visual, que se convierte en iluminación de ingeniería y por lo tanto en iluminancia práctica.

Para el diseño de iluminación se consideraron cuatro objetivos principales:

1. Proveer la visibilidad requerida basada en la tarea a realizarse y los objetivos económicos.
2. Brindar iluminación de alta calidad a través de niveles de iluminancia uniforme y lograr la minimización de efectos negativos de brillo directo y reflejado.
3. Escoger luminarios estéticamente complementarios a la instalación con características funcionales mecánicas, eléctricas y de mantenimiento, diseñadas para minimizar el costo operativo.
4. Minimizar el uso de energía con dispositivos y equipos ahorradores, al tiempo que se consiguen los objetivos de visibilidad, calidad y estéticos.

La iluminación que resulte proporcionará niveles luminosos óptimos para el confort de los empleados, cumpliendo con las normas obligatorias de eficiencia energética establecidas por la norma **NOM-007-ENER-2004**.²

Esta norma oficial mexicana tiene como objetivo:

Establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad de potencia eléctrica con que deben de cumplir los sistemas de iluminación para uso general en:

- ❖ Edificios para oficinas.
- ❖ Escuelas y centros docentes.
- ❖ Tiendas de autoservicio.

² Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Abril 15 de 2005.

- ❖ Restaurantes y cafeterías.
- ❖ Establecimientos comerciales.

La densidad de potencia eléctrica (DPEA) es el índice de la carga conectada para iluminar una superficie de construcción y se expresa en watts por metro cuadrado (w/m2).³

3.2 Necesidades de energía en un edificio

Los valores de densidad de potencia eléctrica que se deben cumplir en los sistemas de alumbrado interior y exterior de los edificios se indican en el campo de aplicación de la norma oficial mexicana; **NOM-007-ENER-2004**.⁴, los cuales no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2.

TABLA 2

TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA	
	(w/m2)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
OFICINAS	16	1.8
ESCUELAS	16	1.8
HOSPITALES	14.5	1.8
HOTELES	18	1.8
RESTAURANTES	15	1.8
COMERCIOS	19	1.8
BODEGAS O ÁREAS DE ALMACENAMIENTO*	8	
ESTACIONAMIENTOS INTERIORES*	2	

Fuente : Diario Oficial de la Federación, Marzo 1999

Tabla de valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales norma **NOM-007-ENER-2004**.

³ Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Abril 15 de 2005.

⁴ Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Abril 15 de 2005.

Una vez obtenida nuestra base de diseño y las normas que regulan la densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en nuestro país, se puede decir que estamos listos para iniciar nuestro proyecto de iluminación, el cual es el objetivo de esta investigación.

3.3 Instalación de Iluminación

A petición del departamento de proyectos y mejora continua del grupo ADO, se realizó una visita al corporativo con la finalidad de tomar los niveles de iluminación en todo el edificio “A”, (ubicado dentro de su corporativo de la ciudad de México) así como una medición del consumo de energía, a fin de determinar cual seria la mejor opción de iluminación en su corporativo. Los resultados nos indicaron que los luminarios instalados en ese entonces son de las siguientes características:

- Luminarios de marca no identificada, con gabinete metálico tipo fluorescente, montaje de sobreponer con reflector tipo louver parabólico de 16 celdas, balastro integrado, tipo magnético y operando dos lámparas fluorescentes de 38W, a 127V ca..

Se tomaron varias lecturas de iluminación a la altura del plano de trabajo (0.76mts) tanto en los escritorios, como alrededor de ellos, así como toma de lecturas de corriente en algunas oficinas de manera aleatoria.

3.4 Niveles de iluminación actuales y Planos

Comenzaremos analizando el arreglo y ubicación de los luminarios instalados en los planos estructurales del edificio “A” (nótese la distribución y acomodo de los luminarios) así como los niveles en luxes obtenidos actualmente en cada uno de los pisos del edificio, empezando por la planta baja y concluyendo en el tercer piso.

Los siguientes valores son el resultado de la medición realizada en el edificio “A” con equipo certificado y avalado por las normas oficiales vigentes. Véase pagina siguiente.

LUMINARIOS INSTALADOS							
LUGAR	PLANTA BAJA	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES
1	Auditorio			30	2		120
2	Bodega Auditorio			16			95
3	Saite		9				217
4	Operadores	13					210
5	Ofic. Miguel			2			94
6	Ofic. Rebeca			2			99
7	Escaleras			2			98
8	Área de Gerentes			4	2		287
9	Laboratorio			4	2		394
10	Pasillo	2					105
11	Analistas operativos	50	2				217
12	Sala de juntas	3		3			129
13	Cajero	2		16			111
14	Sala de espera y pasillos	3					258
15	Baños H			2			35
16	Baños M					4	98
17	Escaleras-2					4	90
18	Cuarto de maquinas		9				282
19	Tablero			2			87
20	Gerente corporativo			3			122
21	Conmutador		2				102
22	Bodega			2			98
23	Secretaria		2				112
24	Oficinas	13					208
25	Gerencia-2		2				110
26	Gerencia-1			3			68

TOTAL	86	26	91	6	8
--------------	-----------	-----------	-----------	----------	----------

POTENCIA CONSUMIDA	6536	3978	8281	78	592
TOTAL DE LUMINARIOS	217				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	19,465 WATTS				

TABLA 3

CARGA INSTALADA	19,465 WATTS
------------------------	---------------------

Fuente: Elaboración propia.

LUMINARIOS ACTUALES							
LUGAR	1ER NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES
1	ANEXO DEPTO TELEC.			8			295
2	OPERADORES 3 TURNOS			13			221
3	PASILLO-1			27			197
4	CORPORATIVO OPER.			9			187
5	COORDINADOR CORP.			4			147
6	CORPORATIVO MTTO.			4			187
7	PASILLO-2			16			98
8	REC. HUMANOS A.C			7			166
9	CAPACITACIÓN Y EXAM.			2			231
10	COORD. CORPORATIVO			2			205
11	PRIVADO-1			1			209
12	PRIVADO-2			2			199
13	PRIVADO-3			2			204
14	PRIVADO-4			2			225
15	ARCHIVO			4			156
16	COMEDOR			38			129
17	COCINA			7			147
18	ARCHIVO-2			4			140
19	CAFÉ			1			97
20	CUARTO DE MÁQUINAS			4			89
21	VESTÍBULO			3			98
22	BAÑOS-H			1		3	87
23	BAÑOS-M					4	80
24	ESCALERAS-2			2			97
25	SALA DE JUNTAS	4					199
26	ENTRADA ESTACIONAMIENTO P.B				2		23
27	ESTACIONAMIENTO P.B			2			21
28	SÓTANO						12

TOTAL	4	0	165	2	7
--------------	----------	----------	------------	----------	----------

POTENCIA CONSUMIDA	304	0	15015	26	518
TOTAL DE LUMINARIOS	178				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	15,863 WATTS				

