



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECANICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Trabajo de Diploma



Título: Análisis del Sistema de Iluminación del ISMM

Autor: Alí Lehbib lagdai

Tutor: Msc. Gabriel Hernández Ramírez.

Ing. Cayetano Duran Abella

**Año 50 del Triunfo de la Revolución.
Moa-2009**

Trabajo de Diploma

*Análisis del Sistema de Iluminación del
ISMM*

Autor: Alí Lehbib

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Diplomante: Alí Lehbib

Tutor: M Sc. Gabriel Hernández Ramírez

Autores de este trabajo de Diploma certificamos su propiedad intelectual a favor del **Instituto Superior Minero Metalúrgico Doctor “Antonio Núñez Jiménez”**, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Firma del Diplomante

Firma del Tutor



Agradecimientos

Deseo agradecer de todo corazón a todas aquellas personas que de una forma u otra dedicaron parte de su empeño en mi formación profesional.

Agradezco ante todo a Dios y a mi familia por confiar en mí y darme su voto de confianza para formarme como Ingeniero Eléctrico.

Mis más sinceros agradecimientos a mi tutor Gabriel Hernández, a su esposa Liliana y a su familia por el apoyo incondicional y desinteresado que me dieron.

Agradezco a todos mis profesores durante mi etapa de estudiante, a mis amigos y compañeros a través de estos años inolvidables.

Mis agradecimientos también a todas aquellas personas que hicieron posible este sueño, a todos mis amigos dentro y fuera de Cuba.

Gratitud infinita a la Revolución Cubana y sus líderes por la ayuda y la oportunidad de formarme como profesional.

Por esto y mucho más, muchísimas gracias.

. Dedicatoria:

Aprovecho esta ocasión para dedicar mi Trabajo de Diploma con todo mi corazón, amor y cariño a mi familia por el apoyo y la confianza que depositaron en mi,, a mi madre Abnata Larosi , a mi padre Lehbib lagdāf a mis hermanos Sidahmed , Senia , Budia, Salek a Mariam, en general a toda mi familia, para todos mis seres queridos, para ustedes llegue esta dedicatoria y mi cariño , y especialmente a una persona que ya no está físicamente pero siempre estuvo y estará en mi mente y corazón: mi abuelo materno Lehbib Larosi Hamiya, te dedico este trabajo de mi formación como una persona culta y sabia como usted solía decir.

Se lo dedico también a todos mis amigos que por el hecho de viajar desde tan lejos y extrañar la casa no me olvido de ellos.

Una dedicatoria muy especial para mi patria querida y a mi país la República Árabe Saharaui Democrática .

Sin más de todo corazón y cariño alí lehbib lagdāf



Pensamiento



Índice

| | |
|---|----|
| Índice..... | 4 |
| Resumen | 5 |
| Summary | 6 |
| Introducción..... | 7 |
| CAPITULO I | 10 |
| 1.1 Introducción. | 10 |
| 1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica. | 10 |
| Planteamiento del Problema | 10 |
| Hipótesis | 11 |
| Objetivo general | 11 |
| Objetivos específicos | 11 |
| 1.3. Revisión de los trabajos precedentes. | 11 |
| 1.4.- Base Teórica de la Investigación. | 17 |
| 1.4.1. CONCEPTOS BASICOS..... | 18 |
| 1.4.2. Luz y la visión..... | 20 |
| 1.4.4. Sistema general de cálculo de la iluminación media horizontal. | 24 |
| 1.5. Conclusiones | 40 |
| CAPITULO II | 41 |
| 2.1 Introducción. | 41 |
| 2.2 Tendencias actuales en la iluminación. | 41 |
| 2.3. Diagnóstico del sistema de iluminación instalado..... | 47 |
| 2.4 Principales problemas que afectan la eficiencia del sistema de alumbrado actual. | 64 |
| 2.5 Conclusiones. | 65 |
| CAPITULO III | 66 |
| 3.1 Introducción. | 66 |
| 3.2 Factores que influyen en el comportamiento en el trabajo y el estudio. | 66 |
| 3.3 Propuesta para mejorar eficiencia energética en el Sistema de Iluminación..... | 68 |
| 3.4 Valoración económica..... | 80 |
| 3.5 Conclusiones. | 83 |
| Conclusiones..... | 84 |
| Recomendaciones..... | 85 |
| Bibliografía | 86 |
| Relación de Anexos | / |



