ISMMM

INSTITUTO SUPERIOR MINERO
METALURGICO DE MOA
DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

Ingeniería Eléctrica
Facultad: Metalurgia Electromecánica

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Eléctrico

Análisis y propuesta de cambio de lámparas convencionales por lámparas Led en la Empresa Pedro Sotto Alba.

Autor: Giamnis Llanes Ricart.

Tutores: M. Sc. Gabriel Hernández Ramírez.

Ing. Geolvis Galano Urtate.

Ing. Elezabet Camejo López.

Moa, Holguín
Julio del 2013

Declaración de Autoría

Declaro ser el único autor del presente trabajo de diploma y reconozco al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez” y al Departamento de Eléctrica los derechos patrimoniales del mismo, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmamos la presente a los ___días del mes de _____ de 2013.

Giamnis Llanes Ricart

Firma Autor

M. Sc. Gabriel Hernández Ramírez.

Firma Tutor

Ing. Geolvis Galano Urtate.

Firma Tutor

Pensamiento

La eficiencia energética y el ahorro de energía, constituyen el eje central de esta primera etapa del nuevo paradigma energético cubano.

Fidel Castro Ruz.

Dedicatoria

Aprovecho esta ocasión para dedicar mi Trabajo de Diploma con todo mi corazón, amor y cariño.

En especial a mi abuela Georgina que aunque no se encuentra presente me dio la fuerza espiritual necesaria para terminar.

A mi Esposa e Hija que han soportado mis días de gran estrés y me han alentado a seguir adelante.

A mis padres y hermano que se sacrificaron por mí y confiaron en que este día llegaría.

Agradecimientos

La gratitud es uno de los sentimientos más hermosos de la vida, por ello quiero corresponder de todo corazón a aquellas personas que hicieron posible de una u otra forma la realización y culminación de este trabajo de diploma, estándoles eternamente agradecidos a:

Mis tutores Geolvis Galano Urtate y Gabriel Hernández Ramírez por su dedicación y disposición para lograr los objetivos de este trabajo.

A mis amigos que me dieron su apoyo incondicional durante todo este tiempo:

Javier Escobar, Omar, Dennis, Yoan, Alexey, Tony, Barbaro, Leandro así como al resto de mis compañeros de aula.

Resumen

El presente trabajo “Análisis y propuesta de cambio de lámparas convencionales por lámparas Led en la Empresa Pedro Sotto Alba”, aborda varios temas en cuanto a usos y tipos de lámparas, ya que debe apoyarse en sus características generales para darle una excelente realización al estudio, el ahorro energético en instalaciones de alumbrado, no pasa sólo por elegir los equipos adecuados a las necesidades, con elevados rendimientos, sino que además deberá estudiarse las necesidades y uso del local, para diseñar el sistema de control idóneo.

En el Capítulo I, se realizó un análisis en cuanto a usos, tipos y deficiencias de las lámparas, así como los diferentes métodos a utilizar a la hora de realizar los cálculos para la iluminación de un área determinada, ya sea exterior como interior.

En el capítulo II, se hizo énfasis en la determinación del problema existente y sus deficiencias, el cual exigió la realización de la presente tesis de grado.

En el capítulo III, se marcó de manera concreta la solución del problema con la variante más económica posible, así como recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la proyección de nuevos sistemas de iluminación, además asesorar a los especialistas proponiéndole unos procedimientos de actuación que conlleven al pretendido ahorro.

Summary

This paper "Analysis and proposal conventional lamp replacement LED lamps in the Company Pedro Sotto Alba" addresses several issues regarding uses and types of lamps as they must rely on their general characteristics to give an excellent performing the study, energy saving lighting installations, involves not only choosing the right equipment needs, with high yields, but also be explored using the local needs and to design suitable control system.

In Chapter I, was analyzed in terms of uses, types and deficiencies of the lamps, and the different methods used when making calculations for lighting an area, both exterior and interior.

In Chapter II, the emphasis was on the determination of the existing problem and their deficiencies, which required the completion of this thesis.

In Chapter III, was marked concretely the solution of the problem with most economical variant, as well as recommendations to follow to keep the results of the screening of new lighting systems, as well as specialists advise proposing action procedures involving the alleged savings.

Índice de contenido

Declaración de Autoría ..... **II**

Pensamiento ..... **III**

Dedicatoria ..... **IV**

Agradecimientos ..... **V**

Resumen ..... **VI**

Summary ..... **VII**

Introducción. **1**

Capítulo I: Fundamentación Teórica **4**

1.1. Introducción 4

1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo 4

1.3 Revisión de los trabajos precedentes. 4

1.4 Base Teórica de la Investigación 8

1.4.1 DEFINICIONES 8

1.4.2 METODOS DE CÁLCULO 16

1.5. Conclusiones 26

Capítulo II Descripción de los sistemas de alumbrado **27**

2.1 Introducción. 27

2.2 Caracterización del Sistema de Alumbrado que se utiliza en la actualidad. 27

2.2.1 Características técnicas de las lámparas 29

2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado 36

2.4 Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema de alumbrado actual. 46

2.5. Conclusiones. 47

Capítulo III **48**

Propuesta para reducir el consumo energía. **48**

3.1 Introducción. 48

3.2. Propuesta para reducir el consumo de energía. 48

3.3 Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado. 49

3.4 Descripción de nuevos Equipos de Iluminación. 51

3.5 Valoración económica. 65

3.5.1 Cálculos de Ahorro y Tiempo de Recuperación de la Inversión 66
3.6 Conclusiones. 69
Conclusiones Generales. 70
Recomendaciones 71
Bibliografía 72
Anexos 76

Introducción.

La tendencia actual en muchos países, es que existe un gran crecimiento de la demanda energética, que impone enormes presiones de costos a las compañías de servicios de energía para realizar inversiones adicionales en instalaciones de generación, transmisión y distribución de la energía.

Adicionalmente, ante el rápido crecimiento de la demanda energética, diversas organizaciones están implementando programas dirigidos a aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y en la búsqueda de alternativas, limitando así el crecimiento en la demanda.

La energía eléctrica, al igual que otro recurso, puede gerenciarse. Entendiéndose por gerencia un concepto más amplio que el simple ahorro energético, ya que involucra el uso correcto de la misma y permite su planificación.

El concepto de iluminación es el valor intrínseco de todo proyecto arquitectónico. La luz da vida a la obra y es, en cierta medida, el pincel al alcance del arquitecto. Estas ideas, que parecerían mera retórica, son una realidad que influye en el confort que se puede construir a partir de un adecuado manejo de la iluminación, y en el que uno de los retos principales ha sido igualar la calidad de la luz artificial con la natural.

Pero las consideraciones estéticas no han sido el único ni el principal motivo de las transformaciones en este campo. Lo son también las exigencias de calidad de los productos y materiales, y una apremiante necesidad de elevar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica, un recurso natural no renovable, escaso, caro de producir y fuente de contaminación y deterioro ambiental. Desde siempre, y con mayor razón en la actualidad, lo ideal es que todo diseño arquitectónico favorezca el máximo aprovechamiento de la luz natural y adicione sistemas de iluminación eficientes, lo cual en buena medida depende del presupuesto disponible.

En el campo de las edificaciones, la iluminación se instala casi al final de la obra, cuando los recursos del presupuesto están a punto de tocar fondo. Éste es un factor que ocasiona que, al momento de escoger el equipo y materiales, el criterio del precio prevalezca sobre

el de calidad. Resolver de esa manera la instalación del sistema de iluminación sólo confirma, con el paso del tiempo, que lo barato sale caro. Ante la escasez de presupuesto, el constructor supera su problema inmediato y opta por productos de regular calidad y mediana eficiencia, aunque con el uso del inmueble se compruebe que la parte más cara de este servicio no es su costo de instalación, sino el consumo que genere.

Situación problémica

En cuba desde hace varios años se llevan a cabo una serie de medidas para mitigar los altos consumos energéticos y en la actualidad se está tomando fuerza en la rama de la iluminación. La generación de un 1MW requiere de 0.326T de petróleo lo que representa un gasto económico sustancial. En la empresa Pedro Sotto Alba no están exentos de esto, el alto consumo de energía eléctrica está provocando un sobregiro en el presupuesto de la empresa lo que no permite que ese dinero se emplee en otras esferas dentro de la misma.

Problema

El elevado consumo energético en la empresa Pedro Sotto Alba por la utilización de luminarias ineficientes.

Hipótesis

Si se determinan las causas de la incorrecta iluminación, se podrá proponer un sistema de alumbrado eficiente cumpliendo con las normas cubanas.

Objeto de estudio

Los talleres Eléctrico, Maquinado y Planta Termoeléctrica en la empresa Pedro Sotto Alba

Campo de acción

Sistema de Alumbrado.

Objetivo General

Reducir el consumo de energía del sistema de alumbrado en la Planta Termoeléctrica, Taller Eléctrico y Taller Maquinado de la empresa Pedro Sotto Alba.

Objetivos específicos

Caracterizar el sistema de alumbrado existente en los Talleres Eléctricos y Maquinados, así como en la Planta de Termoeléctrica.

Determinar las causas de la ineficiencia del sistema de iluminación.

Proponer un sistema de alumbrado que cumpla con las normas cubanas.

Tareas

Caracterización del estado actual del problema.

Elaboración de la fundamentación teórico-metodológica.

Confección del cálculo de los índices de iluminación y comprobación de las normas existentes.

Comprobación de los niveles de Iluminación en los diferentes departamentos de los Talleres Eléctricos y Maquinados, así como en la Planta Termoeléctrica de la empresa Pedro Sotto Alba, con los valores de las normas NC ISO 8995/CIES 008/2009.

Capítulo I: Fundamentación Teórica

1.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es desarrollar el basamento teórico que se pretende exponer en el presente trabajo, a partir del planteamiento del problema existente, el cual mostrará la necesidad de la realización de dicho estudio y la perspectiva de los resultados para la futura aplicación de los mismos, pues se nos hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes que contribuyan al mejoramiento de los sistemas de iluminación con el objetivo de elevarlos índices de eficiencia de los mismos.

1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo

La formulación del problema, la justificación o necesidad de la realización de cualquier trabajo que se realice y su propuesta, son elementos que deben tenerse en cuenta en su fundamentación teórica. Tomándose en cuenta los objetivos propuestos para este trabajo se consideró una investigación de campo, ya que permite no sólo observar, sino recolectar los datos directamente de la realidad en el objeto de estudio. El análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores contribuyentes.

1.3 Revisión de los trabajos precedentes.

En este epígrafe pretendemos analizar la evolución de las lámparas, luminarias y los tratamientos dados por diferentes especialistas y empresas encargadas en la producción y comercialización.

Manuales.

Manual de electricista. Una empresa Axa conductores Monterrey. (**34**)

Manual de Alumbrado (1986). Este material constituye una guía para la realización de los cálculos de alumbrado para exteriores y conceptos luminotécnicos, suministrando los conceptos y métodos necesarios. Representa una herramienta imprescindible en la realización del trabajo. (**33**)

Manual de procedimientos (1999).Este trabajo constituye una guía metodológica para el proyectista eléctrico, puesto que recoge la información necesaria para la aplicación de una metodología de sistemas de alumbrado, pero no tiene en cuenta los aspectos de contaminación luminosa, afectaciones al medio ambiente, la iluminación natural y eficiencia energética. (**30**)

Catálogos.

Catálogo de iluminación Effetre (1995). Este catálogo permitió la actualización y comparación de las lámparas recomendadas, utilizadas en los diferentes sistemas de alumbrado. (**4**)

Catálogo General de Lámparas y Equipos, (1998/1999/2000). Philips. Este catálogo permite conocer características generales de lámparas y equipos. (**8**)

Catálogo de Lámparas. Silvana, (2000). Este catálogo presenta información técnica acerca de lámparas de descarga de alta potencia. (**9**)

Catálogo (2001) Sluz. Este catálogo aborda temas a cerca de los sistemas de alumbrado para zonas de peligro. (**10**)

Catalogo Philips tarifa. 2013 Este catalogo presenta información sobre los precios de las lámparas Led. (**11**)

Catálogo General (2002). Indalux Iluminación Técnica, S.L Este catálogo presenta software para la simulación de las instalaciones de alumbrado. (**5**)

Documentos.

Masorra, Jironella (1986). Este documento nos da a conocer los métodos de iluminación y de cálculos utilizados en los sistemas de iluminación. También plantea una metodología. (**33**)

Ferrero Andréu, LI, (1999). Celma, A, Rodríguez, F, (1999). Ferreiro-Mazon, P. (1995). San Martín, R; Aubert, V, (2001). Arrastia, Ávila, M, (2001). En estos documentos se muestra una amplia caracterización sobre la problemática de la contaminación lumínica a nivel internacional y nacional, permitiendo un estudio de la misma, para determinar las posibles medidas a tener en cuenta a la hora de proyectar un sistema de alumbrado exterior. También sirvió como herramienta para determinar los diferentes métodos de iluminación y de cálculo a utilizar en cualesquier lugar, áreas exteriores y otras. (**23**)

Conferencias.

Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997). Estas conferencias proporcionaron una actualización integral de cómo se maneja el tema a nivel nacional e internacional, en materia de historia de la iluminación, economía, medio ambiente, desarrollo de fibras ópticas, contaminación lumínica, descargas, entre otros. Paralelamente representó el punto de partida para el análisis económico-ambiental. (**11**)

Enciclopedias

Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales. (**14**)

Publicaciones.

Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. En esta publicación se hace énfasis en todos los equipos a utilizar en el trabajo de las lámparas de descargas. (**18**)

Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez. En esta publicación se caracteriza el sistema eléctrico y los componentes principales de las lámparas de descarga. (**20**)

Jesús Feijó Muñoz: Instalaciones de iluminación en la arquitectura. Ed: Secretariado de publicaciones, Universidad de Valladolid. Esta publicación presenta las normas de construcción e instalación de la iluminación en los proyectos arquitectónicos. (**19**)

Trabajos de diplomas

Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005. Yunier Cabrera, Delroy George. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico presentó el análisis y propuesta de mejora del sistema de alumbrado de las avenidas principales del municipio Moa. (**45**)

Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa (2007).Suraima Pavón Herrera, Yarima Marisma frometa. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico analizó como mejorar la iluminación de la termoeléctrica de la planta Pedro Sotto Alba con el objetivo de lograr una iluminación eficiente de la planta. (**44**)

Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002. Odalis Robles Laurencio. Este trabajo de diploma en opción al título de master en ciencia trata de explicar de cómo lograr una iluminación exterior eficiente mejorando el factor de potencia de las instalaciones de alumbrado (**16**)

Sitios Web visitados.

http:// www14.brinkster. com. /lumínica/.1998.

http://www.ca21.com/2007

http://www.clefer.com/2007

http://www.atpiluminacion.com/2008

1.4 Base Teórica de la Investigación

1.4.1 DEFINICIONES

Alumbrado General

La iluminación general debe producir un nivel de luz uniforme en el área considerada. Se define como iluminación uniforme, la distribución de la luz donde la iluminación máxima y mínima en cualquier punto no es más que un sexto arriba o abajo del nivel promedio en área. Las luminarias colocadas con espaciamiento que no exceda de los máximos permitidos, debiendo de producir una iluminación uniforme en el plano de trabajo.

Alumbrado General Localizado

La localización de maquinaria u otro equipo importante, generalmente requiere del uso de un nivel más alto que el nivel de iluminación general. Bajo estas condiciones normalmente se incrementa el número de luminarias o la potencia lumínica por luminaria para proveer el aumento de nivel de iluminación.

Alumbrado Suplementario

La iluminación suplementaria, se emplea para proveer un nivel alto de iluminación en determinados puntos de un trabajo o área especificada.

Localización de luminarias

Es la selección de la localización de las luminarias y de los métodos de soporte deben considerarse cuidadosamente el mantenimiento y evitarse la interferencia con charolas, tuberías, conductos, etc.

Factores de reflexión recomendados

Techo (cielo)	80 %
Muros	50 %
Tableros	50 %
Escritorios	35 %

Pisos 30 %

Deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación visual provocada por áreas brillantes dentro del campo visual y que puede ser percibida como un deslumbramiento molesto o un deslumbramiento incapacitante. El deslumbramiento puede también ser provocado por reflexione en superficies especulares, conocidas usualmente como reflexiones velantes o deslumbramiento reflejado.

Es importante limitar el deslumbramiento, para evitar errores, fatiga y accidentes.

El deslumbramiento incapacitante es más común en la iluminación exterior, pero puede experimentarse también a causa de luces concentradas o de fuentes de gran brillantez, como una ventana en un espacio iluminado pobremente. En puestos de trabajo en interiores, el deslumbramiento molesto se presenta usualmente a causa de luminarias o ventanas brillantes. Si se cumplen los límites del deslumbramiento molesto, entonces el deslumbramiento incapacitante no constituye un problema importante.

Ángulo límite para evitar el efecto de deslumbramiento.

Para eliminar el deslumbramiento directo desde las fuentes de luz en el campo de visión de los operadores, estas fuentes deben colocarse si es posible, por encima de la línea normal de visión, es decir, por encima del ángulo límite: el cual se define como el ángulo formado por la dirección visual horizontal y la dirección de la visual al foco luminoso; para evitar el deslumbramiento, este ángulo ha de ser superior a 30°.

Características comunes de las lámparas.

Rendimiento luminoso: El rendimiento de una fuente de luz se determina dividiendo la salida (en lúmenes) entre la potencia de entrada (W). La unidad es lm/W.

Vida útil promedio: La vida útil promedio nominal de una lámpara es el valor, en horas, al cual fallan la mitad de un grupo grande de lámparas, en condiciones estándar de prueba. Cualquier lámpara particular o grupo de lámparas pueden desviarse de los valores publicados de vida útil nominal. Para lámparas fluorescentes y de descarga de alta

intensidad, ese valor se ve afectado por el tiempo promedio que la lámpara está encendida antes de que sea apagada.

Depreciación del flujo luminoso: A través del tiempo, las lámparas pierden su habilidad para producir luz debido al envejecimiento. La depreciación del flujo luminoso representa el por ciento del flujo inicial en lúmenes que queda al 40 % de la vida nominal.

La depreciación del flujo luminoso se ve afectada por el tipo de balastro usado, por las tolerancias de voltaje y por el tiempo de encendido antes de que la lámpara sea apagada.

Temperatura de color: La temperatura de color de una lámpara se describe en términos de su apariencia luminosa a la vista, en el sentido de si parece "caliente" o "fría". La temperatura de color se mide en una escala Kelvin, que va desde 1500 K (que parece rojo-naranja) hasta 9 000 K (que parece azul). Las fuentes de luz se encuentran entre estos dos valores; con aquellos valores de temperatura de color más altos (4 100 K) paren "frías" y aquellos con valores más bajos (3 100 K) paren "calientes".