TABLA 4

CARGA INSTALADA **15,863 WATTS**

LUMINARIOS ACTUALES							
LUGAR	2DO NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES
1	ESCALERAS-1			2			12
2	BAÑOS-H					3	54
3	BAÑOS-M					4	69
4	VESTÍBULO	2		1			78
5	CORREDOR			30			98
6	BODEGA	2					56
7	SALA DE JUNTAS-A			6			287
8	CAJA	2					280
9	DIRECCION GRAL.			4			299
10	OFICINAS ÁREA ABIERTA	2		47			247
11	TESORERIA			2			287
12	PRIVADO-1			1			187
13	PRIVADO-2			1			208
14	PRIVADO-3			1			221
15	PRIVADO-4			2			235
16	PRIVADO-5			2			287
17	PRIVADO-6			2			297
18	PRIVADO-7			2			210
19	OFICINAS DE CONTAB.			17			137
20	ARCHIVO			2			187
21	SECRETARIA-1			2			189
22	OFICINAS DE PRESUP.			3			199
23	OFICINAS DE COORD.			3			236
24	SEGURO INTERIOR			1			98
25	SALA DE JUNTAS-B			3	2		239
26	CORREDOR-2			3			298
27	CONTABILIDAD.			2			287
28	OFICINAS FISCALES			8			298
29	PRIVADO FISCAL			2			301
30	ESCALERAS-2			2			98

TOTAL	8	0	151	2	7
--------------	----------	----------	------------	----------	----------

POTENCIA CONSUMIDA	608	0	13741	26	518
TOTAL DE LUMINARIOS	168				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	14,893 WATTS				

TABLA 5

CARGA INSTALADA	14,893 WATTS
------------------------	---------------------

LUMINARIOS ACTUALES							
LUGAR	3ER NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES
1	ESCALERAS-1			2			47
2	OFICINAS DISEÑADORES			17			398
3	PRIVADO-1			1			204
4	PRIVADO-2			1			199
5	SECRETARIA			2			187
6	CORREDOR-1			8			98
7	SECRETARIA DEL JURÍDICO			2			146
8	OFICINAS LOGÍSTICA			2			198
9	OFICINAS JURÍDICA			3			265
10	CORREDOR-2			9			97
11	ASESOR DE CALIDAD			1			298
12	ABOGADO-1			1			287
13	ABOGADO-2			1			247
14	FACULTADO DE CALIDAD			2			302
15	ESTADÍSTICAS			20			105
16	OFICINAS DESABILITADAS			18			301
17	BODEGA-1			2			98
18	MÁQUINAS			4			35
19	CORREDOR-3			6			89
20	CAFÉ			1			78
21	VESTÍBULO			3			69
22	BAÑOS-H				3	5	69
23	CORREDOR-4			2			97
24	CORREDOR DE INFORMAT.			16			253
25	SISTEMAS			6			367
26	GERENCIA DE SIST.			3			298
27	SALA DE JUNTAS			6			268
28	LIDER DE OPERACIÓN-1			2			201
29	LIDER DE OPERACIÓN-2			2			210
30	LIDER DE OPERACIÓN-3			2			254
31	JEFATURA DE SOP. TÉC.			2			236
32	OFICINA MTTO			6			187
33	PASILLO SALIDA			2			39
34	SISTEMAS-2			8			232

TOTAL	0	0	163	3	5
--------------	----------	----------	------------	----------	----------

POTENCIA CONSUMIDA	0	0	14833	39	370
---------------------------	----------	----------	--------------	-----------	------------

TOTAL DE LUMINARIOS	171
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	15,242 WATTS

TABLA 6

CARGA INSTALADA	15,242 WATTS
------------------------	---------------------

Capítulo 4

Propuesta de iluminación para el ahorro de energía

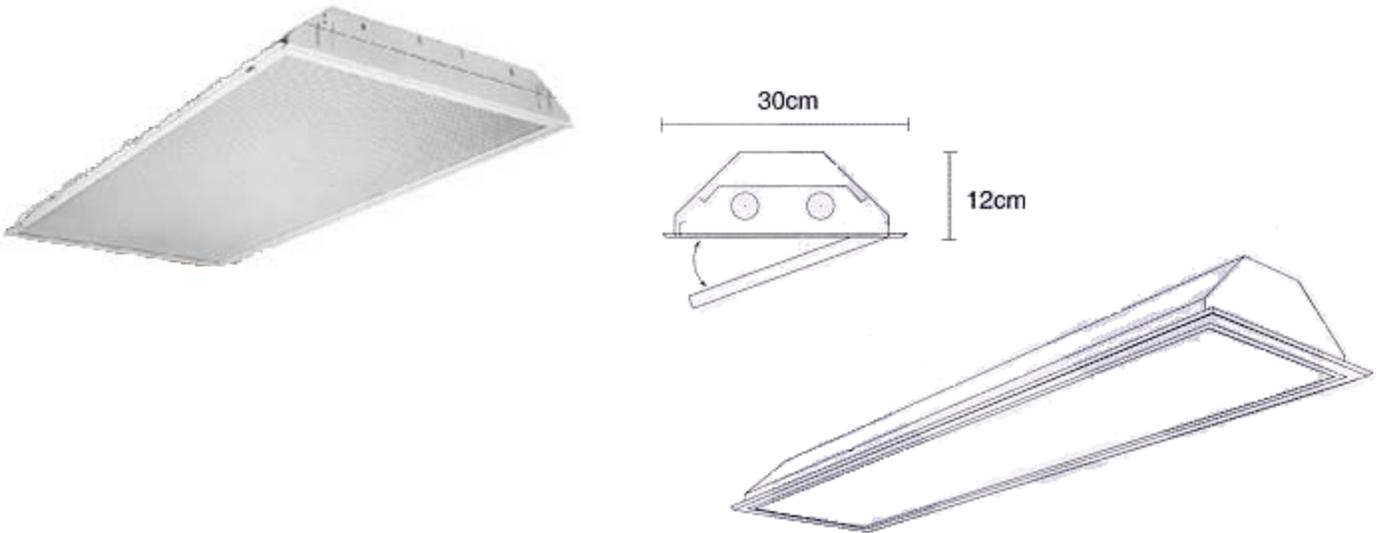
Hoy en día es importante al diseñar un proyecto de iluminación, tener en cuenta la estética y apariencia arquitectónica, esto sin dejar de lado la calidad de la iluminación, la cual nos permite como personas tener un mejor desempeño laboral en nuestros centros de trabajo y al mismo tiempo tener una armonía visual, por ello se requiere apearse a las normas de iluminación vigentes en nuestro país.

4.1 Propuesta de luminarios

Debido a la actual tecnología de iluminación que tenemos instalada en el edificio “A” es necesario utilizar equipos electrónicos de alta eficiencia, para mejorar nuestros consumos de energía, a través de los siguientes equipos y técnicas de iluminación:

1. Lámparas de alta eficiencia que tengan una vida útil mayor a las convencionales además que cuenten con más alto nivel de lúmenes por watts (l/w) y ahorradoras de energía eléctrica.
2. El índice de rendimiento del color de las lámparas de alta eficiencia, el cual es mayor al de las convencionales, para lo que producir un mayor confort visual.