Resumen

El siguiente trabajo “**Análisis del Sistema de Iluminación del ISMM**”, evalúa que el ahorro en iluminación es el resultado de muchos factores, donde la mayoría están mal entendidos. Existen muchos términos; eficiencia, eficacia, Watts, lúmenes, lúmenes/Watt, Watts/m, coeficientes de utilización, BEF, BF, CU, FB, y muchos otros. Pero todo esto no le da el dato más importante del ahorro, cual tiene la unidad de medida más conocida: pesos y centavos. La lámpara, el conjunto óptico, el sistema eléctrico, el entorno, y el observador determinan el grado de ahorro de la iluminación. La lámpara es el punto de partida para la eficiencia del sistema, puesto que los demás componentes representan pérdidas eléctricas ó de luz, estas consideraciones se tuvieron en cuenta para la realización de esta investigación.

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 tanto exterior como interior.

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

En el capítulo III, se marcó de manera concreta las medidas técnicas organizativas, así como recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la proyección de nuevos sistemas de iluminación, además asesorar a los especialistas proponiéndoles unos procedimientos de actuación que conlleven al pretendido ahorro. Así se podría dividir en tres las pautas: equipos eficientes, control adecuado y explotación procedente. Sólo con esas tres premisas alcanzaremos el máximo ahorro sin pérdidas en seguridad, calidad y confort.



Summary

Following work **System Analysis of Iluminación of the ISMM**, the fact that saving in illumination stems from many factors evaluates, where the majority they are sick. Many terms exist; Efficiency efficacy, Watts, lumenes Watts, coefficients of utilization, BEF, BF, CU, FB, and many others. But everything this does not give him the more important piece of information of saving, as he has the more acknowledged unit of measurement: Weights and cents. The lamp, the optic set, the electric system, the surroundings, and the observer they determine the grade of saving of illumination. The lamp is the starting point for the efficiency of the system, since the rest of the components represent electric losses of light, these considerations had themselves in account for the realization of this investigation.

In the Chapter I, it came true in analysis as to uses, types and deficiencies of lamps, as well as different methods to utilize the hour from accomplishing the calculations for the illumination of an area determined, either so much outside like inside.

In the chapter II, emphasis in the determination of the existent problem and his deficiencies were done, which demanded the realization to us of present it thesis willingly.

In the chapter III, the measured organizational techniques were dialed of concrete manner, as well as recommendations to follow to maintain the results obtained in the projection of new systems of illumination, besides advising the specialist proposing him some procedures of acting that they bear intended saving. Thus he would be able to share in three his guidelines: Efficient teams, adequate control and appropriate exploitation. Only with those three premises we will attain the peak saving without losses in certainty, quality and comfort.



Introducción

El Alumbrado Artificial puede ser considerado uno de los **signos definitorios** de nuestra época. Se halla tan imbricado en nuestros espacios y actividades, en nuestra vida social y económica, que nos parece un hecho natural que siempre ha estado ahí a nuestra disposición. Sin embargo, quizás puede ser útil enfocarlo con una actitud interrogativa, intentar hacernos conscientes de la complejidad y exigencias que se esconden tras el gesto simple de “accionar un interruptor”.

Podemos imaginar que su nacimiento aconteció en los momentos iniciales de la humanidad: con los primeros usos del fuego. Adopto tres formas básicas: antorcha, candil y vela de sebo o cera, todos ellos basados en la “llama”, y persistentes durante milenios sin apenas evolución de sus características esenciales. Sus posibles limitaciones no resultaban problemáticas en unas sociedades en las que el uso del Alumbrado Artificial era escaso y residual

Este desarrollo experimenta **un primer punto de inflexión** en el siglo XIX, en el que las formas de vida y producción surgidas de la Revolución Industrial implican una creciente demanda de medios de iluminación que permitan extender la actividad humana a espacios interiores y periodos nocturnos, que consigan, en cierta manera “ampliar nuestro espacio y prolongar nuestro tiempo”. Es la época de la luz de petróleo, acetileno, gas de alumbrado, arco voltaico que van ampliando sus posibilidades y aplicaciones hasta que, en 1879, la “bombilla”, perfeccionada que no inventada por Edison marca el inicio de los sistemas de iluminación actuales.