El **color** de las lámparas también afecta la calidad de la iluminación. Las preferencias de los usuarios es la mejor guía para el color a utilizar. Hoy en día resultan obsoletas muchas recomendaciones que existían respecto a combinaciones de la temperatura de color y de iluminación. Sin embargo, se conoce que cuando se utilizan lámparas de un rendimiento de color más alto, resulta necesario bajar la iluminación para obtener un brillo equivalente.

La equivalencia práctica entre apariencia del color y temperatura de color, se establece convencionalmente según la siguiente tabla:

Tabla 1.1 Relación entre Apariencia y Temperatura del Color.

Apariencia del color	**Temperatura de color(°K)**
Cálida	< 3.300
Intermedia	3.300-5000
Fría	> 5.000

Hay dos aspectos en los que juega un papel decisivo la temperatura de color, que son:

Índice de rendimiento del color: El índice de reproducción cromática (IRC), caracteriza la capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz.

El IRC ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de luz para reproducir colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

En la siguiente tabla se especifican los índices de rendimiento de color mínimos de las fuentes de luz expresados por grupos de calidad según la NC ISO 8995/CIE S 008:2003

Tabla 1.2 Índices de rendimiento.

Grupo de rendimiento de color	**Valores extremos IRC**
1	≥85
2	70-85
3	≤70

Índice de rendimiento de color: El rendimiento de color describe el efecto que una fuente de luz tiene en la apariencia de los objetos de color. Mientras mayor es este factor, menor es la distorsión del color de los objetos que la luz de la lámpara provoca. El valor máximo de este índice es 100, el cual indica que no hay desplazamiento del color comparado con una fuente de referencia; y mientras menor es, más pronunciado es el desplazamiento. Los valores de este índice deben ser comparados solamente entre lámparas de temperatura de color similar.

Sistemas de Alumbrado.

En una instalación de alumbrado, de acuerdo a como se hace llegar la luz al plano de trabajo se obtiene el sistema de alumbrado. Las luminarias, como elemento que entrega la luz en el área a iluminar es quien define, en primera instancia l sistema de alumbrado que se obtiene.

La cantidad adecuada y buena calidad de la luz se puede obtener con diferentes sistemas de alumbrado, los cuales se han clasificado de acuerdo con la distribución luminosa vertical de las luminarias.

La selección del sistema a utilizar se realiza sobre la base de las características físicas del local, la tarea visual a desarrollar y las condiciones de mantenimiento, lo que a su vez permite determinar el tipo de luminaria que se utilizará.

La clasificación de los sistemas de alumbrado es la siguiente:

Indirecto: (90% -- 100% hacia arriba). El techo funge como fuente de luz secundaria. Es el sistema menos eficiente, presente una distribución sencilla, ausencias de **sombras** y brillos lo cual la hace aplicable en locales de baja altura (oficinas, escuelas, bibliotecas, etc.).

Semi-indirectos: (60% -- 90% hacia arriba). Es más eficiente que el indirecto, se logra una mejor relación de brillos entre la luminaria y el techo. Hay que tener cuidado con la producción de deslumbramiento.

General Difusa: (40% -- 60% hacia arriba). Es más eficiente que los sistemas anteriores ya que es mayor el porcentaje de Luz que llega al plano de trabajo proveniente de la luminaria. La diferencia entre este sistema y el directo – Indirecto radica en la cantidad de luz emitida horizontalmente.

Semi-Directa: (60% -- 90% hacia abajo). Es más eficiente que lo sistemas anteriores. Evita el contraste entre la fuente y el techo, reduce el peligro de deslumbramiento. Es aconsejable su utilización para medianas alturas de emplazamiento de luminarias.

Directo: (90% -- 100% hacia abajo). Es el más eficiente de todos. Las luminarias para este tipo de sistema presentan curvas de distribución ancha o estrecha para ser utilizadas de acuerdo con las dimensiones del local y garantizar la menor pérdida de luz en las paredes, esto lo hace más económico. Se recomienda en instalaciones de grandes alturas.

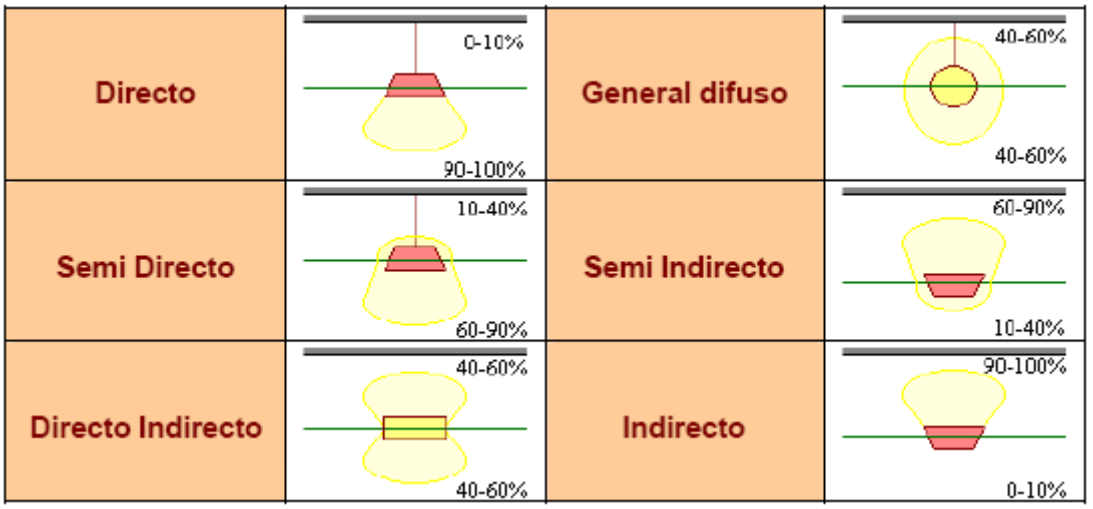


Fig. 1.1 Representación de los sistemas de alumbrado.

La mayor o menor dificultada de una tarea visual debe apreciarse en función de estos y otros factores, tales como, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de realizar el trabajo, etc. Según la importancia de estos factores, se han prescrito distintos niveles de iluminación, mediante investigaciones científicas, para los distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales. Estos niveles de iluminación se expresan en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Niveles de iluminación recomendados por Iluminating Engineering Society y la norma cubana.

Local	**Nivel de iluminación (Luxes)**	
	I.E.S(Preferible)	**S.M.I.I(Mínimo)**

Locales Interiores:		
a) Equipo de acondicionamiento de aire	100	60
b) Auxiliares, cuartos de baterías, bombas y compresores	200	100
c) Cuarto de equipo telefónico y carrier	300	200
d) Cuartos de control:		
- Cara vertical de tableros. Sencillo o la sección	500	300
· Tipo (a): Grandes cuartos de control centralizados desde 168 cm (66 pg) sobre el piso.	300	
· Tipo (b): Cuartos de control ordinarios, hasta 168 cm (66 pg) sobre el piso.	300	200
- Cara de la sección de duplex opuesta al operador	100	200
- Área interior del tablero duplex (pasillo)	100	60
- Lado posterior de todos los tableros, (vertical)	30	60
- Alumbrado de emergencia, todas las áreas	500	20
- Escritorios o tableros tipo escritorio (nivel horizontal)	300	300
- Iluminación general restante		200
e) Oficina	500	200
f) Bodega	300	100
g) Vestíbulo	200	150
h) Comedor	300	200
i) Sanitarios	100	60
Local	**I.E.S.S.M.I.I.(Luxes)**	

Áreas Exteriores:	
a) Zona de equipo instalado y de paso:	
- Iluminación general horizontal	20
- Iluminación general vertical (sobre equipo)	20
b) Zonas alrededor de la caseta de control:	
- Entrada principal	100
- Entrada secundaria	50
- Pasillos	20
c) Cerca o alambrado	2
d) Alumbrado de emergencia	5

En dicha tabla la primera columna lleva por encabezado I.E.S. (Iluminating Engineering Society). 99% y esta formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H. R. BLACKWELL, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook con las dos consiguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose por 5 asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que pueda realizar una persona en un segundo.

La segunda columna lleva las normas cubanas, 95% y está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y 5 asimilaciones por segundo. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor "mínimo" en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en Cuba, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causen fatiga visual a las personas que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficiencia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

Antes de seleccionar las unidades de alumbrado que resuelven el proyecto que se está llevando a cabo, es conveniente reunir la mayor literatura posible de los equipos de alumbrado que se tengan en el mercado, en la cual estén asentadas las características técnicas, recomendaciones y sugerencias de los usos apropiados para cada unidad. En caso de contar con escasa información, es recomendable ponerse en contacto con los fabricantes o sus representantes, a fin de que ellos proporcionen la información posible (verbal y escrita) de los equipos de alumbrado que puedan proporcionar.

Una vez reunida la información necesaria de las unidades de alumbrado, se requiere hacer un análisis de las condiciones de instalación, a fin de poder seleccionar la o las unidades que, de acuerdo con sus características, sean más apropiadas para satisfacer las necesidades del caso.

1.4.2 METODOS DE CÁLCULO

Conocidos estos factores, determinaremos el tipo de iluminancia y de alumbrado más apropiado para cada necesidad, con lo que podremos calcular las características de la iluminación utilizando básicamente dos métodos, en función del tipo de alumbrado:

a) Método del lumen o del cálculo del flujo luminoso

b) Método de punto por punto.

Método de los lúmenes para alumbrado interior

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

Fig.1.2 Algoritmo de cálculo.

En la Fig. 1.3 se muestra la superficie del local, así como ancho, largo y altura del plano de trabajo.

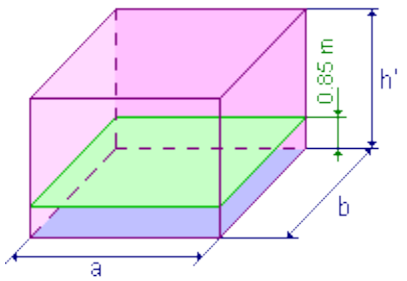


Fig. 1.3 Datos del local

Datos a tener en cuenta.

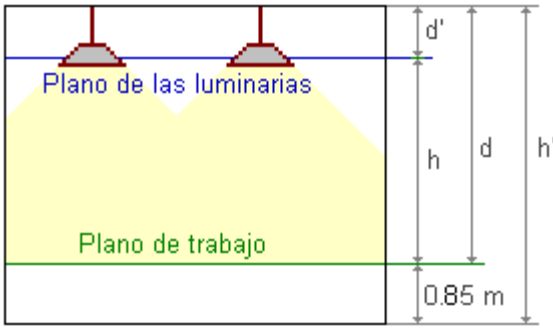
Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.

Determinar el nivel de iluminancia media (Em). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.

Escoger el tipo de lámpara (fluorescente, Led…) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.

Determinar la **altura de suspensión** de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias
h': altura del local
d: altura del plano de trabajo al techo
d': altura entre el techo y las luminarias

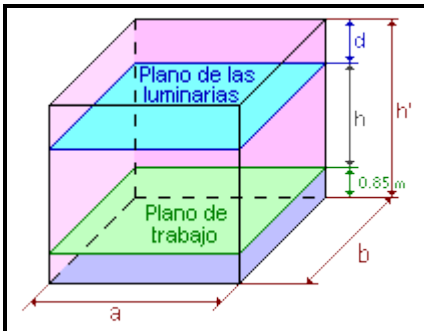
Fig. 1.4 Altura del plano de trabajo.

Tabla 1.4 Relación entre el local y la altura de la luminaria.

	Altura de las luminarias
Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	**Lo más altas posibles**
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	**Mínimo:** $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ **Óptimo:** $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:

Tabla 1.5 Cálculo del índice del local

	Sistema de iluminación	Índice del local
	Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
	Iluminación indirecta y semiindirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Donde **k** es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

Determinar los **coeficientes de reflexión** de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la siguiente tabla.

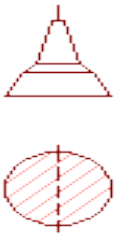
Tabla 1.6 Factor de reflexión

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

En su defecto podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

Determinar el factor de utilización (η, CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Tabla 1.7 Factor de utilización

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.59	.56	.52	.56	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Determinar el **factor de mantenimiento (f_m) o conservación** de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Tabla 1.8 Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \qquad (1.1)$$

Donde:

Φ_T es el flujo luminoso total

E es la iluminancia media deseada

S es la superficie del plano de trabajo

η es el factor de utilización

f_m es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$ Redondeado por exceso (1.2)

Donde:

N es el número de luminarias

Φ_T es el flujo luminoso total

Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara

n es el número de lámparas por luminaria

Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{largo} \times ancho}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{largo}{ancho} \right)$$

Donde N es el número de luminarias.

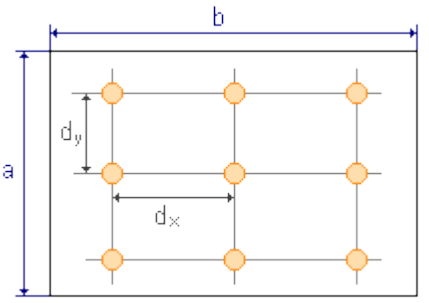


Fig. 1.5 Distribución de las luminarias

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:

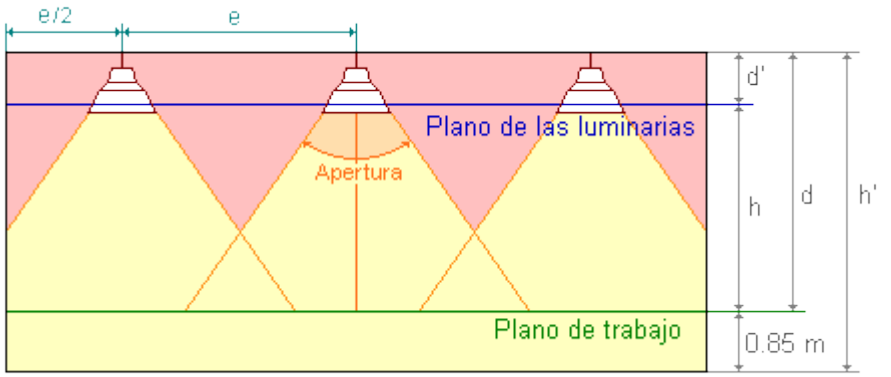


Fig. 1.6 Relación entre la separación entre las luminarias, el ángulo de apertura del haz de luz y la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

Tabla 1.9 Separación entre las luminarias

Tipo de luminaria	**Altura del local**	**Distancia máxima entre luminarias**
intensiva	> 10 m	e ⩽ 1.2 h
extensiva	6 - 10 m	e ⩽ 1.5 h
Semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	⩽4 m	e ⩽ 1.6 h
distancia pared-luminaria: e/2		

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas

Comprobación de los resultados

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{tablas} \quad (1.3)$$

Método del punto por punto

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Pero, qué pasa si queremos conocer cómo es la distribución de la iluminación en instalaciones de alumbrado general localizado o individual donde la luz no se distribuye uniformemente o cómo es exactamente la distribución en el alumbrado general. En estos casos emplearemos el método del punto por punto que nos permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente **directa**, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra **indirecta o reflejada** procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local.

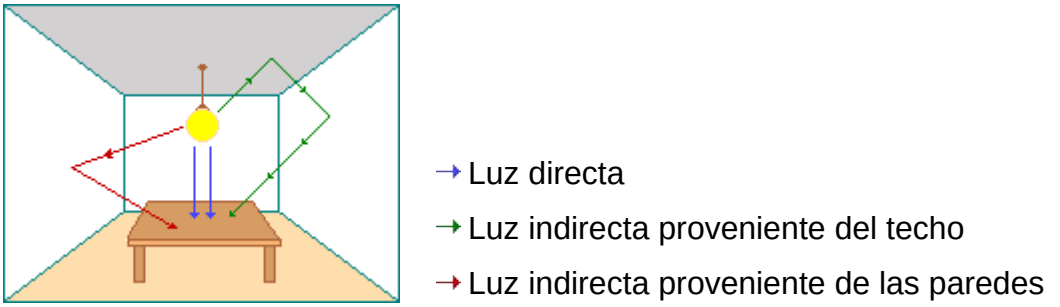
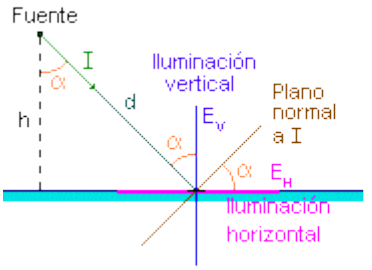


Fig. 1.7 Distribución de la luz

En el ejemplo anterior podemos ver que sólo unos pocos rayos de luz serán perpendiculares al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Esto quiere decir que de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.



$$E_H = \frac{I \cdot \cos\alpha}{d^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \sin\alpha}{d^2} = E_H \cdot \tan\alpha$$

Componentes de la iluminancia en un punto

En general, para hacernos una idea de la distribución de la iluminancia nos bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo nos interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates,

estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...)

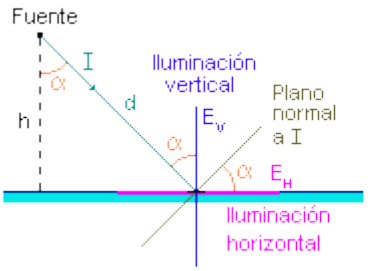
Para utilizar el método del punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos calculemos más información tendremos sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si trazamos los diagramas izo lux de la instalación.

Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$E = E_{directa} + E_{indirecta}$ (1.4)

Componente directa en un punto

Fuentes de luz puntuales. Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas.



$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Donde I es la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y h la altura del plano de trabajo a la lámpara.

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

$$E_V = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2} \quad (1.5)$$

1.5. Conclusiones

Durante el transcurso del presente capítulo se ha explicado de manera detallada todo lo relacionado con tipos de lámparas, sus características y los métodos de cálculos existentes, tanto para interiores como exteriores, dándole al interesado en el trabajo una introducción general sobre el tema que se pretende estudiar, logrando de esta manera un enfoque demostrativo acerca del objetivo a desarrollar.

Capítulo II Descripción de los sistemas de alumbrado

2.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo básico caracterizar el sistema de alumbrado actual que presenta la Termoeléctrica, el taller Eléctrico y el taller Maquinado determinar las causas negativas que influyen en el alumbrado de la instalación. Este análisis partirá de las mediciones realizadas en las áreas de la instalación y a través de los cálculos se dejaran identificadas las deficiencias y se propondrán nuevas medidas en busca de mejoras.

Para realizar un buen estudio es necesario conocer los tipos de fuentes de luz, especialmente sus características, funcionamiento y la distribución espectral; esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente para mejorar los niveles de iluminancia media (Em).