3. Balastos electrónicos de alta eficiencia que además de ser ahorradores de energía eléctrica tienen una mayor vida útil, además de contar con 5 años de garantía, ventajas que son muy representativas comparándolas con los balastos convencionales.
4. Refractores 100% acrílicos de tipo Refractigrid
5. Arreglo uniforme de los luminarios así como su correcta orientación, manteniendo una correcta separación entre sí.



Fuente: Manual de especificaciones Holophane.

4.2 Aplicación de la norma para luminarios propuestos

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

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-
Secretaría del Trabajo y Previsión Social. *MARIANO PALACIOS ALCOCER*, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3º, fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3º, 4º 95 y 96 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, 3º, 5º. y 22 fracciones I, XIII y XV del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

CONSIDERANDO

Que con fecha 25 de mayo de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS-1993**, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio, primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial

Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado; Que con fecha 25 de agosto de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana, y que el 29 de septiembre de 1998 el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto de modificación en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el Acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la Norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 31 de mayo de 1999, y en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral:

Que habiendo recibido comentarios de 3 promotores, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta Dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 27 de octubre de 1999, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente: Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS-1999**, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Las condiciones de iluminación en los centros de trabajo se enlistan y se explican a continuación de acuerdo a la norma mencionada con anterioridad en este capítulo:

- ***Objetivo***

Establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

- **Campo de aplicación**

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

- **Referencias**

Para la correcta interpretación de esta Norma, debe consultarse la siguiente norma oficial mexicana vigente:

NOM-008-SCFI-1993¹, Sistema general de unidades de medida.

- **Definiciones**

Para efectos de esta Norma, se establecen las definiciones siguientes:

- a) **Área de trabajo:** es el lugar del centro de trabajo, donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.
- b) **Autoridad del trabajo**-autoridad laboral: son las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realizan funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- c) **Brillo:** es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada, por unidad de área proyectada de la misma.
- d) **Deslumbramiento:** es cualquier brillo que produce molestia, interferencia con la visión o fatiga visual.
- e) **Iluminación**-iluminancia: es la relación de flujo luminoso incidente en una

¹ Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1993, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de Trabajo, Publicada en el Diario Oficial de la Federación, 25 de Mayo de 1993.

superficie por unidad de área expresada en lux.

- f) Iluminación complementaria:** es un alumbrado diseñado para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada.
- g) Iluminación localizada:** es un alumbrado diseñado para proporcionar un aumento de iluminación en el plano de trabajo.
- h) Luminaria-luminario:** equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas, el cual incluye todo los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas además de lo necesario para conectarse al circuito de utilización eléctrica.
- i) Luxómetro:** es un instrumento para la medición del nivel de iluminación.
- j) Nivel de iluminación:** cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades expresada en lux.
- k) Plano de trabajo:** es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado, en donde dichos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.
- l) Reflexión:** es la luz reflejada por la superficie de un cuerpo.
- m) Sistema de iluminación:** es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.
- n) Tarea visual:** actividad que debe desarrollarse con determinado nivel de iluminación.

- **Obligaciones del patrón**

- ✓ Mostrar a la autoridad de la Secretaría del Trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar.
- ✓ Efectuar y registrar el reconocimiento, evaluación y control de los niveles de iluminación en todo el centro de trabajo, según lo establecido en los capítulos 8, 9 y 10 de la norma. Informar a todos los trabajadores por escrito, sobre los riesgos que puede provocar el deslumbramiento o un deficiente nivel de iluminación.
- ✓ Elaborar el programa de mantenimiento de las luminarias, incluyendo los sistemas de iluminación de emergencia.
- ✓ Instalar sistemas de iluminación eléctrica de emergencia, en aquellas áreas del centro de trabajo donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo.

- **Obligaciones de los trabajadores**

- Informar al patrón de las condiciones no seguras derivadas de la iluminación en su área de trabajo.
- Utilizar los sistemas de iluminación de acuerdo a las instrucciones del patrón.
- Colaborar en las evaluaciones y observar las medidas de control.

• **Niveles de iluminación**

Los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla 1.

NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN

TABLA 1

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

Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

- **Reconocimiento**

El propósito del reconocimiento es determinar las áreas y puestos de trabajo que cuenten con una deficiente iluminación o que presenten deslumbramiento, para lo cual, se deben considerar los reportes de los trabajadores y realizar un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde existan trabajadores, así como recabar la información técnica y administrativa que permita seleccionar las áreas y puestos de trabajo por evaluar.

La información que debe recabarse y registrarse es la siguiente:

- a. Plano de distribución de áreas, luminarias, maquinaria y equipo;
- b. Descripción del proceso de trabajo;
- c. Descripción de los puestos de trabajo;
- d. Número de trabajadores por área de trabajo.

- **Evaluación**

- I. A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación de acuerdo a lo establecido en el apéndice A, en las áreas o puestos de trabajo.

- II. Determinar el factor de reflexión en las áreas y puestos de trabajo, según lo establecido en el apéndice B y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la tabla 2.

TABLA 2
NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DEL FACTOR DE REFLEXIÓN

CONCEPTO	NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE REFLEXIÓN K_f
TECHOS	90 %
PAREDES	60 %
PLANO DE TRABAJO	50 %
SUELOS	50 %

Fuente: publicada en el Diario Oficial de la Federación, Marzo de 1999

NOTA: Se considera que existe deslumbramiento en las áreas y puestos de trabajo, cuyo K_f superé los valores establecidos en esta tabla.

- III. La evaluación de los niveles de iluminación debe realizarse en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación. Lo anterior se puede hacer por áreas de trabajo, puesto de trabajo o una combinación.
- IV. La evaluación debe realizarse y registrarse al menos cada dos años; antes si se modifican las tareas visuales, el área de trabajo y los sistemas de iluminación.

- **Control**

Si en el resultado de la evaluación se detectaron áreas o puestos de trabajo que deslumbrar al trabajador, se deben aplicar medidas de control para evitar que el deslumbramiento lo afecte.

Si en el resultado de la evaluación se observa que los niveles de iluminación, en los puntos de medición para las tareas visuales como en las áreas de trabajo, están por debajo de los niveles indicados en la tabla 1; o en su caso que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la tabla 2; se debe dar mantenimiento, modificar el sistema de iluminación, su distribución, y en caso de ser necesario, instalar una iluminación complementaria o localizarla en donde se requiera de una mayor iluminación, para lo cual se deben considerar los siguientes aspectos:

- Impedir el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador
 - Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores
 - Evadir bloquear la iluminación durante la realización de la actividad
 - Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación
- a) Se debe elaborar y cumplir un programa de implantación de las medidas de control a desarrollar.
- b) Una vez que se han realizado las medidas de control, se tiene que realizar una nueva evaluación, para verificar que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en esta Norma.²

² Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999 Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo, publicada en el Diario Oficial de la Federación, Marzo de 1999.