Aunque marque el inicio de la actual época, hoy nos asombraríamos de las limitaciones y debilidades de aquellos alumbrados. Las posibilidades de aplicación estaban condicionadas por las prestaciones de aquellos sistemas: **la oferta era incapaz de satisfacer plenamente a la demanda**, y si bien los niveles y características de iluminación posibles eran inconcebibles frente a lo existente pocas décadas antes, estaban aún muy lejos de alcanzar las cotas de **fiabilidad y confort** deseables.



Un **segundo punto de inflexión** tiene lugar a mediados del siglo XX, coincidiendo prácticamente con la Segunda Guerra Mundial, y con un hito simbólico que podría personalizarse en la aparición y rápida difusión del uso del “tubo fluorescente”. Se inicia así una continuada trayectoria en el incremento de las prestaciones de los sistemas de iluminación: eficiencia, potencia, cualidades, diversificación de sistemas poco a poco van batiéndose barreras y superando cotas-objetivo, hasta que, en las últimas décadas del siglo **la oferta llega a superar la demanda** y casi cualquier situación lumínica concebible es al menos en teoría un objetivo factible.

Esta nueva situación apoyándose en el impulso expansivo de la sociedad no se limita a sí misma: induce **un estímulo de la demanda**, proyectándola hacia cotas progresivamente elevadas, añadiendo a los requerimientos de utilidad y confort, los concernientes a **satisfacción**. El Alumbrado Artificial pasa a imbricarse en todas las áreas de nuestra vida: trabajo, hogar, deporte, diversión. Muchas actividades por ejemplo: los partidos de fútbol - se desplazan a horas nocturnas para ampliar su “audiencia” o, en algunos casos, para aprovechar la valorización que un alumbrado espectacular puede proporcionarles.

Del uso del quinqué durante algunos minutos al día, hemos pasado a un mundo en que la luz artificial se enciende prácticamente al sonar el despertador, nos acompaña en toda nuestra jornada laboral, en nuestros desplazamientos, en nuestra vida social y pública, estalla intensamente en el espectáculo, y se apaga únicamente nuestro último gesto diario – cuando nos retiramos al sueño. Así están las cosas al inicio del siglo XXI.

Es lógico y natural que cada actividad y cada individuo deseen disfrutar de los beneficios en seguridad, confort, satisfacción que el Alumbrado Artificial puede aportarles. Pero también es consecuencia natural que esta acumulación de usos particulares desborde su territorio propio e inunde el ámbito general. La luz no se recluye en nuestros hogares, talleres, oficinas, en nuestras calles. Se expande por un Medio Ambiente del cual, a su vez extrae los recursos necesarios a su funcionamiento. Temiendo en cuenta estas consideraciones y evaluar la problemática existente en el ISMM bajos niveles de iluminación en locales como aulas, laboratorios y la

inexistencia de iluminación en vías de acceso y áreas deportivas provocan molestia y bajo confort.

Si se desea que el uso del Alumbrado Artificial sea sostenible, debemos enfocar también la corrección de estas desviaciones por lo que se propone como objetivo de nuestra investigación:

- Proponer medidas técnicas organizativas para mejorar eficiencia del Sistema de Iluminación.

El análisis del siglo XXI debe añadir a estas consideraciones las de los **recursos energéticos y materiales** necesarios para su funcionamiento, así como a los **residuos materiales energéticos e informativos** que genera dicho funcionamiento. Si bien la eficiencia energética de los sistemas experimenta un incremento constante, el ritmo de crecimiento en los niveles y aplicaciones resulta muy superior. La consecuencia es el crecimiento constante del consumo energético, con una tendencia progresiva en cualquier proyección futura.