2.2 Caracterización del Sistema de Alumbrado que se utiliza en la actualidad.

Los fabricantes de iluminación actual, tanto aquellos que diseñan y fabrican las fuentes de luz, como los que fabrican las luminarias, han desarrollado durante los últimos años productos de muy alta eficiencia, pero si comparamos el producto actual con el que se utilizaba hace treinta años, nos asombrarían los resultados.

Una lámpara de última generación ronda los 110 lúmenes/watio mientras que una lámpara todavía hoy utilizada de vapor de mercurio a alta presión tiene una eficiencia de 50 lúmenes/watio, es decir, se ha duplicado el rendimiento.

De igual modo, una luminaria actual dispone de reflectores con rendimientos del 80-85%, sistemas de regulación de lámpara que controlan la contaminación lumínica, etc. todo ello hace que sean elementos ya de por sí eficientes.
Los conjuntos formados por luminaria y lámpara son altamente eficientes, mucho mejores que los que disponíamos hace años. Así, su evolución podría asemejarse a la industria del

automóvil, con menor consumo, más prestaciones, más velocidad en resumen, enormes diferencias.

A continuación se relacionan ejemplos de estos sistemas**:**

Luminaria para aplicaciones de alta vibración; alta resistencia, balastro remoto. Capsula: fabricada en fundición de aluminio, con 4 soportes, balastro autorregulado de alto factor de potencia (superior al 90 %) con embobinados de cobre, 100 % probados para dar la emisión lumínica completa de la lámpara con menor consumo de energía. Potencia de la lámpara 250 W Lux:20000	 Fig. 2.1
Reflectores de cristal prismático, balastro integral o remoto para lámparas de alta intensidad de descarga, conjunto óptico cerrado. Capsula: fundición de aluminio, fabricada con un tratamiento previo, balastro autorregulado de alto factor de potencia (superior al 90 %) con embobinados de cobre 100 % probados para dar la emisión lumínica completa de la lámpara con menor consumo de energía. **Potencia de la lámpara** :400 W **Lux:**32000	 Fig. 2.2

2.2.1 Características técnicas de las lámparas

Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtienen una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente... Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

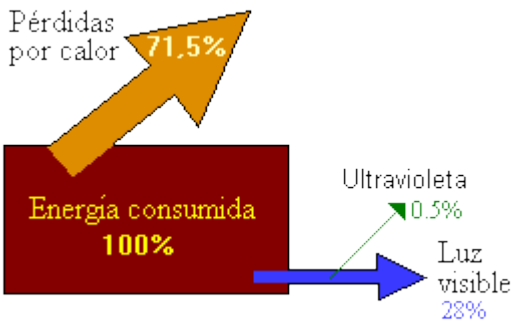


Fig. 2.3 Balance energético de una lámpara fluorescente

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él. En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Más modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

Lámparas con halogenuros metálicos.

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

Lámparas de vapor de sodio a baja presión

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su mono cromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

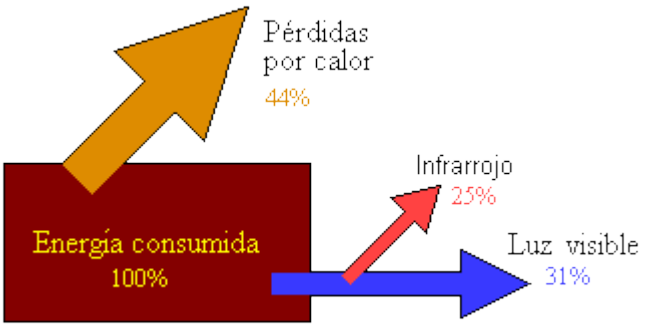


Fig. 2.4 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 ºC).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color (Tcolor= 2100 K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

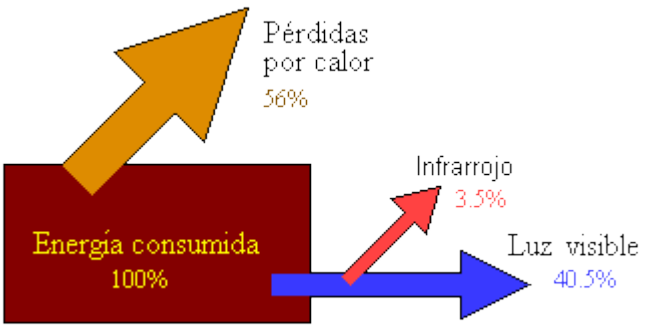


Fig. 2.5 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 ºC), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

LÁMPARAS DE ESTADO SÓLIDO

Lámparas de arreglo de LED. Los LED son básicamente pequeñas ampolletas que se ajustan en un circuito electrónico, y que desprenden luz debido al movimiento de electrones en un material semiconductor. Un diodo es el dispositivo semiconductor más simple que existe. Se construye uniendo una sección de un material cargado positivamente, con otra de material cargado en forma negativa, y con electrodos en cada extremo, para que de esta forma conduzcan electricidad (en la forma de electrones moviéndose libremente) en una dirección cuando se aplique voltaje al diodo. Los electrones se mueven en una serie de órbitas fijas alrededor del núcleo de los átomos. Cuando un electrón absorbe energía extra del voltaje introducido, salta a una órbita superior, y cuando regresa a la órbita inferior, emite la energía extra en forma de fotón.

A diferencia de los diodos comunes, en los que el material semiconductor absorbe la mayor parte de la energía lumínica antes de que ésta sea liberada, los LED están hechos para emitir una gran cantidad de fotones.

El color de la luz de un LED obedece a la cantidad de energía en ese fotón. A su vez, la cantidad de energía dependerá del material utilizado para las capas.

La luz de un LED es direccional, por lo que se puede ajustar en la dirección que se requiera. No contienen ningún material peligroso, como mercurio, al contrario de las ampolletas eficientes. Gracias a la alta calidad de los materiales que lo componen y a su larga vida útil requieren ser reciclados menos a menudo.

Los LED de color cubren todo el espectro de colores de luz visible, lo que ofrece al mercado innumerables posibilidades como se ve en la Fig. anterior. Además, poseen un alto índice cromático, gracias a lo cual los colores se ven más naturales. En la Fig. se puede observar la construcción de un LED usado para lámparas de alumbrado público.

El tiempo medio de vida de una lámpara de LED oscila entre 50.000 y 100.000 horas. La última tecnología de LED de montaje superficial y gran flujo luminoso está por encima de 100.000 horas.

En la Fig. 2.6 se puede ver un diagrama de la eficiencia energética de una lámpara de LED.

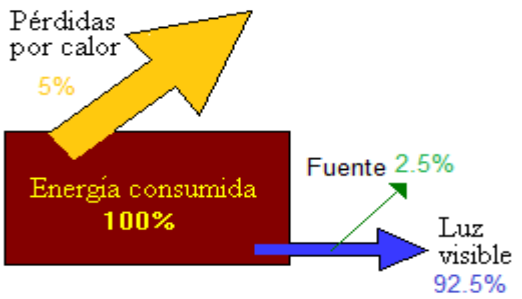


Fig. 2.6 Balance energético de una lámpara de LED.

Dentro de las ventajas conocidas de la tecnología LED están el ahorro de entre un 75% y un 90% en consumo energético, sin sacrificar intensidad lumínica, no generan rayos UV ni IR, libres de mantenimiento y menor costo a largo plazo. La tecnología de construcción de LED ha venido mejorando con el tiempo y ya se pueden conseguir LED de menor tamaño, mejor rendimiento y menores costos.

El color preferido para la iluminación es el blanco debido a que da una mejor perfilación y una definición de colores mucho mayor a las de los demás colores del espectro, además, dentro de la mayoría de normas a nivel mundial los colores usados son blanco y amarillo.

En la actualidad no se ha llevado a cabo ningún estudio que compare las dos principales tecnologías utilizadas teniendo en cuenta los parámetros principales como: potencia, consumo, niveles de iluminación, calidad de iluminación, costos, entre otros.

Un estudio serio en este sentido es importante para poder tener herramientas que le ofrezcan asidero para la elección de una u otra tecnología a los entes que manejan el alumbrado en la empresa, ya que es de obligatorio cumplimiento, según la normatividad vigente, el elegir la opción más eficiente en todos los sentidos.

2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado

Tabla 2.1: Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Instalación	# de lámparas	# de luminarias	Potencia(**W**)
Taller eléctrico	50	50	250
	19	38	40
	23	46	32
Termo eléctrica	26	26	400
	25	50	32
Taller Maquinado	92	92	250 y 400
	20	25	40
	40	80	32

Descripción del trabajo del balasto.

El voltaje requerido para encender la lámpara depende de la longitud y el diámetro de ésta, para lámparas largas se requiere altos voltajes. Cada lámpara fluorescente debe ser operada por un balasto, que es diseñado específicamente para proveer el conveniente voltaje requerido para arrancar y operar las mismas.

En todo sistema de iluminación fluorescente, el balasto cumple tres tareas básicas:

Proveer el voltaje adecuado para formar un arco entre los dos electrodos.

Regular la corriente eléctrica que circula a través de la lámpara para producir una luz estable.

Suplir el voltaje requerido para una operación adecuada de la lámpara y compensar las variaciones en la alimentación.

En sistemas fluorescentes de arranque rápido, el balasto debe cumplir una tarea adicional, proveer continuamente voltaje para mantener caliente los electrodos de la lámpara, a un nivel recomendado por el fabricante, mientras que la lámpara funciona. Si el electrodo de una lámpara de arranque rápido no está continuamente caliente, ésta podría deteriorarse prematuramente, reduciendo así vida útil.

Balastos electrónicos.

La revolución electrónica ha afectado diversos campos, entre los cuales se encuentra el campo de la iluminación. Por esto la introducción de balastos electrónicos como una alternativa a los modelos de núcleo y enrollado, está afectando el diseño y las especificaciones de los actuales sistemas de iluminación fluorescentes.

Ambos balastos electromagnéticos y electrónicos están diseñados para regular la iluminación de las lámparas fluorescentes. Sin embargo, ellos difieren en su forma de operación y su flexibilidad para adaptarse a varios tipos y tamaños de lámparas. Estas diferencias son relevantes en los balastos disponibles hoy en día en el mercado.

Ventajas de los balastos electrónicos.

Los balastos electrónicos están compuestos de grupos de componentes de estado sólido que convierten líneas normales AC o DC a frecuencias entre 20 y 60 Khz., la cual es usada entonces para ejecutar las funciones del balasto.

Una de las principales ventajas de este tipo de balasto es que gracias a la incorporación de elementos de estado sólido y la operación a altas frecuencias, los balastos electrónicos requieren de menos energía para producir los mismos niveles de iluminación que se logran con los balastos electromagnéticos.

Procedimientos para realizar las mediciones.

Para realizar las mediciones se tuvieron en cuenta los siguientes requisitos.

La superficie de ensayo se colocó la más cerca posible del plano de trabajo.

Se realizaron varias lecturas para poder obtener el valor medio, y evitar la introducción de errores.

Descripción del equipamiento de medición.

La medición se realizó con un **Luxómetro PU-150** que es un instrumento portátil designado para la práctica en mediciones de iluminación en empresas industriales y otros trabajos, este equipo registra fácilmente los valores medidos y opera a un límite de temperatura de -10 a 40 grados Celsius.

Descripción del monitoreo a través de PQM portátil.

Entre los componentes analizadores de redes se encuentran los PQM (Por sus siglas en inglés Power Quality Meter), está destinado al análisis y captura de variables eléctricas, en este caso se utilizó para las mediciones de las variables en la entrada del variador de velocidad, perteneciente al laboratorio eléctrico, la misma es de uso portátil y puede ser movida con facilidad. Esta presenta ganchos de medición (transformadores de corrientes), de 1000/5 A, y puntas para la medición de tensión, hasta los 600 V.

Fig. 2.7 PQM portátil usada en el monitoreo

Ajuste de analizadores de redes PQM.

En el ajuste de analizadores de redes PQM, la programación (Fig. 2.5 y 2.6) se realizó internamente a través de una PC asistido por el software EnerVista, activándose una función para la medición constante en el tiempo de las variables a medir (Data log), que guarda las variables eléctricas asignadas.

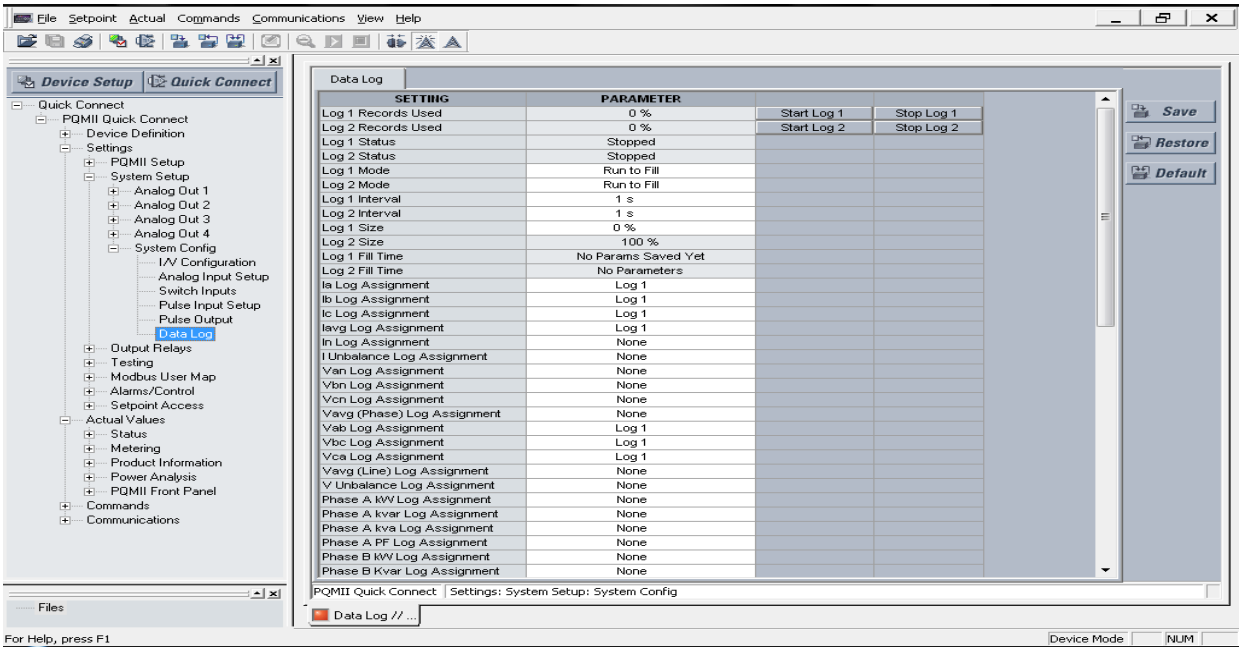


Fig. 2.8 Software de la PQM para la activación de los parámetros.

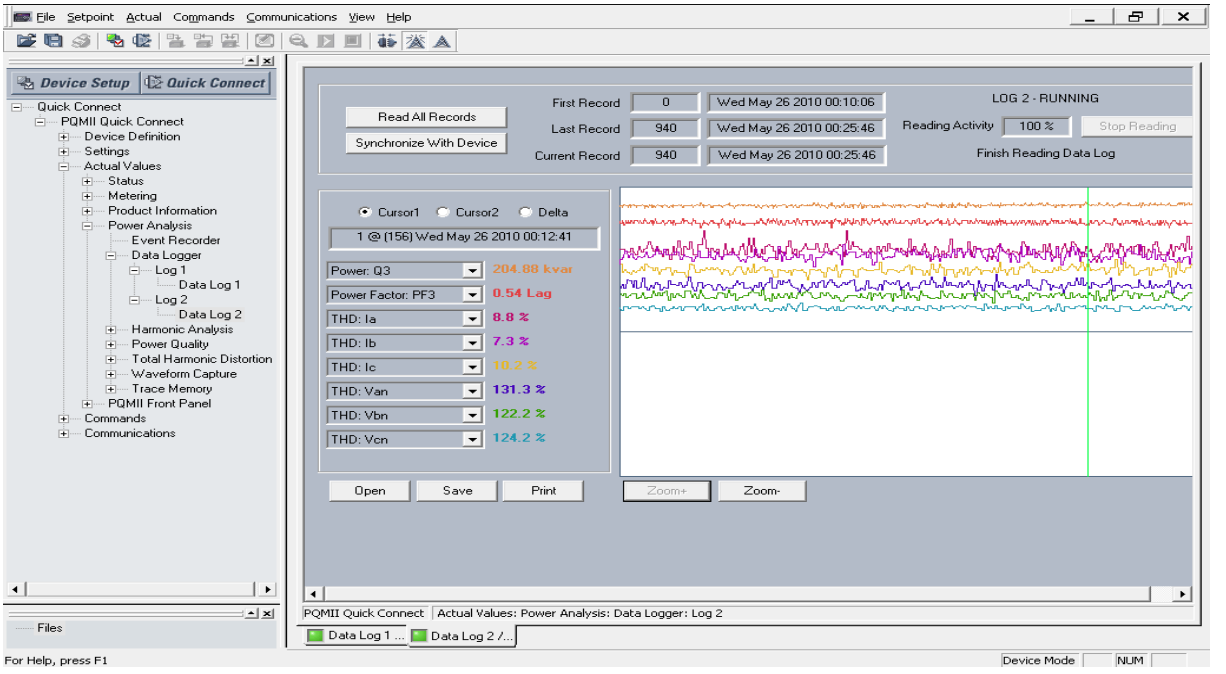


Fig. 2.9 Ejemplo de la forma de obtención de los gráficos**.**

A continuación se muestran los gráficos de las mediciones realizadas.

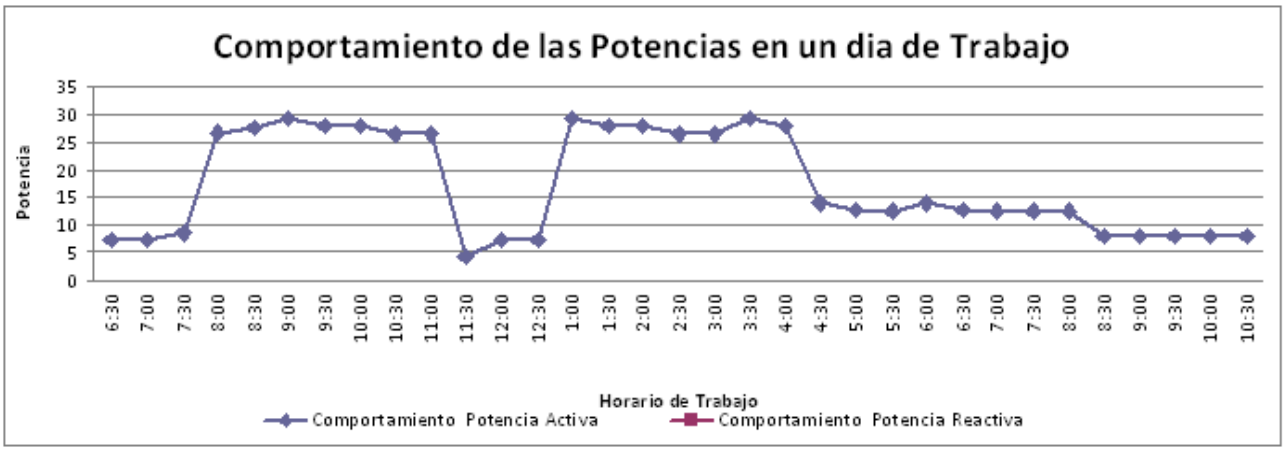


Fig. 2.10 Comportamiento de la potencia en el Taller Eléctrico.