- **Reporte del estudio**

Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información obtenida en el reconocimiento, los documentos que lo complementen los datos obtenidos durante la evaluación y al menos la siguiente información:

- a. Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área además del puesto de trabajo.
- b. Plano de distribución del área evaluada, en el cual, se indique la ubicación de los puntos de medición.
- c. Resultados de la medición de los niveles de iluminación.
- d. Comparación e interpretación de los resultados obtenidos contra lo establecido en las tablas 1 y 2.
- e. Hora en que se efectuaron las mediciones.
- f. Programa de mantenimiento.
- g. Copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- h. Conclusión técnica del estudio;
- i. Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.
- j. Nombre y firma del responsable del estudio.

k. Resultado de la evaluación hasta cumplir con lo establecido en las tablas. 1 y 2.

- **Unidades de verificación y laboratorios de prueba**

I) El patrón tiene la opción de contratar una unidad de verificación o laboratorio de prueba, acreditado y aprobado, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar esta Norma.³

II) Los laboratorios de pruebas solamente pueden evaluar lo referente al reconocimiento y evaluación, establecidos en los capítulos 8 y 9 de esta Norma.

III) Las unidades de verificación pueden comprobar el cumplimiento de la misma Norma, verificando los apartados 5.2, 5.3 y 5.4.

IV) La unidad de verificación o laboratorio de prueba debe entregar al patrón sus resultados de acuerdo con el listado correspondiente del apéndice C de la Norma.

V) La vigencia de los dictámenes emitidos por las unidades de verificación y de los reportes de los laboratorios de prueba será de dos años a menos que las tareas visuales, áreas de trabajo o sistemas de iluminación se modifiquen.

- **Vigilancia**

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma⁴, corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

³ Op. cit. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999

- **Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

- **Transitorios**

PRIMERO.- La presente Norma Oficial Mexicana entró en vigor a los dos meses posteriores a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

SEGUNDO.- Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS-1993**, Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

⁴ Norma vigente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999.

Capítulo 5

Proyecto de Iluminación

Al tener toda la información técnica recabada procederemos a realizar los calculos correspondientes de iluminación por medio del software **VISUAL 2.2** distribuido por la empresa Acuity Brands Company y denominado: **Lighting design software engineered for productivity** dicho programa nos aportara los niveles de iluminación en luxes, curvas fotométricas, reflectancias y distribución de los equipos instalados.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Descargar los planos estructurales de Auto CAD al programa Visual para poder hacer una construcción sólida
2. Una vez que el plano ha sido extruido (hecho sólido) se procede a sembrar los luminarios seleccionados previamente según la norma, en un arreglo uniforme, con proporción a las dimensiones del cuarto a iluminar
3. Teniendo el arreglo se procede a reflejar la fuente de luz que incide sobre un plano de trabajo, en otras palabras se refleje la luz y así se puede tener un cálculo aproximado en luxes que tendremos con nuestro nuevo arreglo propuesto, el cual será el punto siguiente a tratar.

5.1 Planta Baja

Iniciaremos mostrando el arreglo y distribución de los nuevos luminarios propuestos (marcados en azul) en el plano 5 de la planta baja, para poder ver la diferencia en el ahorro de espacio y ubicación estratégica, debemos comparar el plano 1 (mostrado en el capítulo 3) con el plano 5 mostrado en esta sección.

Teniendo la nueva distribución, se muestra la estadística que arrojan los nuevos cálculos de iluminación así como las características de los luminarios seleccionados en el software Visual.

Por último mostraremos las curvas fotométricas en 3D para aportar una visión más clara del alcance lumínico que tendrá efecto una vez hecha la instalación dentro del edificio “A”

NOTA: Las Tablas comparativas, gráficas y estadísticas se muestran en el anexo al final de las conclusiones.

5.1.1 Planos estructurales

El siguiente plano muestra ambos arreglos y distribuciones de luminarios con fines comparativos, los luminarios mostrados en color sólido son los nuevos.

5.1.2 Niveles calculados

5.1.3 Curvas de distribución

5.2 Primer Nivel

El arreglo y distribución de los luminarios en este nivel están marcados en azul en el plano 6 del primer nivel, para poder ver la diferencia en el ahorro de espacio y ubicación estratégica, debemos comparar el plano 2 (mostrado en el capítulo 3) con el plano 6 mostrado en esta sección.

Teniendo la nueva distribución, se muestra la estadística que arrojan los nuevos cálculos de iluminación así como las características de los luminarios seleccionados en el software Visual.

En los planos subsiguientes mostraremos las curvas fotométricas en 3D para aportar una visión mas clara del alcance lumínico que tendrá efecto una vez echa la instalación dentro del edificio “A”

NOTA: Las Tablas comparativas, graficas y estadísticas se muestran en el anexo al final de las conclusiones.

5.2.1 Planos estructurales

El siguiente plano muestra ambos arreglos y distribuciones de luminarios con fines comparativos, los luminarios mostrados en color sólido son los nuevos.

5.2.2 Niveles calculados

5.2.3 Curvas de distribución

5.3 Segundo Nivel

Para este nivel el arreglo y distribución de los nuevos luminarios propuestos (marcados en azul) se pueden ver en el plano 7 del segundo nivel, para poder ver la diferencia en el ahorro de espacio y ubicación estratégica, debemos comparar el plano 7 con el plano 3 (mostrado en el capítulo 3).

Teniendo la nueva distribución, se muestra la estadística que arrojan los nuevos cálculos de iluminación así como las características de los luminarios seleccionados en el software Visual.

Las curvas fotométricas en 3D para aportar una visión mas clara del alcance lumínico que tendrá efecto una vez echa la instalación dentro del edificio “A” mostradas al final de este punto.

NOTA: Las Tablas comparativas, graficas y estadísticas se muestran en el anexo al final de las conclusiones.

5.3.1 Planos estructurales

El siguiente plano muestra ambos arreglos y distribuciones de luminarios con fines comparativos, los luminarios mostrados en color sólido son los nuevos.

5.3.2 Niveles calculados

5.3.3 Curvas de distribución

5.4 Tercer Nivel

Finalizamos mostrando el arreglo y distribución de los nuevos luminarios propuestos (marcados en azul) en el plano 8 del tercer nivel, para poder ver la diferencia en el ahorro de espacio y ubicación estratégica, debemos comparar el plano 4 (mostrado en el capítulo 3) con el plano 8 mostrado en esta sección.

Teniendo la nueva distribución, se muestra la estadística que arrojan los nuevos cálculos de iluminación así como las características de los luminarios seleccionados en el software Visual.

Por ultimo mostraremos las curvas fotométricas en 3D para aportar una visión mas clara del alcance lumínico que tendrá efecto una vez echa la instalación dentro del edificio “A”

NOTA: Las Tablas comparativas, graficas y estadísticas se muestran en el anexo al final de las conclusiones.

5.4.1 Planos estructurales

El siguiente plano muestra ambos arreglos y distribuciones de luminarios con fines comparativos, los luminarios mostrados en color sólido son los nuevos.