En contra de esta previsión, un 30% de la humanidad carece actualmente de electricidad y se ve obligada a a utilización de antiguos sistemas de alumbrado por combustión. El uso del Alumbrado en estas sociedades, valorado en lumen hora, puede estimarse en una milésima parte del normal en sociedades mas desarrolladas.

Si bien hay que valorar muy positivamente la influencia del Alumbrado Artificial en nuestro Bienestar Social, la experiencia esta demostrando la insostenibilidad del modelo actual.

Si el siglo XIX fue el del nacimiento del Alumbrado Artificial tal como hoy lo concebimos, y el siglo XX el de su desarrollo hacia los sistemas actuales, habría que esperar que el siglo XXI fuera el de su madurez. Ello implica repensar Sistemas, renovar planteamientos, pero no puede limitarse a un esfuerzo técnico y procedimental. Un nuevo enfoque cultural que sea capaz de contrapesar satisfacción con consumo de recursos, limitación del crecimiento con limitación de residuos que valore el hecho de que la oscuridad y la penumbra también son necesarios al ser humano.



CAPITULO I

Marco Teórico – Metodológico de la Investigación.

Introducción.

Fundamentación Teórico – Metodológica.

Revisión de los Trabajos Precedentes.

Base Teórica de la Investigación.

Conclusiones.

1.1 Introducción.

El diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteada en la misma. Tomándose en cuenta los objetivos propuestos para este proyecto se hace necesaria la búsqueda de nuevas variantes que contribuyan al mejoramiento del sistemas de iluminación con el objetivo de elevarlos índices de eficiencia de los mismos.

1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica.

La fundamentación científica permite dejar definidos aspectos básicos como el problema a resolver, los objetivos de la investigación que se realiza y la hipótesis a desarrollar. Con la revisión de los trabajos precedentes se logra una actualización sobre el tema y cómo es tratado por otros especialistas.

Planteamiento del Problema

Los bajos niveles de iluminación en locales como aulas, laboratorios y la inexistencia de iluminación en vías de acceso y áreas deportivas provocan molestia y bajo confort.



Hipótesis

Si se determinan las causas de la incorrecta iluminación, se podrá proponer un sistema de alumbrado que cumpla con las normas de CIE.

Objeto de Estudio

Sistema de Iluminación de ISMM.

Objetivo general

Proponer medidas técnicas organizativas para mejorar eficiencia del Sistema de Iluminación.

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de alumbrado existente.
- Determinar las causas de la ineficiencia del sistema de iluminación.
- Mejorar la Eficiencia del Sistemas de Iluminación

1.3. Revisión de los trabajos precedentes.

Un sistema de iluminación debe proporcionar un entorno visual óptimo, en las distintas situaciones que se presentan al realizar una actividad específica. Ello implica que se debe suministrar en el plano de trabajo la cantidad de luz necesaria para realizar dicha actividad, facilitar los contrastes lumínicos para una adecuada percepción de los objetos, eliminar las fuentes de deslumbramiento y los brillos incontrolados que producen fatiga visual y disponer de fuentes de luz con una reproducción cromática adecuada. Con esta revisión pretendemos realizar una recopilación de información de las principales bibliografías consultadas

Factores del ahorro de la iluminación una forma fácil para el ahorro(2003):. En este trabajo se tiene en cuenta que el ahorro en iluminación es el resultado de muchos factores, donde la mayoría están mal entendidos. Existen muchos términos; eficiencia, eficacia, Watts, lúmenes, lúmenes/Watt, Watts/m², coeficientes de utilización, BEF, BF, CU, FB, y muchos otros. Pero todo esto no le da el dato más importante del ahorro, cual tiene la unidad de medida más conocida: pesos y centavos. ¿Como ir de la confusión a lo simple?

Puede contratar expertos, seguir recomendaciones, conformar con normas, pero todas son complicadas.

Factibilidad del control de los circuitos de iluminación de las estaciones de pasajeros (1996): Con relación a este artículo trata del ahorro de energía, el consumo de energía usada para alumbrar instalaciones en ambientes industriales es como máximo un 10% dependiendo del tipo de industria. En el caso de estaciones de pasajeros, el sistema de iluminación consume aproximadamente el 20% del consumo total de la empresa. Existe la tendencia a nivel mundial de reducir el consumo de energía en el alumbrado de instalaciones, debido a programas gubernamentales y a una mayor concientización ambiental.