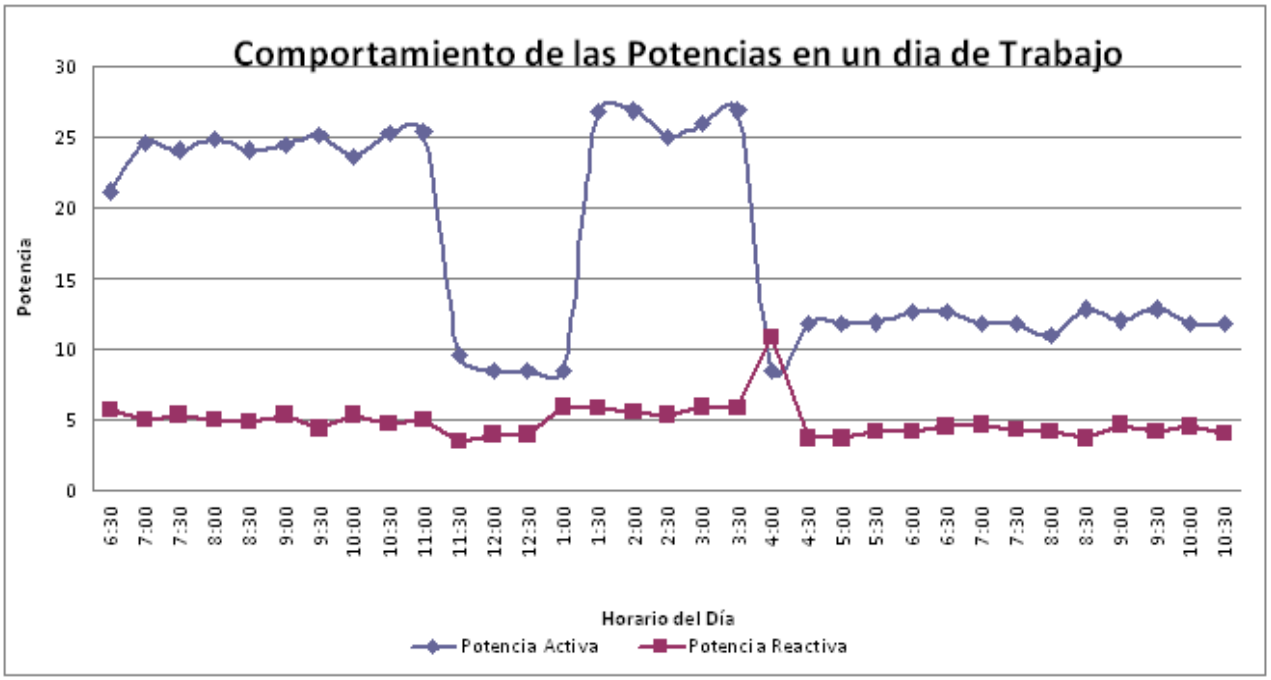


Fig. 2.11 Comportamiento de la potencia en el Taller de Maquinado.

Tabla 2.2 Resultados de las mediciones de lux y de las características físicas de las áreas Interiores de la instalación**.**

Instalación	Altura	Ancho	E_{med}Actual(lux)
Taller Eléctrico	7.5	24	345
Taller Maquinado	11	17.5	260
Planta Termoeléctrica	8.5	22.5	92

Con los resultados obtenidos en las tablas anteriores por las mediciones realizadas en los distintos puntos de trabajo, se pudo comprobar que los niveles de iluminación en algunos lugares se comportan muy bajos en comparación con el valor establecido por el comité internacional de iluminación (C.I.E) esto se debe a la escasez de las lámparas y a la inadecuada distribución y selección de las mismas; por tal motivo proponemos un nuevo diseño de alumbrado.

Validación del Software

Para la determinación de los niveles medios apoyándonos en las mediciones tomadas, se realizaron los cálculos mediante los software de iluminación TROLL LITESTAR.5S3, 7.00, INDALWIN, FACALU RSL.

Para la comprobación de estos softwares se realizaron los cálculos manualmente para áreas determinadas y luego se ejecutaron con los recursos informáticos, al comprobar los resultados se determinó similitud entre ellos.

Simulación del sistema de iluminación actual.

Con los datos obtenidos a partir de las características físicas de la instalación, y la utilización del software, se realiza un estudio de diversos locales para tener una referencia de los niveles de iluminación existentes; con el objetivo de obtener los diferentes diagramas.

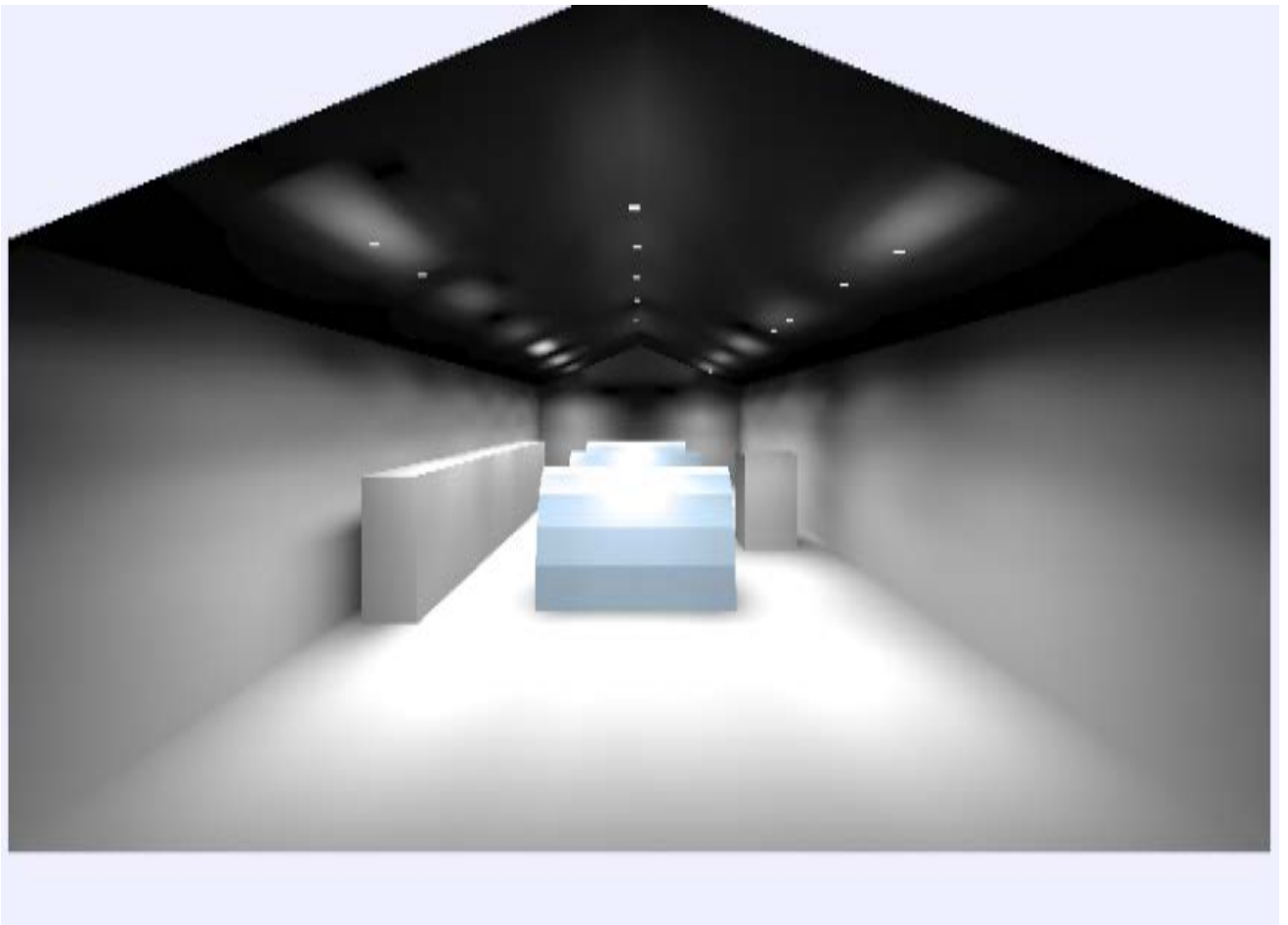


Fig. 2.13 Local Termoeléctrica actual

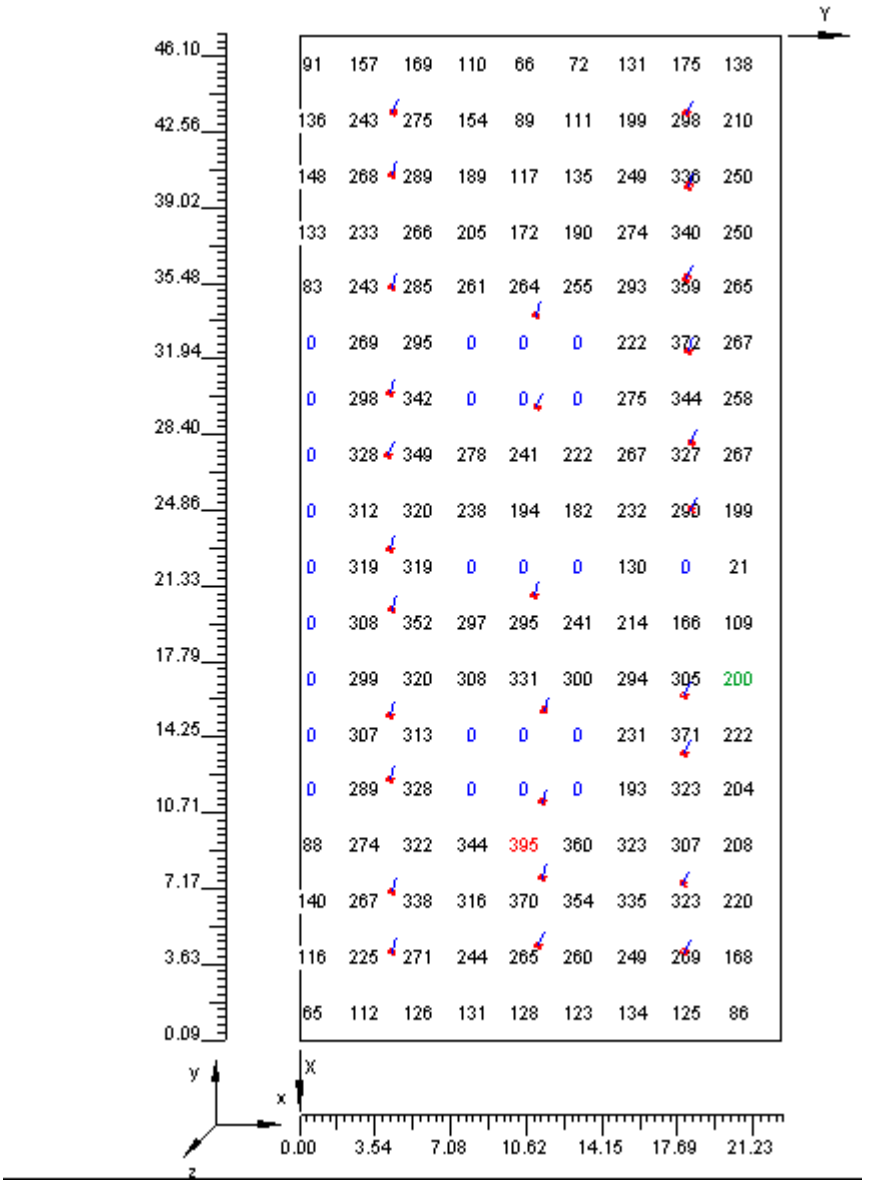


Fig. 2.14 Valores de Iluminancia sobre el plano de trabajo

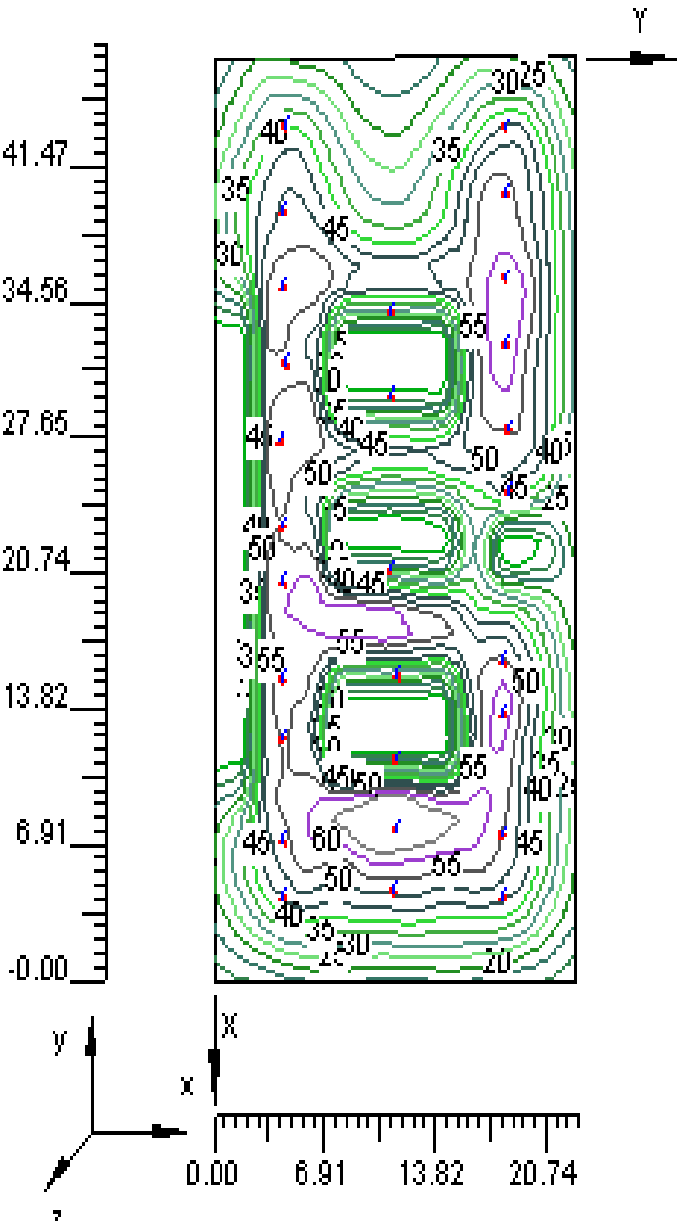


Fig. 2.15 Curvas de Isoluminancia sobre el suelo del cuarto

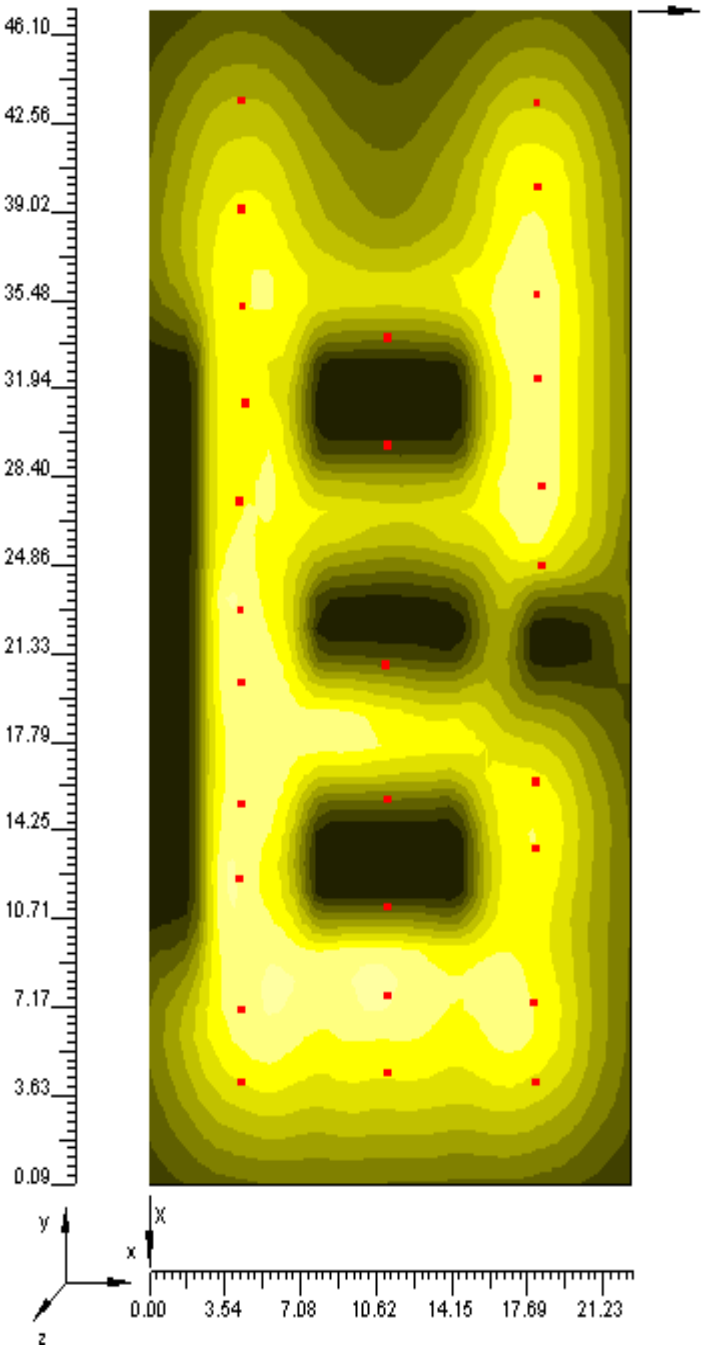


Fig. 2.16 Diagrama de luminancia sobre el suelo del cuarto

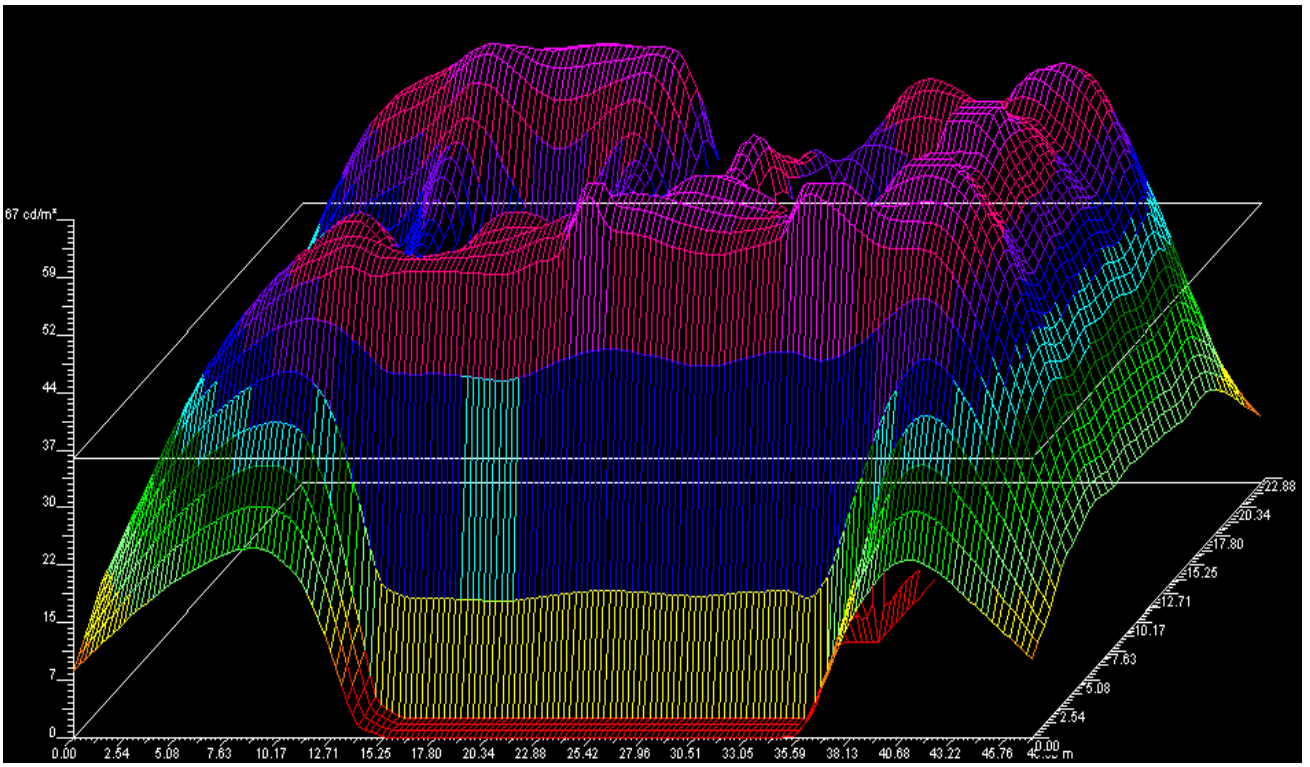


Fig. 2.17 Valores de iluminancia sobre el plano de trabajo

2.4 Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema de alumbrado actual.