5.4.2 Niveles calculados

5.4.3 Curvas de distribución

5.5 Comparativa de los nuevos niveles de iluminación

LUGAR	LUMINARIOS INSTALADOS							HOLOPHANE	
	PLANTA BAJA	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES	2x32	LUXES
1	Auditorio			30	2		120	21	278
2	Bodega Auditorio			16			95	14	218
3	Saite		9				217	9	533
4	Operadores	13					210	12	423
5	Ofic. Miguel			2			94	2	298
6	Ofic. Rebeca			2			99	2	329
7	Escaleras			2			98	2	293
8	Area de Gerentes			4	2		287	6	306
9	Laboratorio			4	2		394	7	331
10	Pasillo	2					105	5	233
11	Analistas operativos	50	2				217	49	407
12	Sala de juntas	3		3			129	6	381
13	Cajero	2		16			111	15	172
14	Sala de espera y pasillos	3					258	6	204
15	Baños H			2			35	2	330
16	Baños M					4	98	2	337
17	Escaleras-2					4	90	2	313
18	Cuarto de maquinas		9				282	9	332
19	Tablero			2			87	2	170
20	Gerente corporativo			3			122	2	337
21	Conmutador		2				102	2	158
22	Bodega			2			98	2	172
23	Secretaria		2				112	2	172
24	Oficinas	13					208	12	335
25	Gerencia-2		2				110	2	299
26	Gerencia-1			3			68	2	299
TOTAL		86	26	91	6	8		197	
POTENCIA CONSUMIDA		6536	3978	8281	78	592		11820	
TOTAL DE LUMINARIOS		217						197	
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL		19.465 WATTS						11820	WATTS
CARGA INSTALADA		19.465 WATTS							
NUEVA CARGA		11.820 WATTS							
AHORRO POR CAMBIO		7.645 WATTS							

TABLA 7

LUMINARIOS INSTALADOS								HOLOPHANE	
LUGAR	1ER NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES	2x32	LUXES
1	ANEXO DEPTO TELEC.			8			295	8	345
2	OPERADORES 3 TURNOS			13			221	9	307
3	PASILLO-1			27			197	26	295
4	CORPORATIVO OPER.			9			187	9	374
5	COORDINADOR CORP.			4			147	2	266
6	CORPORATIVO MTTO.			4			187	7	399
7	PASILLO-2			16			98	15	353
8	REC. HUMANOS A.C			7			166	6	461
9	CAPACITACION Y EXAM.			2			231	4	276
10	COORD. CORPORATIVO			2			205	2	265
11	PRIVADO-1			1			209	2	344
12	PRIVADO-2			2			199	2	316
13	PRIVADO-3			2			204	2	317
14	PRIVADO-4			2			225	2	304
15	ARCHIVO			4			156	4	349
16	COMEDOR			38			129	24	303
17	COCINA			7			147	3	266
18	ARCHIVO-2			4			140	4	369
19	CAFÉ			1			97	2	342
20	CUARTO DE MAQUINAS			4			89	2	485
21	VESTIBULO			3			98	3	280
22	BAÑOS-H			1		3	87	3	322
23	BAÑOS-M					4	80	3	284
24	ESCALERAS-2			2			97	2	224
25	SALA DE JUNTAS	4					199	6	288
26	ENTRADA ESTACIONAMIENTO P.B				2		23	3	70
27	ESTACIONAMIENTO P.B			2			21	2	74
28	SOTANO						12	3	72
29									
TOTAL		4	0	165	2	7		160	

POTENCIA CONSUMIDA	304	0	15015	26	518
TOTAL DE LUMINARIOS	178				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	15.863	WATTS			

9600	
160	
9600	WATTS

CARGA INSTALADA	15.863	WATTS
NUEVA CARGA	9.600	WATTS
AHORRO POR CAMBIO	6.263	WATTS

TABLA 8

LUGAR	LUMINARIOS INSTALADOS							HOLOPHANE	
	2DO NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES	2x32	LUXES
1	ESCALERAS-1			2			12	2	229
2	BAÑOS-H					3	54	3	234
3	BAÑOS-M					4	69	3	329
4	VESTIBULO	2		1			78	3	311
5	CORREDOR			30			98	28	330
6	BODEGA	2					56	2	240
7	SALA DE JUNTAS-A			6			287	4	241
8	CAJA	2					280	2	419
9	DIRECCION GRAL.			4			299	4	508
10	OFICINAS AREA ABIERTA	2		47			247	46	368
11	TESORERIA			2			287	2	520
12	PRIVADO-1			1			187	1	418
13	PRIVADO-2			1			208	1	419
14	PRIVADO-3			1			221	1	415
15	PRIVADO-4			2			235	1	418
16	PRIVADO-5			2			287	1	420
17	PRIVADO-6			2			297	1	417
18	PRIVADO-7			2			210	2	516
19	OFICINAS DE CONTAB.			17			137	16	286
20	ARCHIVO			2			187	2	277
21	SECRETARIA-1			2			189	1	220
22	OFICINAS DE PRESUP.			3			199	2	276
23	OFICINAS DE COORD.			3			236	2	273
24	SEGURO INTERIOR			1			98	1	240
25	SALA DE JUNTAS-B			3	2		239	4	351
26	CORREDOR-2			3			298	2	462
27	CONTABILIDAD.			2			287	2	367
28	OFICINAS FISCALES			8			298	8	399
29	PRIVADO FISCAL			2			301	2	425
30	ESCALERAS-2			2			98	2	222
TOTAL		8	0	151	2	7		151	
POTENCIA CONSUMIDA		608	0	13741	26	518		9060	
TOTAL DE LUMINARIOS		168						151	
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL		14.893	WATTS					9060	WATTS
CARGA INSTALADA		14.893	WATTS						
NUEVA CARGA		9.060	WATTS						
AHORRO POR CAMBIO		5.833	WATTS						

TABLA 9

LUGAR	LUMINARIOS INSTALADOS							HOLOPHANE	
	3ER NIVEL	2X32W	4X32W	2X38W	13W	74W	LUXES	2x32	LUXES
1	ESCALERAS-1			2			47	2	361
2	OFICINAS DISEÑADORES			17			398	18	454
3	PRIVADO-1			1			204	1	225
4	PRIVADO-2			1			199	1	224
5	SECRETARIA			2			187	1	268
6	CORREDOR-1			8			98	8	344
7	SECRETARIA DEL JURIDICO			2			146	2	504
8	OFICINAS LOGISTICA			2			198	2	272
9	OFICINAS JURIDICA			3			265	3	433
10	CORREDOR-2			9			97	7	341
11	ASESOR DE CALIDAD			1			298	1	248
12	ABOGADO-1			1			287	1	272
13	ABOGADO-2			1			247	1	273
14	FACULTADO DE CALIDAD			2			302	2	339
15	ESTADISTICAS			20			105	18	298
16	OFICINAS DESABILITADAS			18			301	16	403
17	BODEGA-1			2			98	2	274
18	MAQUINAS			4			35	2	291
19	CORREDOR-3			6			89	5	372
20	CAFÉ			1			78	1	
21	VESTIBULO			3			69	3	337
	BAÑOS-M						87	3	568
22	BAÑOS-H				3	5	69	3	412
23	CORREDOR-4			2			97	2	340
24	CORREDOR DE INFORMAT.			16			253	17	507
25	SISTEMAS			6			367	12	245
26	GERENCIA DE SIST.			3			298	3	326
27	SALA DE JUNTAS			6			268	4	370
28	LIDER DE OPERACIÓN-1			2			201	2	248
29	LIDER DE OPERACIÓN-2			2			210	2	269
30	LIDER DE OPERACIÓN-3			2			254	2	270
31	JEFATURA DE SOP. TEC.			2			236	2	323
32	OFICINA MTTO			6			187	6	323
33	PASILLO SALIDA			2			39	2	341
34	SISTEMAS-2			8			232	8	636