Como ahorrar Energía Eléctrica y mejorar la Iluminación al mismo tiempo(2000): Se evalúa los 3 factores principales que inciden directamente en el consumo de energía en el sector residencial son: los hábitos de consumo de las personas. Los artefactos electrodomésticos (naturaleza, cantidad y antigüedad). El clima que influye en la arquitectura del edificio.

Aplicaciones de visión, la importancia de la iluminación es en muchas ocasiones subestimada (1998): En este trabajo se analiza las ventajas inherentes a los sistemas de iluminación comerciales, frente a los contruídos por uno mismo (a menudo complejos y caros en tiempo), son: Efectividad económica: Ahorrar tiempo y dinero en investigación, diseño, desarrollo y construcción del sistema de iluminación. Calidad: Miles de sistemas funcionando en todo el mundo. Efectividad: Larga duración con el mínimo servicio técnico. Repetibilidad: Siempre disponible en grandes cantidades y con las mismas características. Gran Variedad: Muchos tipos de sistemas de iluminación disponibles y probados.

Plan piloto para la evaluación y reducción de la contaminación lumínica en Cataluña (2004): El objetivo en este trabajo es la determinación del brillo del fondo de cielo con el ánimo de determinar la contribución a él de la iluminación artificial de un núcleo urbano. Una correcta estandarización de las observaciones permite construir un mapa local, cuya evolución a lo largo del

tiempo, en diversas circunstancias, proporciona una medida directa de la contaminación por la iluminación artificial (CL) del fondo de cielo natural en un punto determinado.

Compensación del factor de potencia de un grupo de lámparas fluorescentes en una instalación de régimen de carga variable(2001): Se indica que en el caso de lámparas fluorescentes, será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,85 y no se admitirá compensación del conjunto de un grupo de lámparas en una instalación de régimen de carga variable.

Lámparas fluorescentes modernas(2001): En este artículo se describen las características de los distintos tipos y modelos de estas lámparas de descarga en vapor de mercurio a baja presión que se fabrican en la actualidad.

ALUMBRADO ARTIFICIAL Salud, Medio Ambiente y Bienestar(2006): Se hace un análisis del siglo XX marcaba su acento en las **condiciones de actividad, seguridad, calidad, confort y satisfacción** derivadas del uso del Alumbrado Artificial. El análisis del siglo XXI debe añadir a estas consideraciones las de los **recursos energéticos y materiales** necesarios para su funcionamiento, así como a los **residuos materiales energéticos e informativos** que genera dicho funcionamiento.

Iluminación en interiores(2000): Se analiza que en buena parte de las actividades humanas se realizan en el interior de edificios con una iluminación natural, a menudo insuficiente. Por ello es necesario la presencia de una iluminación artificial que garantice el desarrollo de estas actividades. La iluminación de interiores es un campo muy amplio que abarca todos los aspectos de nuestras vidas desde el ámbito doméstico al del trabajo o el comercio.

El alumbrado exterior(2000): Es, sin duda, una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un abanico infinito de posibilidades desde iluminar calles y vías de comunicación hasta aplicaciones artísticas, de recreo, industriales, etc.

El ahorro de energía eléctrica: una solución tecnológica (2006): Se evalúa que instalado un sistema automático de detección de presencia, y el éxito de la instalación ha sido rotundo: un ahorro en el consumo de energía eléctrica de más del 50%.

Manual de Iluminación Philips Tomo I y II (1993): Es un compendio de información muy útil para el uso en el diseño de iluminación.

Manual de Alumbrado (1986): Este manual constituyó una guía para la realización de los cálculos de alumbrado para exteriores, suministrando las metodologías y métodos necesarios. El mismo representó una herramienta imprescindible en la realización del trabajo.

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 económico-ambiental de las propuestas.

Catálogo de iluminación Disano (2002): Este catálogo permitió la actualización de proyectores.