- Con el levantamiento realizado en el sistema de iluminación de la instalación, se comprobó que las mayores dificultades del mismo son:
- Muy bajos niveles de iluminación en casi todos los locales y en las áreas interiores y exteriores.
- La falta de luminarias completas (ausencia de pantallas protectoras, etc.)
- Falta de lámparas y sustitución de las defectuosas.
- La disposición de las luminarias en algunos casos no es la adecuada.
- El uso de diferentes tipos de lámparas y luminarias para una misma instalación causando sombra y deslumbramiento.
- La altura de las lámparas en algunos casos no se corresponde con su flujo.

- El ángulo de inclinación de los proyectores en conjunto con la mala selección de las luminarias provoca deslumbramiento y contaminación lumínica.
- No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
- Lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.

2.5. Conclusiones.

En este capítulo se caracterizó el sistema de alumbrado de la termoeléctrica, Taller Eléctrica y Taller de Maquinado realizándose diversas mediciones, lo que permitió conocer los bajos niveles de iluminación existentes, debido a la deficiente distribución de las lámparas, mostrando la ineficiencia del sistema de iluminación instalado. Encaminado nuestro estudio al mejoramiento del mismo.

Capítulo III

Propuesta para reducir el consumo energía.

3.1 Introducción.

En este capítulo se pretende dar solución al problema existente en el sistema de alumbrado, tomando la variante más económica y factible. Se realizarán todos los cálculos en cuanto a valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras en la iluminación, donde intervienen la compra de accesorios como cables, torres y los elementos de fijación a estas, el costo de montaje y por último el de mantenimiento. Se reflejará de manera digital como deben quedar las oficinas y talleres iluminados después de haber cumplido con las recomendaciones sugeridas por el trabajo.

3.2. Propuesta para reducir el consumo de energía.

Precisamos por ello conocer, los tipos de lámparas y luminarias que vamos a emplear y los niveles de iluminación requeridos para establecer un balance adecuado entre estos dos elementos.

Es cierto, que los gustos personales de los usuarios y de los diseñadores del espacio arquitectónico, a veces, no son del todo coincidentes, pero también es cierto de que existen ciertas reglas básicas en el alumbrado con las cuales es posible organizar alumbrados de calidad (por la cantidad de luz, su idoneidad, etc.).

Para proponer la mejora del sistema de alumbrado de oficinas y talleres instalado, se realizará un estudio de los niveles de iluminación; así como, de recursos y costos, en ambos casos para escoger la variante correcta. Utilizando los software profesional

INDALWIN 4.0 y LITESTAR 5.S3, se realizarán todas las simulaciones de los diferentes locales.

Con la realización de este proyecto se garantiza el principal objetivo del sistema de alumbrado en la empresa, ya que proporciona una mejor visibilidad de las tareas en los distintos espacios.

3.3 Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.

Para la determinación de los niveles de iluminación, se deben tener varios criterios importantes pues, los locales de trabajo definidos con la ciencia de informática no necesitan igual iluminación, como en archivos, buró (carpeta) de recepción, conocemos los niveles medios en servicios actuales, se comprobó área por área por la norma cubana **NC ISO 8995/CIE S 008:2003** establecida y se realizaron los aumentos para cada local con la utilización de lámpara más eficiente con respecto al flujo luminoso y mayor rendimiento lm/W.

Dentro de las características a tener en cuenta tenemos:

- Vida útil del equipo (forma práctica).
- Tipo de luz emitida por el equipo
- Costo del equipo.
- Altura de montaje
- Área a iluminar

Para el ahorro se va a considerar:

- El Equipo de control de Iluminación propuesto, cuantos kWh se dejan de consumir por estar 1.30 horas de más encendido el sistema.
- Las lámparas más eficientes propuesta, cuantos kWh se dejan de consumir sí utilizaran lámparas menos eficientes. El Led de 90W, TUBO PL 2G11 LED T8-20W

Lámparas y luminarias seleccionadas.

Serie C1 PROYECTOR INDUSTRIAL CHIPLED 90W

Con las características siguientes:

- 85V -265V, 60 Hz, 90W.
- Flujo (lm) = 14630Lm - 16170Lm.
- Base E-40.
- Dimensiones (mm), 400x400x540mm
- Temperatura del color (Kelvin) = 2700K - 7000K
- Lumen/ Watt = 170.00.
- Tiempo de duración (horas) = ≥50000h.

Serie C1 PROYECTOR INDUSTRIAL CHIPLED 230W

Con las características siguientes:

- 85V -265V, 60 Hz, 230W.
- Flujo (lm) =23000Lm - 27600Lm.
- Base E-40.
- Dimensiones (mm), 400x400x610mm
- Temperatura del color (Kelvin) = 2700K - 7000K
- Lumen/ Watt = 110.00.
- Tiempo de duración (horas) = ≥50000h.

Fig. 3.1 Proyector industrial

TUBO PL 2G11 LED T8-20W.

- PL 2G11 T8-20W
- Diámetro 26 mm (rectilíneos).
- Temperatura de color 5000 K.
- Potencia: 20 W.
- Portalámparas: G-13.
- Longitud: 1200mm.
- Flujo luminoso: 2016 lm.
- Posición de funcionamiento: cualquiera.
- Tiempo de duración (horas) = ≥50000h.

Fig. 3.2 TUBO LED T8

3.4 Descripción de nuevos Equipos de Iluminación.

Para el ahorro de energía en los sistemas de iluminación no basta con la instalación de equipos de alta eficiencia, se debe complementar con equipos de control automático, por ejemplo sensores de presencia, timers o tableros de control, con los que se puede obtener hasta un 30% de ahorro en el consumo de energía.

Dispositivos de control.

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagándola cuando no se necesite. El equipo más sencillo para controlar el encendido y apagado de los equipos de iluminación son los interruptores, que van desde los más simples como los apagadores de pared o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio. Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación - compensación y de luz natural.

Control Automático.

Estos dispositivos pueden ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarias.

Control de iluminación.

El D3200 tiene todas las características básicas cubiertas para realizar los ajustes en la iluminación de la manera más fácil. El corazón del sistema es un atenuador compacto usado no sólo para la programación de diferentes escenarios sino también para ajustar de manera manual la iluminación del ambiente acorde a cualquier tarea o estado de ánimo.

Fig. 3.3 Controlador de iluminación

Características del D3200.

- Capaz de atenuar seis cargas internas dadas.
- Maneja incandescente, magnético bajo voltaje.
- Maneja 32 escenas.
- Relojes (Timers). La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como en sistemas de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten una programación para los 365 días del año y con ajustes para cada estación.

- Relojes que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Este tipo de dispositivos Maquinados se encuentran en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año.
- Relojes electrónicos que utilizan circuitos integrados, de bajo costo, alta precisión, que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos o más relevadores con diferentes horarios, por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica.

Sensores de Presencia.

- Estos tipos de dispositivos fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, debido a su alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación. Su funcionamiento es sencillo ya que mientras no detecte movimiento, no enciende las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación.
- Los modelos más eficientes requieren de que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.
- Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación.

Detector PIR (pasivo inflarojo): Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Con objeto de lograr total confiabilidad, algunas marcas integran además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.

Fig. 3.4 Detector PIR.

Detector ultrasónico: Son sensores de movimiento que utilizan el principio Doppler. Dado que la cobertura ultrasónica puede "ver" a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada. Las áreas con alfombra gruesa y materiales antiacústicos absorben el sonido y pueden reducir la cobertura. La eficiencia del sensor también puede verse alterada por el flujo excesivo de aire (provocado por aires acondicionados, ventiladores, calefacción, etc.)

Fig. 3.5 Detector dual.

Detector dual. La tecnología Dual combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección, dicha combinación permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.

Fig. 3.6 Detector dual PIR.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

- *Techo;* para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencia. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clases. Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas e iglesias.

Fig.3.7 OccuWistch Sensor de presencia y variador de flujo luminoso.

Pared. Este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe aportación de luz natural suficiente; sin embargo, no detectan el nivel de iluminación en el plano de trabajo.

Fig. 3.8 Sensor de presencia de pared.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas privadas, salones de clase, ciertas áreas de los aeropuertos y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

Criterios de instalación.

- En general, se recomienda considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto en el que considere instalar sensores de presencia:
- Ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
- Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente.
- Forma y dimensiones del área a controlar.
- Presencia de barreras u obstáculos.
- Ubicación del sensor.
- Tipo de sensor (PIR, ultrasónico).
- Ajuste de sensibilidad y tiempo.
- Mantenimiento (reemplazo de lámparas).

Foto sensores.

Estos dispositivos censan el nivel de iluminación y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control para después mandar una señal de control a los interruptores o dispositivos de dimeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminación de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

La ubicación de los fotosensores es un aspecto crítico que determina la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminación en el plano de trabajo (mantenimiento del nivel de lúmenes) o el de la fuente de luz natural (uso de luz natural y estrategia de adaptación-compensación.

Integración de las Estrategias de Control.

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas. En oficinas pequeñas los ahorros son mayores, ya que ahí trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor; las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

Las estrategias que involucran controles manuales están diseñadas para asegurarse de que los ocupantes realmente los utilicen, para lo cual se siguen las siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

- Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.
- La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.
- Los dimmers accesibles al usuario son otra oportunidad para el ahorro, pero este depende de la facilidad de uso de los dispositivos.
- Uso de la Luz Natural. Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementándola cuando la aportación natural disminuye.
- Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:
- Utilizar dimmers continuos para grandes áreas, donde una fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel mínimo necesario. Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastros de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.
- Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejan las lámparas o luminarias cercanas a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastros multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de

encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

Evaluando esta tecnología que en nuestro país no esta generalizado proponemos para nuestro nuevo sistema de iluminación:

- Detectores PIR.
- Sensor de techo.
- Sensor de pared.

Simulaciones de la nueva propuesta.

Como muestra de la propuesta del estudio en la siguiente imagen se representa la simulación del local Oficina de la secretaria del jefe de mantenimiento; en el cual se brinda como debe estar iluminado referido por la norma cubana de iluminación, teniéndose en cuenta los niveles de reflexión que existen en el mismo. Instalando un sistema de alumbrado que como esta que representamos se crea un confort agradable adecuado, cómodo sin deslumbramiento. Esto eleva el bienestar y la productividad del trabajador y la calidad del trabajo.

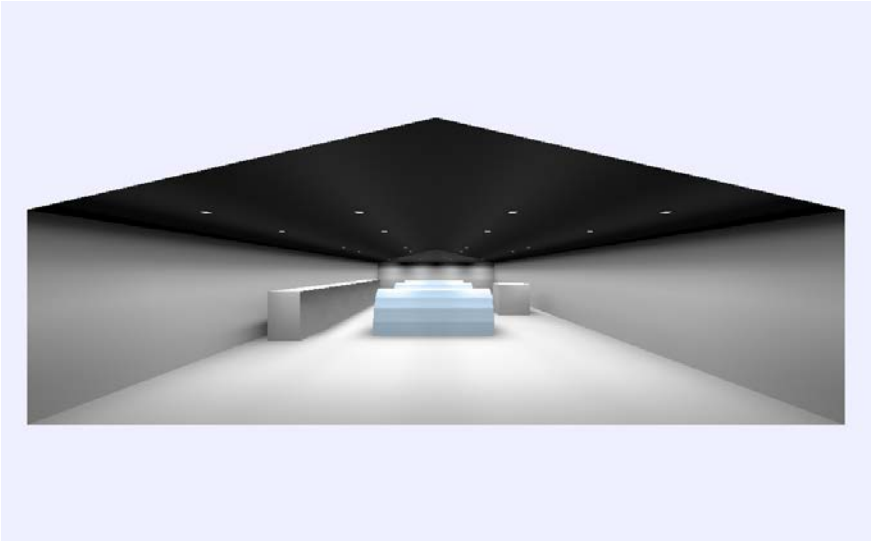


Fig. 3.10 Simulación del local Termoeléctrica.

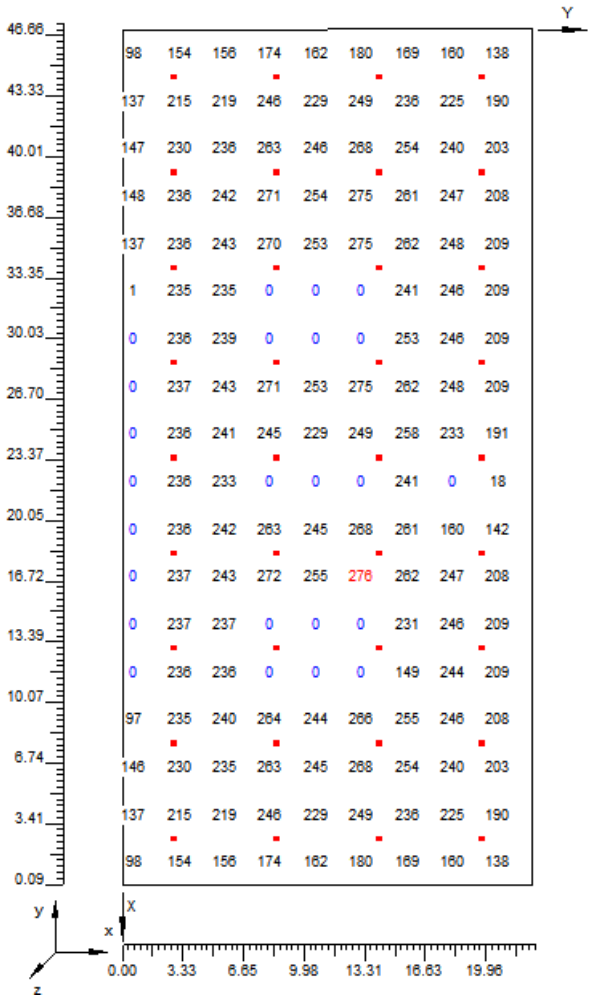


Fig. 3.11 Curva de distribución de la luminaria.

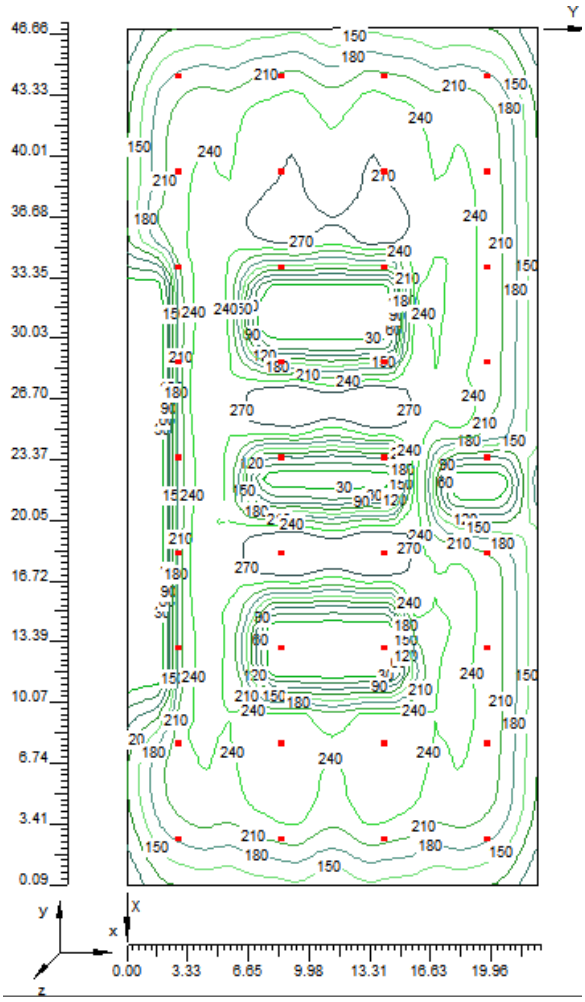


Fig. 3.12 Nivel de iluminación que se proyecto sobre el plano de trabajo.