TOTAL	0	0	163	3	5
POTENCIA CONSUMIDA	0	0	14833	39	370
TOTAL DE LUMINARIOS	171				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA POR NIVEL	15.242 WATTS				
CARGA INSTALADA	15.242 WATTS				
NUEVA CARGA	9.900 WATTS				
AHORRO POR CAMBIO	5.342 WATTS				

165	
9900	
165	
9900	WATTS

TABLA 10

	ACTUALES	HOLOPHANE
CARGA TOTAL DEL EDIFICIO "A"	65.463 WATTS	40,380 WATTS

TOTAL DE LUMINARIOS INSTALADOS EN EL EDIFICIO "A"	734	65.463 WATTS
TOTAL DE LUMINARIOS HOLOPHANE EN EL EDIFICIO "A"	673	40,380 WATTS

AHORRO TOTAL DE ENERGIA EN EDIFICIO "A"	25.083 WATTS
--	---------------------

Fuente:
Elaboración Propia

Capítulo 6

Evaluación de la propuesta de iluminación

La elaboración de un proyecto de iluminación, debe tener como propósito principal, brindar la mayor calidad de luz y confort visual a un bajo costo, por ello se analizará un ahorro efectivo de energía, el cual debe ser evaluado de manera cuidadosa para poder apreciar sus resultados de manera practica.

6.1 Ahorro de Energía en el proyecto

En la presente propuesta de iluminación, haremos implícito el correcto uso de la energía eléctrica, evaluando los niveles actuales con respecto a los niveles propuestos por el proyecto realizado en Visual 2.2. Dicha evaluación tiene como propósito ahorrar la mayor cantidad de energía posible por luminario instalado, de tal forma que el ahorro global de energía en el edificio sea él suficiente para amortizar los equipos nuevos y se recupere la inversión inicial en un tiempo no mayor a tres años.

Para comenzar la evaluación de ahorro de energía, se realizó una toma de lecturas de iluminación en las oficinas del edificio “A”, así como una medición del consumo de

energía en todos los niveles del mismo. Los luminarios en ese entonces instalados son de las siguientes características:

- Luminarios de marca no identificada, tipo fluorescente, montaje tipo sobreponer con reflector tipo louver parabólico de 16 celdas, balastro integrado, tipo magnético, operando cada uno de ellos dos lámparas de **38W, a 127Vca.**

Lo anterior implicó tomar varias lecturas de iluminación a la altura del plano de trabajo (0.76 m), tanto en los escritorios, como alrededor de ellos encontrando los siguientes resultados:

NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO:

- a) Sobre el escritorio: 201 lx (Valor promedio)**
- b) Alrededor: 110 lx (Valor promedio)**
- c) Voltaje de operación: 127Vca**

Si se considera el cálculo realizado con el programa de iluminación Visual, los datos que nos arroja son a la altura del plano de trabajo (0.76 m), tanto en el escritorio, como alrededor de él, encontrando los siguientes resultados:

NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO:

- d) Sobre el escritorio: 397 lx (Valor promedio)**
- e) Alrededor: 302 lx (Valor promedio)**
- f) Voltaje de operación: 127Vca.**

Como se mencionó anteriormente, los luminarios se instalarán con el propósito de demostrar la eficiencia de los nuevos equipos y mejorar el ahorro de energía en el edificio, ya que de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación y la Norma Oficial Mexicana (**NOM-025-STPS-1999**), una correcta iluminación en oficinas es aquella en la que se tiene un promedio de **300 lx** (Promedio mantenido), sobre el plano de trabajo (Escritorio). Hay que considerar también que las lecturas que se hicieron son en condiciones iniciales y que los luminarios tienen una depreciación importante a lo largo de un año.

Por lo anterior se realiza un proyecto de iluminación en el cual se simuló la instalación de los luminarios necesarios para obtener un nivel de iluminación promedio mantenido a un año de **300 lx** aproximadamente y con esto lograr el máximo ahorro de energía con el menor costo posible.

NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO:

- g) Sobre el escritorio: 397 lx (Valor promedio)**
- h) Alrededor: 302 lx (Valor promedio)**
- i) Voltaje de operación: 127Vca.**

NOTA: ES NECESARIO RECORDAR QUE ESTOS VALORES SE CONSEGUIRÁN DESPUÉS DE APROXIMADAMENTE UN AÑO DE USO DE LOS LUMINARIOS. LOS VALORES DE ILUMINACIÓN INICIALES SERÁN MUY SUPERIORES A LOS QUE SE INDICAN ARRIBA.

6.2 Cálculo de ahorro de energía

Considerando los datos anteriores y los valores de consumo que se tenían con los luminarios de 2x32, el ahorro de energía por luminario es:

- Potencia total consumida por luminario de 2x38W = **88.16W**
- Potencia total consumida por luminario Holophane Refractogrid de 2x32W = **60.8W**

AHORRO POR LUMINARIO = 27.36 W

De acuerdo a los datos que obtuvimos del levantamiento en las oficinas se contabilizaron un total de **704** luminarios de las mismas características, es decir, de 2x38W; y 30 luminarios de 2x79, lo que hace un total de **734 luminarios**.

Por lógica, podemos asegurar que si cambiamos uno a uno de los luminarios instalados actualmente dentro de las oficinas por luminarios Holophane Refractogrid, ahorradores

de energía con balastro 100% electrónico, obtendremos un nivel de iluminación adecuado, además de que ahorraremos mucha energía.

Si suponemos ahora que los luminarios estarán funcionando de 6:30 a 23:30 horas de lunes a domingo, podemos entonces deducir que funcionan al mes un total de **510** horas mensuales (en un mes de 30 días), de las cuales:

- **120** son en horario punta
- **390** en horario intermedio.

El consumo mensual aproximado de energía que se tiene actualmente bajo las circunstancias mencionadas anteriormente es de:

$$(88.16w)*(734)(120)/1000$$

7,765.13 Kwh. de energía en horario punta

$$(88.16w)(734)(390)/1000$$

25,236.68 Kwh. de energía en horario intermedio

El consumo total de energía mensual aproximada sustituyendo los luminarios actuales (uno a uno) por los **Holophane Refractogrid** de 2x32W en las mismas circunstancias que para el caso anterior será de:

$$(60.8w)(734)(120)/1000$$

5,355.26 Kwh. de energía en horario punta

$$(60.8w)(734)(390)/1000$$

17,404.60 Kwh. de energía en horario intermedio

- **Por lo tanto el ahorro mensual que se tendrá al hacer la sustitución será de:**
- **(7,765.13 - 5,355.26) = 2,409.87 Kwh. en horario punta**
- **(25,236.68 - 17,404.60) = 7,832.08 Kwh. en horario intermedio.**

El costo por Kwh. en horario **punta** para el mes de MAYO del 2003 es de \$ **1.7124** pesos.

El costo por Kwh. en horario **intermedio** para el mes de MAYO del 2003 es de \$ **0.5478** pesos.

(Datos de la tarifa actual anexa al final en la pagina www.cfe.gob.mx).

Por lo tanto considerando los datos anteriores podemos decir que con la iluminación actual se paga mensualmente:

$$(7,765.13 \text{ Kwh}) * (\$ 1.7124) = \$13,297.00$$

$$(25,236.68 \text{ Kwh}) * (\$ 0.5478 \text{ pesos}) = \$13,824.65$$

suma Total \$ **27,121.65** pesos + cargo por energía de demanda facturable (CEDF), de la cual es factor según tablas es \$ **90.63** para el mes de MAYO del 2003.

*CEDF = (141 kw) (\$ 90.63 pesos) = \$ 12,778.8 pesos.

(Datos de la tarifa actual proporcionado por ado... pagina www.cfe.gob.mx).

Por lo tanto, solo por concepto de iluminación en oficinas, se está pagando aproximadamente:

\$ 27,121.65 + \$ 12,778.8 pesos = \$ 39,900.45 pesos mensuales.

Sin embargo tenemos que recordar que con los luminarios actuales el nivel de iluminación que se tiene es de 201 lx, sobre el escritorio y con los propuestos llegará a 397 lx. Por lo tanto, el costo actual de la iluminación es de (**\$39,900.45 / 201 Lux**) = \$ **198.5** pesos por lux. Para estar en igualdad de condiciones tenemos que multiplicar este valor por el nivel de iluminación al que queremos llegar, es decir:

(\$ 198.5 pesos)(397 lx) = \$ 78,808.30 pesos.

Lo anterior quiere decir, que para poder llegar al nivel de iluminación requerido (397 lx) con el sistema actual de iluminación nos costaría \$ 78,808.3 pesos mensuales mas. Dicha cantidad es la que tenemos que considerar para estar en igualdad de circunstancias.

El pago mensual, considerando todos los datos anteriores, que se haría sustituyendo los equipos actuales por **Holophane Refractogrid** ahorradores de energía sería de:

(5,355.26 Kwh) (\$ 1.7124) = \$ 9,170.34

(17,404.60 Kwh) (\$ 0.5478 pesos) = \$ 9,534.23

suma Total **\$ 18,704.57** pesos + cargo por energía de demanda facturable (CEDF), de la cual el factor, según tablas, es **\$ 90.63** para el mes de MAYO del 2003.

*CEDF = (71kw) (**\$ 90.63 pesos**) = **\$ 6,434.7 pesos**

Por lo tanto, solo por concepto de iluminación en oficinas, se pagaría aproximadamente:

\$ 18,704.57 + \$ 6,434.7 pesos = \$ 25,139.27 pesos mensuales.

Por lo tanto el ahorro mensual, que se tendrá haciendo el cambio de luminarios y considerando igualdad de circunstancias en cuanto a nivel de iluminación será de:

\$ 78,808.30 - \$ 25,139.27 pesos = \$ 53,669.03 pesos mensuales

NOTA: El ahorro demostrado en realidad es aún mayor, debido a que, en este ejemplo no se está considerando el costo por mantenimiento, ya que el cambio de las lámparas es más espaciado así como el cambio de los balastos. De igual manera, el envejecimiento de la instalación eléctrica actual será mucho menor debido a la disminución de corriente a través de los cables y otros beneficios no considerados.

6.3 Recuperación de la inversión económica

Analizando todos los datos anteriores podemos decir que la amortización de los equipos será la siguiente:

Costo unitario por luminario incluyendo sus 2 lámparas de 32w 4100°K es de **\$1,450.00** pesos entonces:

El costo total de los **734** equipos es de **\$ 1,064,300.00** pesos, por lo que el ahorro mensual obtenido debido al cambio de luminarios es = **\$ 53,669.03** pesos por 12 meses = **\$ 644,028.36**

Entonces $\$ 1,064,300.00 / (\$ 644, 028. 36) = 1.65$

La fórmula anterior nos indica que, los equipos se pagarán en un periodo de **1.65 años**

Conclusiones

Mediante el extenso análisis realizado a las instalaciones y tomando en cuenta los datos del cálculo de luminarios así como de los niveles de iluminación, podemos concluir que:

¡usando toda la tecnología existente en el mercado, pudimos obtener grandes ganancias, beneficios económicos y sociales!

Con la eficiencia de los equipos recomendados según normas y características específicas, estos son los elementos más prácticos y recomendables para este proyecto dado que no se castiga calidad por precio si no todo lo contrario, se presenta un excelente producto.

Para poder entender la necesidad que tenemos de espacios confortables y agradables en todo sentido, para realizar nuestras actividades diarias, debemos explicar, que durante el tiempo que estamos despiertos, pasamos más del 70% en el trabajo, por lo que debemos preocuparnos por el confort visual y una fuente de luz que nos permita desarrollarnos como profesionales; para ello resulta fundamental contar con una infraestructura eléctrica y luminosa perfectamente definida en la empresa.

Las empresas que deseen ser exitosas en un largo plazo deberán contar con una cultura organizacional bien definida, fuerte y compartida por todos los que la conforman, la cual debe estar basada en su misión, creando cultura y valores que sean la base de su rentabilidad y compromiso de servicio.

La cultura organizacional se define como el conjunto de valores, tradiciones, creencias, hábitos, normas, actitudes y conductas que le dan identidad, personalidad, sentido y destino a una organización, lo cual le permite diferenciarse de sus competidores.

Es por ello que teniendo un buen ambiente de trabajo, una sólida infraestructura inmobiliaria y un buen sitio de trabajo, nos permite alcanzar el éxito en nuestro desempeño laboral, promoviendo la lealtad, confianza, vitalidad, participación, comunicación, valores y la congruencia en las conductas de todo el personal.