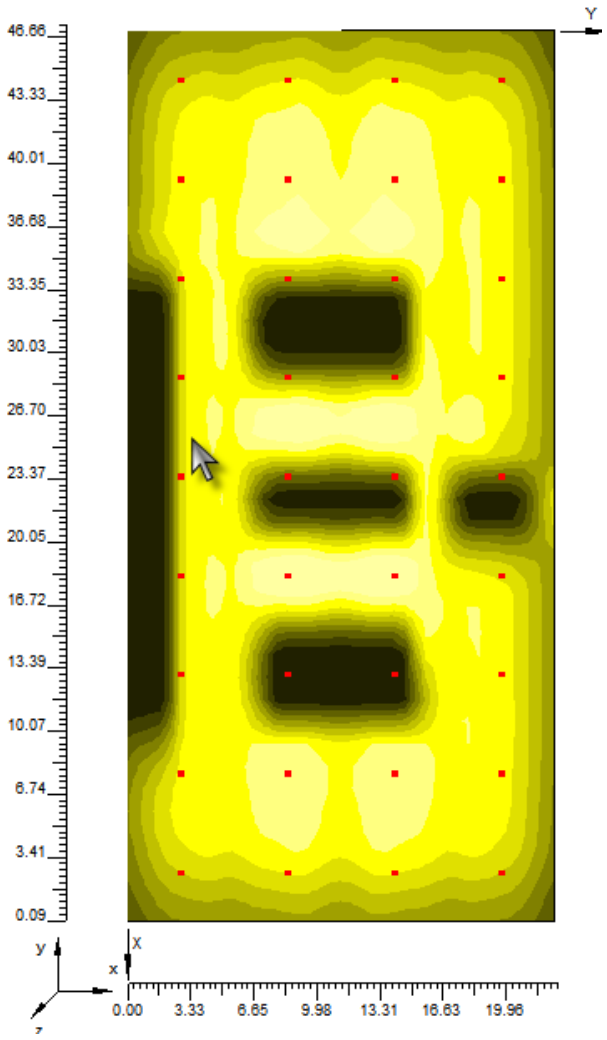


Fig. 3.13 Diagrama de iluminancia.

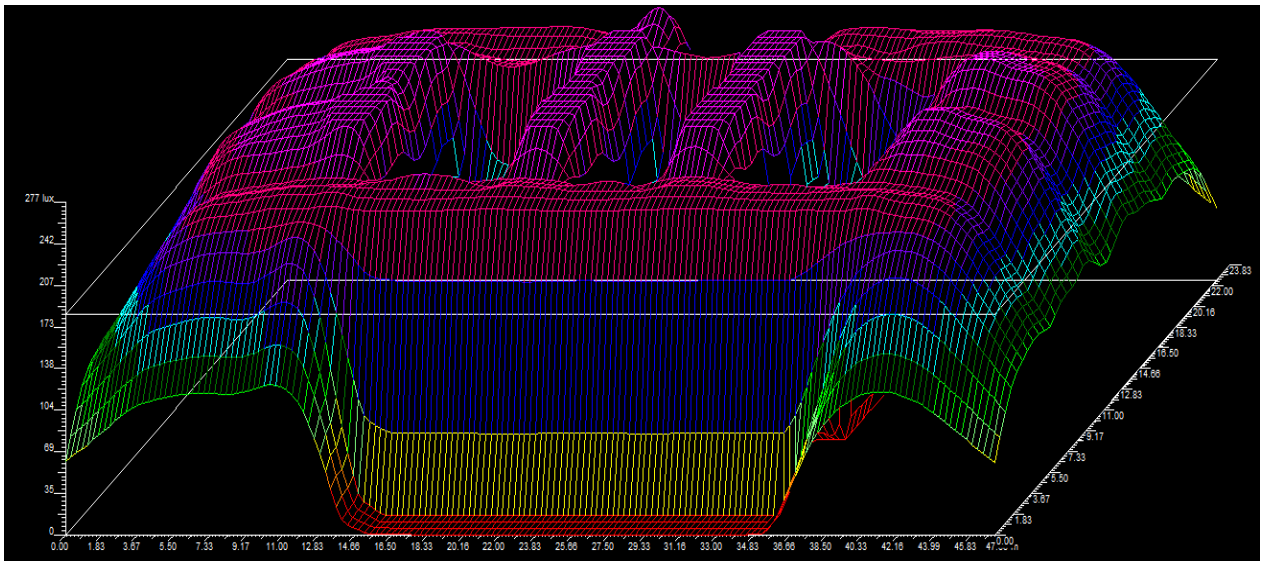


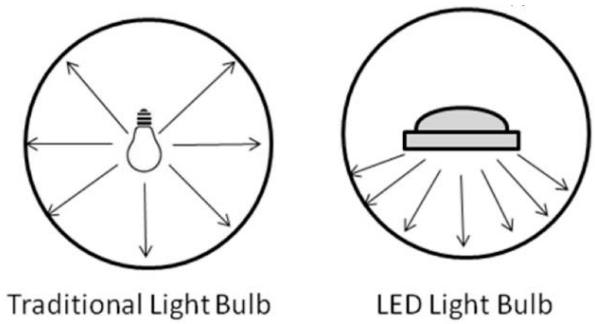
Fig. 3.14 Gráfico Tridimensional del punto de luz.

Tecnología LED

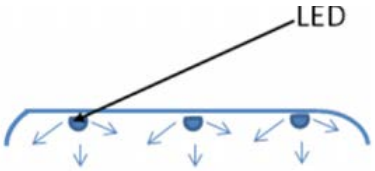
Los LED son dispositivos semiconductores en estado sólido que representan el futuro de la iluminación de energía eficiente. Desarrollado en la década de 1970, la tecnología LED ha recorrido un largo camino desde sus primeros usos en simples pantallas numéricas e indicadores luminosos, ampliándose a una vasta gama de aplicaciones nuevas y sofisticadas, incluida la iluminación general, la luminaria de infraestructura y de colores personalizados, la señalización, luces de tráfico, entre otras. Estas mejoras sustanciales en los últimos años hacen que la tecnología LED presente una notable ventaja sobre las tradicionales fuentes de luz incandescente, halógena y fluorescente.

Como el rendimiento ha mejorado y los costos de fabricación han disminuido, la iluminación LED se ha convertido en una solución económicamente viable en el mercado en general. Además, esta tecnología ofrece numerosas ventajas sobre las tradicionales fuentes de luz, como el ahorro en el consumo de energía, el cuidado del medio ambiente, la baja emisión de calor y la prolongada durabilidad. Estos beneficios están impulsando la rápida adopción de la iluminación LED en todo el mundo.

Las pérdidas debidas a la luz atrapada - Luz atrapado y la ineficiencia de reflexión son la primera fuente de menor potencia de luz de las lámparas tradicionales. Hasta que los LED no llegaron a existir, todos los focos producían luz en una esfera de 360 grados y la comparación era fácil. LED cambió todo eso con la posibilidad de dar dirección a la luz.



En una bombilla tradicional (incandescente, de metal halide, HPS, etc) una porción considerable de la emisión de luz se dirige hacia arriba. Esta luz debe ser reflejada hacia abajo. La eficacia del reflector, a su vez está determinado por la calidad de acabado, las condiciones de funcionamiento y la temperatura ambiente. La calidad de los reflectores y, por tanto, la cantidad de luz reflejada se degrada con el tiempo. La cantidad real de luz que sale de un aparato es, por tanto, considerablemente más bajo.



Una luz LED por el contrario tiene un perfil pequeño, varias fuentes de luz garantizan una mejor distribución de la luz. Toda la luz es producida y dirigida hacia abajo. No hay problemas de eficiencia en el reflector, el envejecimiento de la capa reflectora, ni de pérdida de la producción de luz.

Las pérdidas debidas a la cubierta y lentes - Lentes de vidrio y cubiertas son necesarias para dirigir la luz y para proteger la lámpara y los reflectores del polvo y otros daños. Tanto la luz LED como las luminarias tradicionales sufren de estas pérdidas.

Tabla 3 Comparación de las Lámparas convencionales con las lámparas LED

	Las Lámparas HPL	Lámparas LED
Luz de salida en lúmenes por vatios	100 lúmenes / vatios	100 – 150 lúmenes / vatios
Atrapado Luz	Hasta el 40%	Cero
Lúmenes disponible 1	50 a 70 lúmenes / vatio	100 -150 lúmenes / vatio
Debido a la pérdida de la cubierta de vidrio y lentes	20%	10%
Lúmenes disponible 2	38 a 54 lúmenes / vatio	90 - 140 lúmenes / vatio
Perdida de Balastro/Conductor	28%	8%
Eficiencia del Sistema	35 a 45 lúmenes / vatio	85 - 135 lúmenes / vatio
Vida Promedio	16000	≥ 50 000

RECOMENDACIONES GENERALES PARA AHORRAR ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMAS DE ILUMINACION

- Limpia periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.
- Apaga las luces que no necesites.
- Evalúa la posibilidad de utilizar luz natural, instalando calaminas transparentes o similares.
- Aprovecha este recurso, siempre que te brinde un nivel adecuado de iluminación.
- Usa colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Independiza y sectoriza los circuitos de iluminación, esto te ayudará iluminar sólo los lugares que necesitas.

- Evalúa la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación de tu empresa.

3.5 Valoración económica.

Después de realizar cualquier estudio energético se impone presentar las distintas medidas que permitan mejorar la explotación del sistema analizado. En este caso el resultado se centra en la eficiencia energética y el sistema de alumbrado de dicha empresa.

Se plantean dos opciones: reubicar las existentes (tecnología antigua) o instalar luminarias nuevas del tipo eficiente.

Se sugiere utilizar estas últimas por las siguientes razones:

1) Estas luminarias tienen una mucha mejor apariencia que las actuales, acorde con el cambio de imagen que se busca y con estos tiempos. Sí se desea una adecuada efectividad del sistema de iluminación, sería bueno aprovechar para cambiar las luminarias que estéticamente son mucho mejores y dan mayor confort visual. En cinco años, quizá, acorde con la modernización de la empresa y la necesidad mundial de ahorro energético, estas luminarias viejas se verán anticuadas, no acordes con una empresa que utiliza últimas tecnologías.

2) La inversión a realizar en la adquisición de las mismas se recuperará en aproximadamente 2 años, generando a partir de ese momento ahorros por 35 742 CUC en un año, ya que estas son más energéticamente eficientes que las existentes, disminuyendo el monto mensual de la facturación de energía eléctrica.

3) Las luminarias existentes tienen ya una vida de más de 8 años. Debe dedicarse más horas hombre en el mantenimiento, cambio de balastos y sustitución de tubos, en comparación que las nuevas, generando ahorro en mano de obra y disminuyendo molestias a los empleados al momento de dañarse una lámpara. Las luminarias Led no usan balastos electrónicos por lo que no hay consumos por este. Los nuevos tubos

durarán más del doble que los existentes. Las luminarias viejas quizá podrían mantenerse para ayudar con la inversión en las nuevas lámparas.

3.5.1 Cálculos de Ahorro y Tiempo de Recuperación de la Inversión

Ahorro por consumo:

Una lámpara eficiente de las nuevas con balasto electrónico, 2 tubos de 32W c/u consume 66,66 W.

Una lámpara T8 Fluor SMD. Transparente Led consume 20W

86 luminarias existentes x 66.66 W x 8 horas/días x 30 días = 1.375 MWh.

86 luminarias nuevas x 40 W x 8 horas/días x 30 días = 0.825 MWh

Con una diferencia de 0.55 MWh.

137 lámparas viejas x 250 W x 8 horas/días x 30 días = 8.22 MWh.

95 Lámpara nuevas x 90 W x 8 horas/días x30 días = 2.052 MWh.

Con una diferencia de 6.17 MWh.

26 lámparas viejas x 400 W x 8 horas/días x 30 días = 2.49 MWh.

32 Lámpara nuevas x 90 W x 8 horas/días x30 días = 0.691 MWh.

Con una diferencia de 1.79 MWh.

La diferencia Total de 8.53 MWh.

Expresado en 2 978.5 CUC Mensual.

Ahorro anual en 35 742 CUC

Taller Eléctrico……33 Lámparas de 90 W

Taller de Maquinado…… ..62 Lámparas de 90 W

Termoeléctrica……32 Lámparas de 90 W

Selección de las variantes

Evaluación del costo y los recursos a utilizar en las mejoras del sistema de alumbrado.

Variante I.

Tabla 3.2 Lista de materiales (variante I).

Tiempo de Amortización

T Amortización = Costo de la inv. / Ahorro en el año.

= 70 811 / 35 742

= 2 años.

Variante II.

Tabla 3.3 Lista de controladores (variante II).

Recursos	**U**	**Precio unitario (C.U.C)**	**Cantidad**	**Total**
Lámparas T8 Fluor SMD. Transparente Led 20 W	U	$ 87	172	**$15 312**
Serie C1 PROYECTOR INDUSTRIAL CHIPLED 90 W	U	$437,00	127	**$55 499**
Sensor de presencia de techo.	U	**$** 79.78	28	**$ 2233,84**
Sensor OccuSwitch	U	**$** 125	32	**$ 4000**
Total				**$77 034**

Tiempo de Amortización

T amortización = Costo de la inversión / Ahorro en el año.

= 77 034/ 35 742

= 2.1 años.

La variante más efectiva.

Como hemos podido observar la variante más efectiva es la variante I ya que tiene una amortización rápida y costo de la inversión es mucho menor que el de la segunda variante. La primera variante resulta más económica aunque no alcance a la segunda

en cuanto a eficiencia y controladores que estos hacen que se reduzca la energía consumida, por lo tanto consideramos que debe ser la alternativa a utilizar.

3.6 Conclusiones.

En este último capítulo se propuso de manera práctica la solución a las principales dificultades encontradas en el sistema de iluminación priorizando la insuficiente iluminación de los locales. Se dejaron bien claras transformaciones a realizar para elevar los niveles medios de iluminación en servicio en toda la Empresa, así como, los equipos a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado, sin dejar pasar por alto el costo económico y el ahorro de energía que proporcionaría.

Recomendaciones

Conclusiones Generales.

En nuestro trabajo de diploma se realizó un estudio de las características y condiciones del sistema de alumbrado instalado en la empresa Pedro Soto Alba llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se mejorará el nivel de iluminación de la instalación a partir del incremento del número de luminarias con una correcta distribución y selección.

2. Se determinó que los niveles de iluminación no cumplen con las normas de seguridad establecida, la inadecuada selección de las luminarias, así como la escasez y mala distribución de las mismas.

3. Para la simulación de los locales se utilizaron los software TROLL LITESTAR 5.3S,700, INDALWIN, FACALU RSL, permitiendo alcanzar los valores establecidos por las NC ISO.

4. Se brinda un procedimiento general para el estudio de instalaciones de sistemas de alumbrado en interiores que permite un análisis integral de los aspectos cuantitativos cualitativos y económicos.

5. Se ofrece una metodología práctica para la evaluación técnica-económica y cualitativa preliminar de las variantes de fuentes luminosas que conlleva a la obtención de la más racional, a partir de la iluminación con led.

6. El tiempo de amortización de la inversión de las dos Variantes es menor de dos años y medio haciéndose factibles las propuestas.

Recomendaciones

1. Que se evalué por parte de la Dirección los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.

2. Utilizar los resultados de este trabajo para la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

Bibliografía

1. Alemany Barreras, A. Climatología, iluminación y acústica. Aplicación en la arquitectura. ISPJAE. Departamento de ediciones. 1986.
2. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar Exteriores – Universidad Iberoamericana México- 1995.
3. ATKIN, Brian (edit) (1988). **Intelligent buildings:** applications of IT and building automation to high technology construction projects**,** NewYork, John Wiley & Sons.
4. Catálogo de iluminación Effere (1995).
5. Catálogo General de iluminación Indalux 2002.
6. Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
7. Catálogo general de iluminación PHILPS (1997)
8. Catálogo General de Lámparas y Equipos, (1998/1999/2000)
9. Catálogo de Lámparas. Silvana, (2000)
10. Catálogo (2001) Sluz
11. Catalogo Philips tarifa. 2013
12. Comisión Internacional de Iluminación. Cálculos para Iluminación Interior. Método Aplicado. Publicación de la CIE 52 (1982).
13. Comisión Internacional de Iluminación. Guía de Iluminación Interior. Publicación de la CIE 29.2 (1986).
14. Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
15. Contaminación lumínica .http//www 14.brinkster.com./luminica/.(1998).
16. Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa (2002). Odalis Robles Laurencio.
17. Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales.
18. Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.
19. Feijó Muñoz, J. Instalaciones de iluminación en la arquitectura.
20. Vela Sánchez A., Garrido Vázquez J. Sistema eléctrico para lámparas de descarga

Referencias Bibliográficas

21. FEODOROV; RODRIGUEZ LÒPEZ, EDUARDO. Suministro eléctrico de empresas industriales. La Habana Pueblo y Educación, 1982.
22. Ferreiro, Mason, P Ahorro de Energía Eléctrica en Iluminación.
23. Ferrero Andréu, LI. Optimización de la Eficiencia Energética en Iluminación.
24. Figueroa Oscar. Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna 2004.
25. GERARD, Allan & ASH, Joel (1990). **Premises Wiring for the Information Age,** Computer Technology Research Corp.
26. GONZALEZ JORDAN, R.; Ahorro de energía en Cuba. La Habana: Editorial científico – técnica, 1986.
27. GOUIN, Michelle D. & CROSS, Thomas B. (1986). **Intelligent buildings: strategies for technology and arquitecture,** Dow Jones-Irwin.
28. Hidalgo Pérez Omar.Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002.
29. **IBI Newsletter** (1993).The Intelligent Building Institute, volumen 2, Nº 3, Junio.
30. Iluminating Engeniering Society of North America; Lighting Handbook. Reference and Application;
31. Información y Tecnología. Domótica; La Casa Inteligente de Premià de Mar; InstitutCataläd'Energia 1992. ISBN: 84-393-1915-0.
32. J.I. Urraca Piñeiro: Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.
33. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Alumbrado Westinghouse.1986.
34. Manual de electricista Axa Monterrey.
35. Manual de Procedimiento para el Diseño y Cálculo de una Instalación de Alumbrado. Centros de Proyectos del Níquel. 1999.
36. MARTINEZ Jorge L; Control de Procesos Industriales; Universidad de Málaga 1996.
37. Masorra, Jironella (1986).Suministro Eléctrico Industrial.
38. Norma Cubana. Compatibilidad electromagnética (EMC). Parte 6. NC IEC 61000-6:2003.
39. Norma Cubana. *Iluminación de puesto de trabajo en interiores*. NC ISO 8995/CIE S 008:2003.