ANEXOS

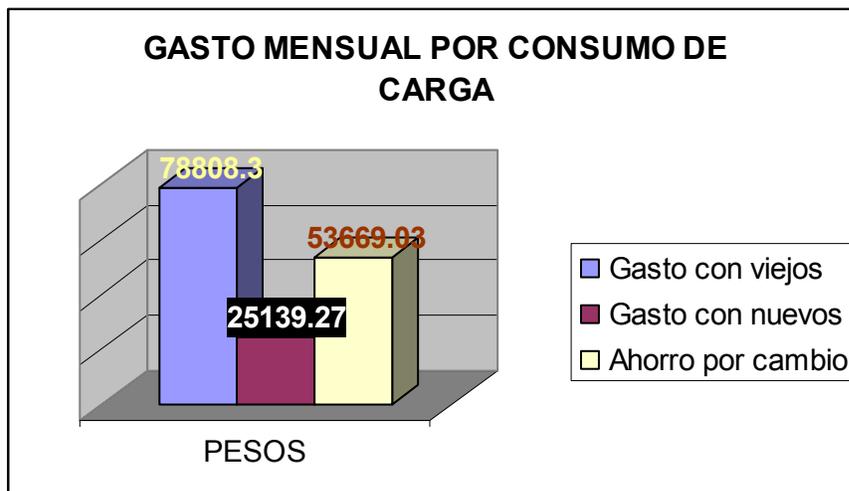
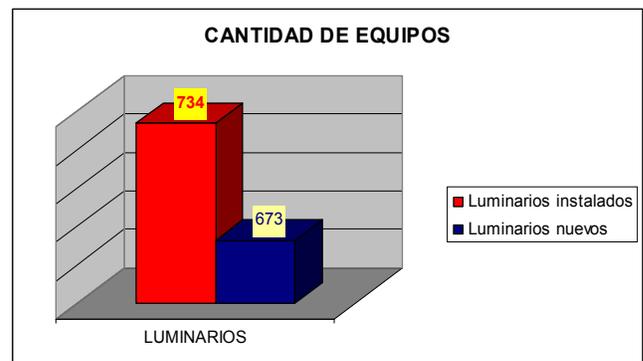
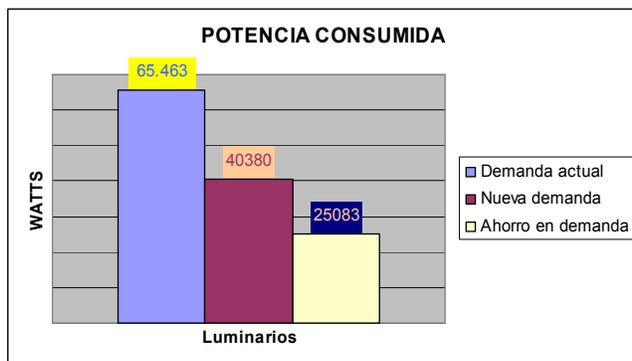
Los datos de precios y costos de la tarifa en horario punta, pico e intermedio las podemos consultar en la pagina: www.cfe.gob.mx.

Las normas de iluminación las podemos encontrar en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 21 de enero de 1997, México.

Graficas del cap. 5 para demostrar ahorros y consumos así como los beneficios obtenidos en costos por concepto de consumo eléctrico.

Gasto mensual por potencia consumida actual \$ 78,808.30 pesos.

Gasto mensual por potencia consumida Holophane \$ 25,139.27



GLOSARIO DE TERMINOS

Candela

Unidad de medida para la intensidad luminosa de una fuente de luz. De manera simple es la luz que emite en todas direcciones la flama de una vela.

Índice de Rendimiento de Color (CRI)

Capacidad de una lámpara para reproducir los colores verdaderos de los objetos que ilumina.

Temperatura de Color (K)

Se refiere a la tonalidad de la luz que genera la fuente luminosa y se mide en grados kelvin.

Lúmenes de diseño

Flujo luminoso de una lámpara que se obtiene durante la primer parte de su vida promedio

Exitancia

Termino usado para describir la luz total que se refleja en una superficie. Este termino es independiente de la iluminancia o la reflectancia de una superficie.

Footcandle (pie candela)

Unidad de medida para la densidad de luz que llega a una superficie. Un pie candela es igual a un lumen por pie cuadrado.

iluminancia

Es la densidad de flujo luminoso en una superficie. Esta es medida en foolcandles –pies candela- (un lumen por pie cuadrado) o en luxes (un lumen por metro cuadrado)

Intensidad

Luz emitida desde una fuente luminosa. Esta no varía con la distancia.

Encendido instantáneo

Circuito usado para encender cierto tipo de lámparas fluorescentes sin la necesidad de arrancadores o cebadores.

Watt (W)

Unidad para medición de la energía consumida por una lámpara.

Kilowatt Hora (kWh)

Es la medida de energía eléctrica con la cual se determina la facturación de la electricidad consumida por tiempo.

Lumen

Unidad de medida de la energía luminosa que viaja en el aire.

Luminancia

Cantidad de luz reflejada por una superficie en todas direcciones (cd/m²)

Lumen por watt

Es la medida de la eficiencia de una fuente luminosa por unidad de energía consumida

Vida promedio

Vida de operación en horas en la cual se garantiza que por lo menos el 50% de las lámparas seguirán operando.

Luz

Es la forma de energía que nos permite ver. La luz se expresa en 5 términos: intensidad luminosa (candelas) Iluminancia (luxes) Luminancia (candelas/m²) y flujo luminoso (lumen)

Iluminación

Es el resultado de usar la luz

Voltaje (V)

Es la unidad de medida de la fuerza electromotriz o diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

Bibliografía

Manual para la elaboración de tesis profesionales, Dr. José Manuel Vargas Muchaca Editorial Labor, S.A., México DF, 1990.

Dr. Ramírez V., José, Luminotecnia, Enciclopedia CEAC de Electricidad, Editorial CEAC, S.A., México, 1972.

Encyclopedia of Occupational Health and Safety, International Labour Office, Geneva. Third Edition 1983, Fourth Impression, 1991.

Guide on Interior Lighting, 2° edition, International Commissions On Illumination. CIE 29.2 86, Vienna, Austria, 1998.

I.E.S. Lighting Handbook, Illuminating Engineering, Society, USA, 1995.

Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 1° de julio de 1992, México.

Perry, J.H.; Perry, R.H, Manual de Ingeniería. Editorial Labor, S.A., Madrid, España, 1966.

Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México, Sociedad mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil, Revista Ingeniería de Iluminación, México, mayo-junio 1967.

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 21 de enero de 1997, México.

Ruiz Iturregui, José María (te falta apellido), Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Editorial Deusto, Madrid, España, 1978.

The Industrial Environment. Its Evaluation & Control. U.S. Department of Health, Education, and Welfare Public Health Service; Center for Disease Control; National Institute for Occupational Safety and Health, 1973, USA.

Vittorio Re. Iluminación Interna, Editorial MARCOMBO, S.A., Barcelona España, 1979.

Westinghouse, Manual del Alumbrado, Editorial Dossat, S.A., Madrid, España, 1985.

Zemanski, Mark W., Sears, Francis W., Física General, Editorial Aguilar, México, 1966.

Tabla de valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales norma NOM-001-SEMP-1999 Publicada en el Diario Oficial de la Federación, Marzo de 1999.

Diccionario Larousse de la lengua española (esencial) Editorial Planeta S.A. C.V. Dinamarca No. 81 México, DF, 06600