Referencias Bibliográficas

40. Norma Cubana. Requisitos de diseño para la eficiencia energética—parte 3: Sistemas y equipamiento de calefacción, ventilación y aire acondicionado.NC-TS 220-3: 2005.
41. Oportunidades de Proyectos MDL en Cuba.2003.
42. Osram; Iluminación y Ahorro de Energía. Conceptos Compatibles; Osram 1996.
43. Papel Central que la Iluminación juega en Ferias. http://www.ctio.noao.edu/lightpollution/1999.
44. Pavón Herrera, S.; Marisma Frómeta,Y. Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Gabriel Hernández Ramírez, tutor. Trabajo de Diploma Moa 2007.
45. Cabrera Y, George Análisis D. del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005. Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico presentó el análisis y propuesta de mejora del sistema de alumbrado de las avenidas principales del municipio Moa.
46. Philips Lighting Ibérica 1995.
47. Philips Lighting Ibérica; Catálogo Alumbrado Interior y Decorativo Profesional 1998/1999; Philips Lighting Ibérica 1998.
48. Proyecto D.I.P.; Estudio de Mercado sobre la Domótica. Fondo de Formación Asturias. 2.091/97.
49. REDONDO QUINTERO, F.; GARCIA ARÉVALO, J. M; N. REDONDO MELCHOR.; Desequilibrio y pérdidas en instalaciones eléctricas. [En línea] [2003-01-09].
50. Representación de las Características luminosas de las Lámparas y Luminarias 2002.
51. Robles Laurencio O. Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002.
52. Simón; Manual Técnico de Instalación Vivienda Inteligente Simón; Simón 1996.
53. Téllez Ramírez Eugenio, Distorsión Armónica. 2006
54. Urraca Piñeiro, J.I. Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.
55. Vela Sánchez, A.; Garrido Vázquez, J.J. Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Instalaciones de alumbrado.

Sítios Webs visitados:

http://www.clefer.com/2007

www.ctio.nao.edu/light pollution/1999.

http://www.octanorm.es/silumina.htm.2000.

http://www.stilar.Net.

http:www.cepri.cl/iku.1998.

http://www.energuia.com 1995.

http://www.energuia.com 1999.

www.domodesk.com.

http://www.ca21.com/2007

http://www.atpiluminacion.com/2008

www.eiba.com.

www.inty.com.

www.dinitel.es.

www.camba.com.

www.Isde-ing.com

CD-ROM

Domótica. D.I.P. CD-ROM.

Catálogo Philips Alumbrado 99. CD-ROM.

Catálogo interactivo de series de empotrar Merten. CD-ROM

.

Anexos

Anexo 1 Mediciones del Taller Eléctrico.

	Ia	Ib	Ic	: Vab	Vbc	Vca	P3	Q3	S3	Fp	F	THD: Ia	THD: Ib	THD: Ic	THD: Van	THD: Vbn	THD: Vcn
No	(A)	(A)	(A)	(V)	(V)	(V)	(kW)	(kvar)	(KVA)	()	(Hz)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	7	44	55	442	443	448	21.97	6.14	22.80	0.96	59.92	5.8	6.9	6.0	1.8	1.8	1.8
2	7	45	55	444	445	449	22.13	5.49	22.80	0.97	59.93	6.2	6.5	6.6	1.8	1.7	1.8
3	6	38	48	444	444	449	18.55	5.07	19.22	0.97	59.93	8.8	7.4	6.3	1.8	1.8	1.8
4	6	35	44	446	446	450	17.13	6.06	18.16	0.94	59.91	7.4	8.4	8.5	1.9	1.8	1.9
5	6	29	37	444	446	450	14.22	5.42	15.22	0.93	59.92	8.0	10.5	9.8	1.8	1.8	1.8
6	6	32	40	445	445	449	15.42	6.53	16.74	0.92	59.92	7.5	8.9	8.4	1.9	1.8	1.7
7	6	31	40	444	444	448	15.77	3.91	16.25	0.97	60.07	8.0	7.5	7.1	1.8	1.7	1.7
8	6	32	41	444	443	447	16.02	3.43	16.38	0.98	59.98	8.2	8.5	8.1	1.8	1.7	1.7
9	6	34	44	443	443	447	17.09	3.83	17.51	0.98	59.94	9.1	9.7	8.8	1.8	1.7	1.9
10	6	33	42	442	442	447	16.25	3.31	16.57	0.98	60.02	8.1	10.4	9.6	2.0	1.7	1.9
11	6	32	41	444	442	447	16.11	3.49	16.48	0.98	60.08	8.1	10.1	9.2	1.7	1.8	1.8
12	6	30	39	444	442	447	15.34	3.19	15.66	0.98	60.09	8.8	11.1	9.8	1.7	1.7	1.8
13	6	35	44	444	443	448	17.20	3.90	17.63	0.98	60.07	8.8	9.1	8.6	1.8	1.7	1.8
14	6	37	46	443	442	447	17.89	4.12	18.36	0.97	59.97	8.3	8.4	7.8	1.8	1.5	1.8
15	6	33	42	443	442	446	16.24	3.79	16.67	0.97	59.91	8.3	10.2	9.2	1.9	1.9	1.9
16	5	33	42	443	441	446	16.12	3.60	16.51	0.98	60.04	8.6	9.8	8.9	1.9	1.8	1.8
17	5	33	42	442	442	447	16.10	3.26	16.42	0.98	60.02	8.7	10.1	9.3	1.9	1.8	1.9
18	5	32	41	443	442	447	15.99	3.53	16.37	0.98	60.10	8.9	10.5	9.3	1.8	1.7	1.8
19	5	29	37	443	442	447	14.46	2.68	14.70	0.98	60.04	8.7	12.0	10.9	1.9	1.9	1.8
20	6	34	43	443	441	447	16.85	3.61	17.23	0.98	60.03	9.2	9.2	8.5	1.9	1.9	2.0
21	6	34	43	442	442	447	16.80	4.13	17.30	0.97	59.97	7.7	9.2	8.5	1.9	1.8	1.8
22	6	30	39	442	442	446	15.33	3.26	15.67	0.98	59.93	8.1	11.1	9.8	1.9	1.8	1.9
23	6	32	41	443	442	448	16.09	3.29	16.42	0.98	59.96	8.4	10.1	9.4	1.8	1.8	1.8
24	6	31	40	443	443	447	15.58	3.44	15.95	0.98	59.98	8.3	11.1	9.7	1.9	1.8	2.0
25	6	29	38	443	442	447	14.80	2.98	15.10	0.98	60.00	8.2	12.0	10.8	1.8	1.9	1.9
26	6	33	43	447	447	451	16.73	3.66	17.12	0.98	60.03	7.9	9.9	9.2	2.0	1.9	2.0
27	6	34	43	448	446	452	17.00	4.19	17.50	0.97	59.93	8.4	9.2	8.9	1.9	1.9	1.9
28	6	32	41	447	446	451	16.21	4.01	16.70	0.97	59.97	8.4	9.9	9.3	1.9	1.8	1.9
29	6	34	44	447	447	452	17.04	4.00	17.50	0.97	60.06	7.9	9.2	8.3	1.9	1.7	1.9
30	6	36	46	447	446	451	17.75	4.57	18.32	0.97	59.90	7.4	8.5	8.1	1.8	1.7	1.9
31	6	30	39	446	445	449	15.24	3.46	15.62	0.98	60.04	8.7	11.3	10.1	1.8	1.8	1.8
32	5	30	39	445	444	450	15.09	2.90	15.37	0.98	60.07	8.6	11.5	10.2	1.9	1.8	1.8
33	6	30	39	446	446	451	15.17	3.01	15.47	0.98	60.01	7.9	11.9	10.6	1.8	1.8	1.8
34	6	28	37	446	446	450	14.48	2.98	14.78	0.98	60.02	8.2	12.6	11.1	1.9	1.9	1.9
35	6	28	37	446	445	450	14.55	2.51	14.76	0.99	60.04	8.1	12.3	11.1	1.8	1.8	1.9
36	6	28	37	446	445	450	14.35	3.02	14.66	0.98	59.95	8.1	12.6	11.2	1.9	1.8	1.9
37	6	30	39	446	445	451	15.10	3.51	15.49	0.97	59.91	8.2	11.4	10.6	1.9	1.8	2.0
38	6	30	39	446	446	450	15.38	3.06	15.68	0.98	59.92	9.1	11.4	10.2	1.9	1.9	1.8
39	6	28	37	446	445	451	14.45	3.03	14.76	0.98	59.96	7.3	12.4	11.2	1.9	1.9	1.9
40	6	32	41	446	444	450	15.78	3.90	16.25	0.97	59.96	8.5	10.6	9.4	1.9	1.8	1.9
41	6	32	41	446	445	450	16.16	3.49	16.53	0.98	59.99	8.2	10.1	9.1	1.8	1.8	1.8

Anexos

Anexo 2 Mediciones en la Termo lado derecho

	Ia	Ib	Vab	Vbc	Vca	P3	Q3	S3	Fp	F	THD: Ia	THD: Ib	THD: Van	THD: Vbn
No	(A)	(A)	(V)	(V)	(V)	(kW)	(kvar)	(KVA)	()	(Hz)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	19	19	235	117	117	4.54	-0.59	4.57	-0.99	59.87	11.2	11.4	1.8	1.9
2	19	19	235	117	117	4.54	-0.63	4.58	-0.99	59.89	11.4	11.4	1.9	1.7
3	19	19	235	117	117	4.55	-0.65	4.59	-0.99	59.90	11.1	11.4	1.9	1.7
4	19	19	235	117	117	4.54	-0.61	4.58	-0.99	59.90	11.3	11.3	2.0	1.8
5	19	19	235	117	117	4.55	-0.65	4.59	-0.99	59.90	11.0	11.3	2.0	1.9
6	19	19	235	117	117	4.55	-0.61	4.58	-0.99	59.91	11.0	11.4	1.9	1.9
7	19	19	235	117	117	4.55	-0.68	4.59	-0.99	59.91	11.3	11.5	1.9	1.9
8	19	19	235	117	117	4.55	-0.61	4.59	-0.99	59.91	11.1	11.1	1.9	1.9
9	19	19	235	117	117	4.55	-0.61	4.59	-0.99	59.89	10.9	11.1	1.8	1.9
10	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.88	11.5	11.3	1.8	1.9
11	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.89	11.6	10.9	1.8	1.8
12	19	19	235	117	117	4.55	-0.68	4.59	-0.99	59.89	11.3	10.9	1.9	1.5
13	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.90	11.3	10.9	1.9	1.9
14	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.90	10.8	11.1	1.9	1.7
15	19	19	235	117	117	4.55	-0.61	4.58	-0.99	59.91	11.2	11.5	1.8	1.9
16	19	19	235	117	117	4.56	-0.63	4.59	-0.99	59.94	11.2	11.2	1.9	1.9
17	19	19	234	117	117	4.55	-0.65	4.59	-0.99	59.93	11.1	11.1	1.9	1.8
18	19	19	235	117	117	4.55	-0.67	4.59	-0.99	59.93	11.2	11.5	2.0	1.9
19	19	19	235	117	117	4.56	-0.65	4.60	-0.99	59.90	11.1	11.5	1.9	1.8
20	19	19	235	117	117	4.55	-0.68	4.59	-0.99	59.91	11.1	11.1	1.8	1.9
21	19	19	235	117	117	4.55	-0.67	4.59	-0.99	59.90	11.1	11.2	1.8	1.8
22	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.92	11.2	11.3	1.8	1.9
23	19	19	235	117	117	4.56	-0.65	4.60	-0.99	59.95	11.3	11.1	1.8	1.9
24	19	19	235	117	118	4.57	-0.60	4.60	-0.99	59.95	11.2	11.2	1.9	1.8
25	19	19	235	117	117	4.55	-0.65	4.58	-0.99	59.92	11.0	11.2	2.0	1.8
26	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.59	-0.99	59.91	11.0	11.3	2.0	1.9
27	19	19	235	117	117	4.55	-0.63	4.58	-0.99	59.91	11.1	11.1	1.9	1.9
28	19	19	235	117	117	4.56	-0.63	4.59	-0.99	59.93	11.0	11.2	1.9	2.0
29	19	19	235	117	117	4.57	-0.63	4.60	-0.99	59.94	11.3	11.3	1.9	2.0
30	19	19	235	117	117	4.55	-0.67	4.59	-0.99	59.94	11.2	11.2	1.9	1.8
31	19	19	235	117	117	4.56	-0.67	4.60	-0.99	59.95	11.2	11.3	1.9	1.8
32	19	19	235	117	118	4.56	-0.61	4.60	-0.99	59.93	11.1	11.3	2.0	1.8
33	19	19	235	117	117	4.56	-0.63	4.59	-0.99	59.92	11.1	11.3	1.9	1.8
34	19	19	235	117	117	4.57	-0.60	4.60	-0.99	59.96	11.2	11.2	1.9	1.8
35	19	19	235	117	118	4.57	-0.65	4.61	-0.99	59.99	11.2	11.2	1.8	1.8
36	19	19	235	117	118	4.57	-0.63	4.60	-0.99	59.95	11.0	11.2	1.8	1.8
37	19	19	235	117	117	4.56	-0.61	4.60	-0.99	59.93	11.3	11.3	1.8	1.8
38	19	19	235	117	117	4.56	-0.67	4.60	-0.99	59.93	11.0	11.1	1.9	1.8
39	19	19	235	117	118	4.57	-0.63	4.60	-0.99	59.92	11.0	11.1	2.0	1.9
40	19	19	234	117	117	4.55	-0.68	4.59	-0.99	59.92	11.0	11.2	1.9	1.9

Anexos

Anexo 3 Mediciones en la Termo lado Izquierdo

	Ia	Ib	Vab	Vbc	Vca	P3	Q3	S3	Fp	F	THD: Ia	THD: Ib	THD: Van	THD: Vbn
N°	(A)	(A)	(V)	(V)	(V)	(kW)	(kvar)	(KVA)	()	(Hz)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	19	19	235	117	117	4.51	-1.17	4.65	-0.97	59.89	11.5	11.5	1.7	1.8
2	19	19	235	117	117	4.50	-1.19	4.66	-0.97	59.89	11.3	11.6	1.7	1.8
3	19	19	235	117	117	4.50	-1.19	4.66	-0.97	59.89	11.3	11.6	1.8	1.7
4	19	19	235	117	117	4.50	-1.18	4.64	-0.97	59.89	11.3	11.8	1.8	1.7
5	19	19	235	117	117	4.50	-1.19	4.66	-0.97	59.89	11.7	12.0	1.7	1.7
6	19	19	235	117	117	4.50	-1.19	4.66	-0.97	59.90	11.6	11.6	1.7	1.7
7	19	19	235	117	117	4.50	-1.22	4.66	-0.97	59.91	11.6	11.4	1.7	1.8
8	19	19	234	117	117	4.49	-1.23	4.65	-0.97	59.92	11.4	11.4	1.9	1.7
9	19	19	235	117	117	4.50	-1.19	4.66	-0.97	59.92	11.4	11.5	1.9	1.8
10	19	19	235	117	117	4.51	-1.18	4.66	-0.97	59.93	11.3	11.6	1.8	1.8
11	19	19	235	117	117	4.51	-1.20	4.66	-0.97	59.94	11.3	11.7	1.8	1.8
12	19	19	235	117	117	4.51	-1.21	4.67	-0.97	59.94	11.4	11.5	1.8	1.8
13	19	19	235	117	117	4.50	-1.20	4.66	-0.97	59.94	11.3	11.4	1.9	1.7
14	19	19	235	117	117	4.51	-1.19	4.66	-0.97	59.95	11.3	11.4	1.8	1.7
15	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.67	-0.97	59.96	11.4	11.5	1.8	1.7
16	19	19	235	117	117	4.51	-1.18	4.66	-0.97	59.97	11.3	11.6	1.8	1.7
17	19	19	235	117	117	4.52	-1.20	4.67	-0.97	59.96	11.2	11.3	1.8	1.7
18	19	19	235	117	117	4.51	-1.20	4.66	-0.97	59.96	11.5	11.5	1.8	1.7
19	19	19	235	117	117	4.52	-1.20	4.67	-0.97	59.98	11.4	11.5	1.8	1.7
20	19	19	235	117	117	4.51	-1.24	4.67	-0.97	59.98	11.4	11.4	1.7	1.7
21	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.67	-0.97	59.99	11.3	11.7	1.8	1.7
22	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.67	-0.97	59.99	11.3	11.5	1.7	1.7
23	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.67	-0.97	60.00	11.3	11.4	1.7	1.7
24	19	19	235	117	117	4.52	-1.21	4.67	-0.97	60.00	11.4	11.5	1.8	1.7
25	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	60.00	11.2	11.5	1.8	1.7
26	19	19	235	117	117	4.52	-1.20	4.68	-0.97	60.01	11.2	11.5	1.7	1.7
27	19	19	235	117	117	4.52	-1.20	4.68	-0.97	60.01	11.3	11.4	1.7	1.7
28	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	60.00	11.3	11.6	1.8	1.7
29	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	60.00	11.5	11.8	1.7	1.7
30	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	59.99	11.6	11.5	1.7	1.7
31	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	59.99	11.3	11.6	1.7	1.7
32	19	19	235	117	117	4.53	-1.19	4.68	-0.97	59.99	11.3	11.6	1.7	1.7
33	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	59.99	11.3	11.5	1.8	1.7
34	19	19	235	117	117	4.52	-1.21	4.68	-0.97	59.99	11.3	11.3	1.8	1.7
35	19	19	235	117	117	4.52	-1.18	4.67	-0.97	60.00	11.2	11.4	1.8	1.7
36	19	19	235	117	117	4.53	-1.19	4.68	-0.97	60.00	11.5	11.5	1.8	1.7
37	19	19	235	117	117	4.52	-1.20	4.68	-0.97	59.99	11.4	11.5	1.8	1.7
38	19	19	235	117	117	4.52	-1.19	4.68	-0.97	60.00	11.5	11.6	1.8	1.7
39	19	19	235	117	117	4.52	-1.21	4.68	-0.97	59.99	11.2	11.6	1.8	1.8

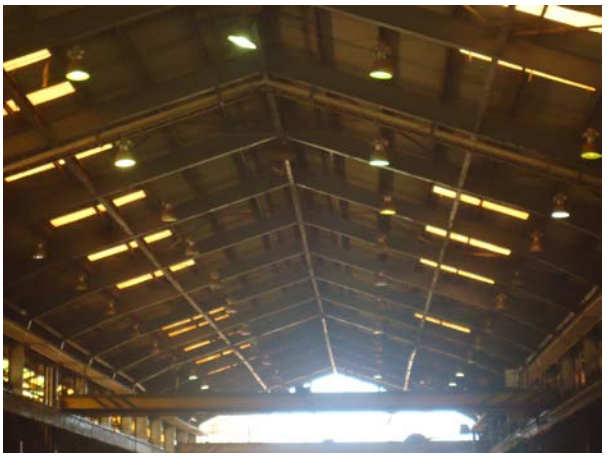
Anexo 4 Levantamiento

Termoeléctrica								
Lugar	N° de Luminarias	Lámparas	Potencia	Largo	Ancho	Alto	H de Montaje	Em. lux
Cuarto de control	18	36	32	14.80	7.64	3.37	3.37	230
Energético	4 2	8 4	32 40	6.25	5	3.20	3.20	200
Sala de maquinas	26	26	400	47	22.5	8.46		95
Taller de Maquinado								
Oficinas del 1er Piso								
J´ Brigada de Maquinados	2	4	32	6	5	3.20	3.20	250
Ing. Mantenimiento	2	4	32	2	2.05	3.20	3.20	300
	11	2	32	14.5	6.30	3.20	3.20	300
	9	18	32	5.90	5.80	3.20	3.20	160
	2	4	32	4.50	4.30	3.20	3.20	320
	2	4	32	4.50	4.30	3.20	3.20	240
	2	4	32	3.50	2.15	3.20	3.20	350
Tecnología	6	12	32	6.60	6	3.20	3.20	360
Oficinas del 2do Piso								
Baño	2	4	32	4.60	2.90	3.20	3.20	200
Lubricación	2	4	32	4.60	2.90	3.20	3.20	340
Brigada de Montaje	2	4	32	4.60	2.90	3.20	3.20	230
Programación	2	4	32	4.60	2.90	3.20	3.20	300
Palería	2	4	32	4.60	2.90	3.20	3.20	250
Área de Maquinado	92	92	250-400	110	17.5	11	8.80	320
Taller Eléctrico								
Secretaria	3	6	32	4.6	3	3.20	3.20	200
J´ Taller	3	6	32	4.6	3	3.20	3.20	320
2do.j´ Taller	2	4	32	4	3	3.20	3.20	250
Quezada	2	4	32	4	3	3.20	3.20	310
Breakers	6	12	32	7	4	3.20	3.20	200
Lab-de prot-Elect Área de prueba	8-4-2	32-16 8	40 32	9 8.55	2.85 1.75	3.20	3.20	260 250
Area del Taller	50	50	250	48	24	7.80	5.40	120

Anexo 5 Imágenes de Luminarias Taller Eléctrico.

.

Anexo 6 Imágenes de Luminarias Taller Maquinado.



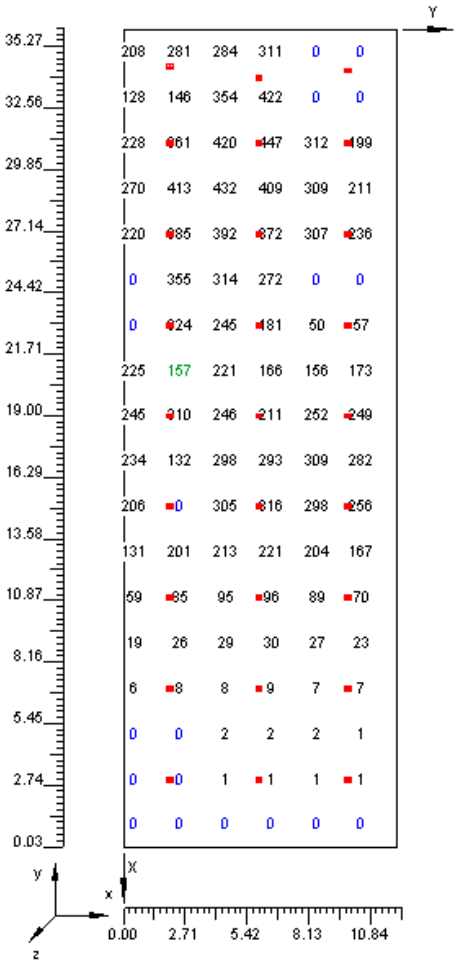
Anexo 7 Imágenes de Luminarias Temo Eléctrica.

Anexo 8 Imágenes de la PQM

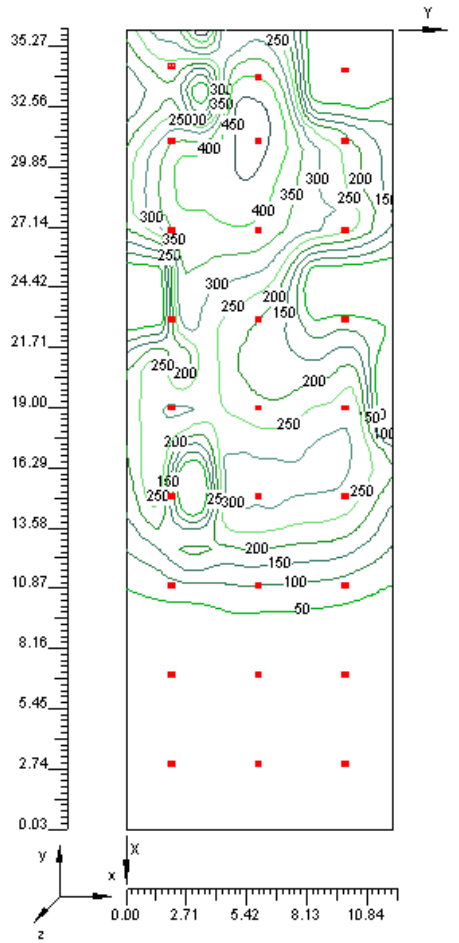
Haciendo mediciones con la PQM

Midiendo Área con el Distanciometro.

Anexo 9 Simulación del Taller Eléctrico como esta.



Curva de distribución de la luminaria.



Nivel de iluminación que se proyecto sobre el plano de trabajo.

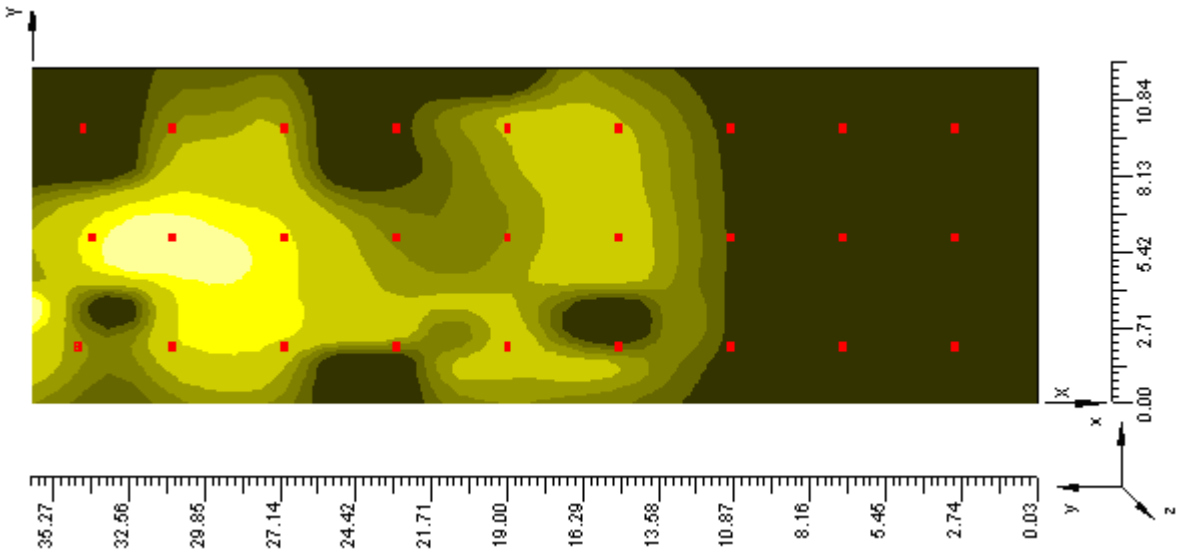


Diagrama de iluminancia

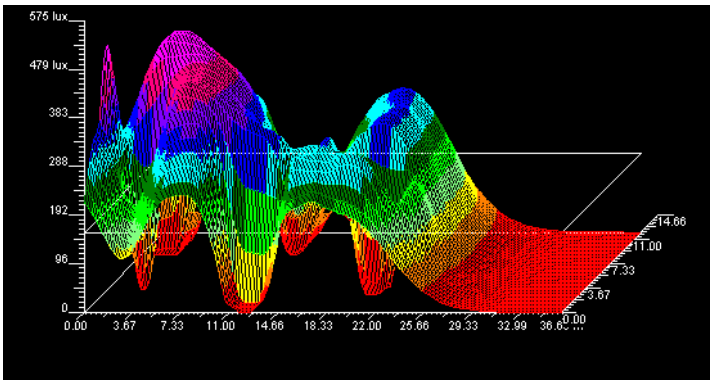
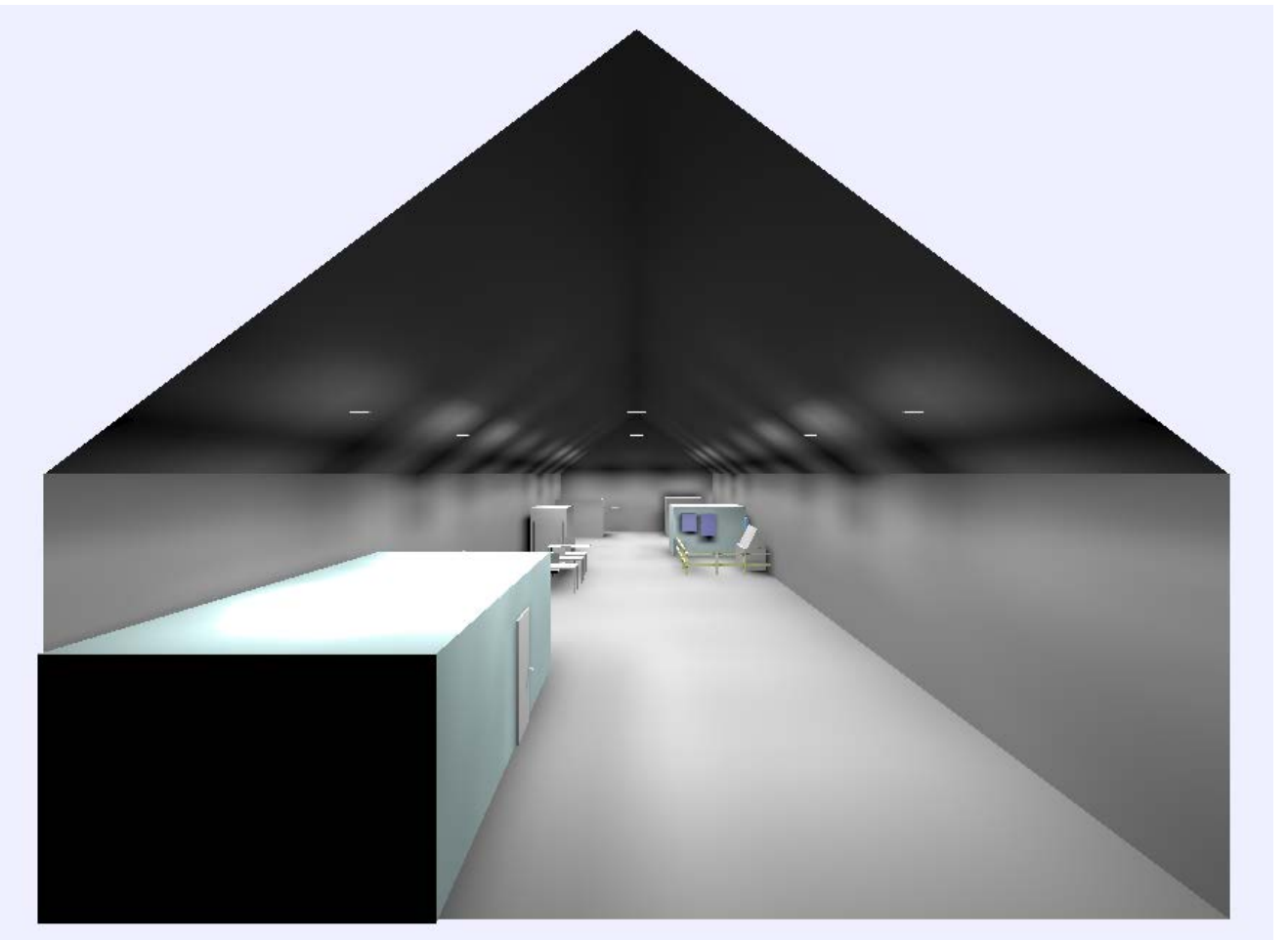
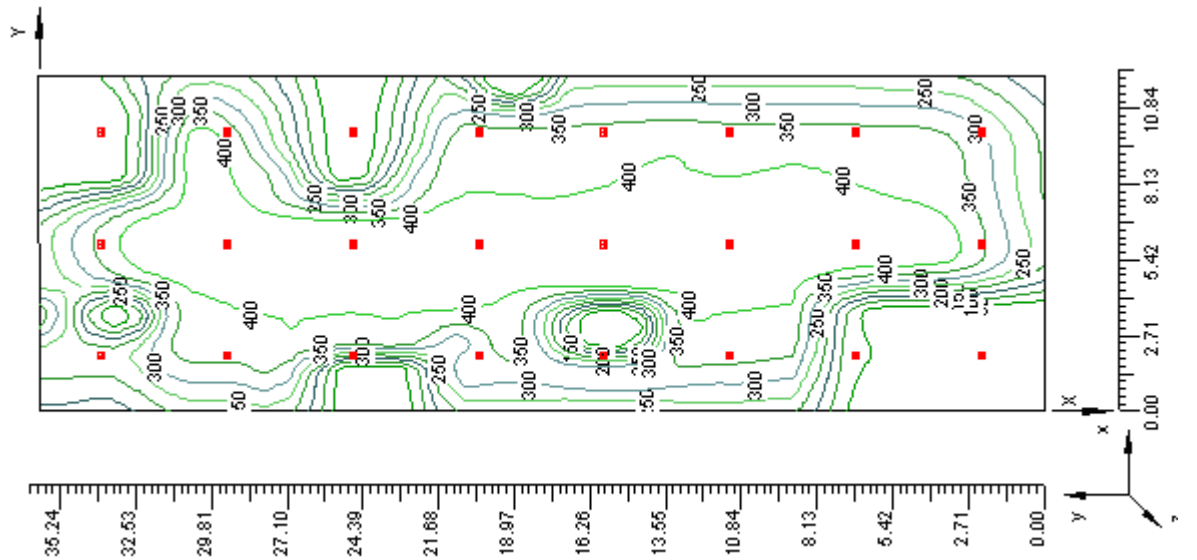


Gráfico Tridimensional del punto de luz

Anexo 10 Simulación del Taller Eléctrico como va a quedar con la nueva iluminación.



Curva de distribución de la luminaria



Nivel de iluminación que se proyecto sobre el plano de trabajo.

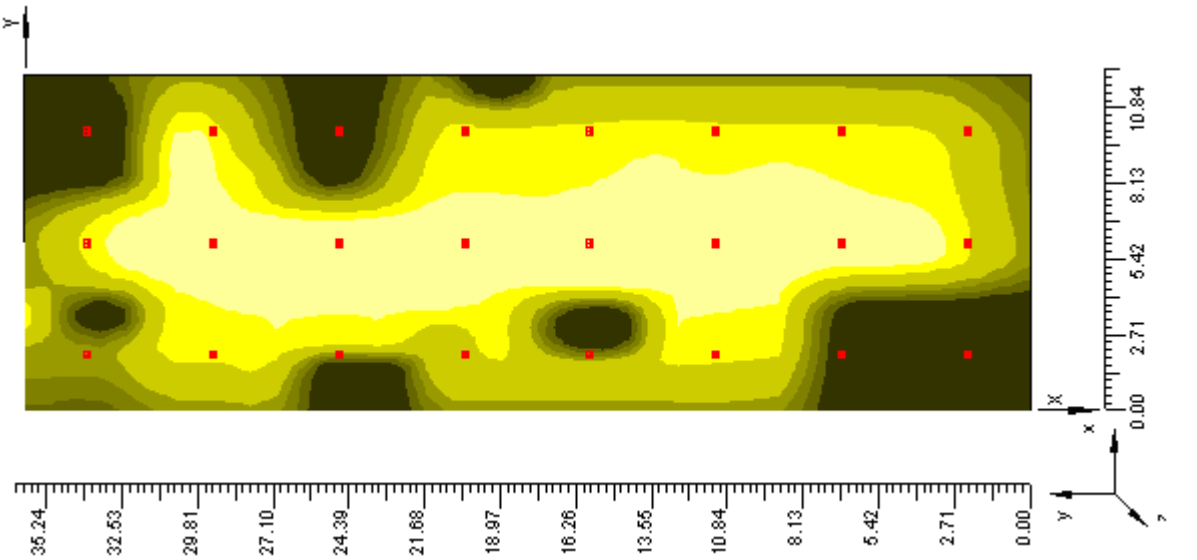


Diagrama de iluminancia

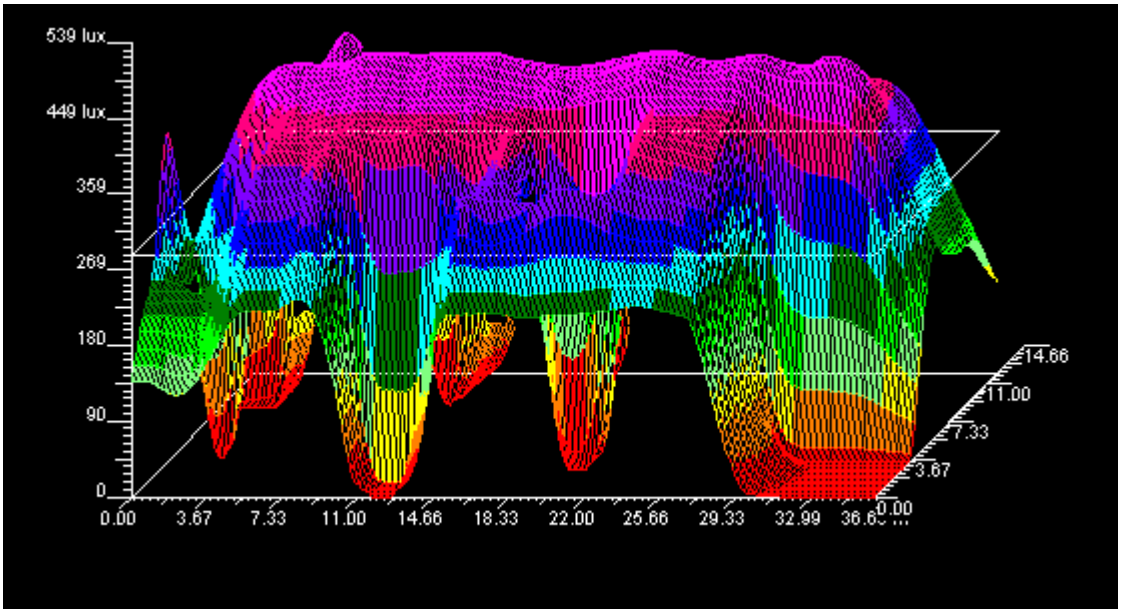


Gráfico Tridimensional del punto de luz