Catálogo de iluminación Keene (2006): este catálogo contribuyó a la determinación de las lámparas utilizadas en la actualidad.

Catálogo de iluminación OSRAM 2001: Nos permitió conocer toda una gama de lámparas y luminarias de alta eficiencia.

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

Catálogo general de iluminación (1995). Este catálogo permitió la comparación de los métodos de iluminación y de cálculo, así como la determinación de las diferencias entre estos y como seleccionar el método a utilizar.

Catálogo General de iluminación Troll 2000: Da toda la oferta de producto para la comercialización teniendo en cuenta el diseño, calidad y tecnología.



Catálogo general de iluminación PHILIPS (1997). Este catálogo contribuyó en la comparación de los métodos de iluminación y cálculo.

Catálogo General de iluminación Philips 2002. Brinda toda una metodología para la iluminación con sus productos en el mercado.

Norma cubana sobre la iluminación (2003): Contribuyo a la comparación de los niveles de iluminación existentes y los recomendados.

Manual de seguridad e higiene del trabajo (1983): nos permitió conocer el cumplimiento de estas normas en el área.

Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002: Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico se evalúa toda la metodología referentes al cálculo de los sistemas de iluminación.

Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna (2004): Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico se proponen mejoras para una mejor visibilidad de la cámara y un mejor control del sistema de seguridad.

Análisis 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.

Análisis de la eficiencia del sistema de iluminación de la UEB Hotel Miraflores (2006). Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico, se mejora la eficiencia del sistema con nuevas propuesta de niveles de iluminación.

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.

Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa(2007): 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.

Eficiencia Energética en los Sistema de Iluminación (2008): Este trabajo de diploma en opción al título de ingeniero eléctrico, analizó como mejorar la iluminación a partir de la eficiencia Energética y la utilización de nuevas tendencia en la iluminación.

Sitio Web

<http://www.herrera.unt.edu.ar> Trabajo en PDF donde se analiza las influencias que tiene el arbolado público sobre la iluminación artificial de la red viaria urbana.

<http://www.ceisp.com/symposium/pdf/03Criteriosdeeficacia.pdf> Ponencia presentada en Symposium Nacional de alumbrado, donde se realizan consideraciones sobre las nuevas tendencias en la elección de los sistemas de alumbrado exterior.

[Alumbrado de vías públicas](#). Colección de Guías Didácticas de Iluminación Artificial. Centro de Innovación Tecnológica. Universidad Politécnica de Cataluña.

<http://www.urbanismo.munimadrid.es/gmu/> Trabajo en PDF, sobre técnicas de iluminación urbana.

<http://www.lightingdesign.cl/ahorroenergia.htm.EuroSeek>. Como ahorrar Energía eléctrica y mejorar la Iluminación al mismo tiempo. Eléctrica alumbrado eficiente consumo energía eléctrica

<http://www.ambiente.cl/bioclimatica/bioclima.html.EuroSeek>. Calidad ambiental de los edificios, arquitectura bioclimática, uso eficiente de la energía, confort térmico, diseño solar pasivo, iluminación, control de humedad, monitoreo, modelación, diseño, software

<http://www.bsi-3m.com/iluminacion/solf/solf.htm.EuroSeek>. Forma de transformar la iluminación puntual en iluminación de área La película luminosa óptica de 3M es un sistema de fuente luminosa remota muy uniforme y eficiente. Ofrece más libertad de diseño, mayor seguridad y una reducción significativa en los costos



<http://www.search.com/search?q=iluminaci%F3n+eficiente&channel=1&ref=wf>.

[CNET](#). Iluminación eficiente Complete list of iluminación eficiente sites.

<http://www.edelnor.com.pe/IlumEfic.htm>. Iluminación Eficiente. EDELNOR en acción. Proyecto de Iluminación Eficiente. Por encargo del Fondo Mundial del Medio Ambiente, la Corporación Financiera Internacional

http://www.ctio.noao.edu/light_pollution/ejemplos.html. [EuroSeek](#). Ejemplos de Iluminación: "El Bueno, el Malo, y el Feo" * La solución principal al problema de la contaminación lumínica es muy fácil: Mandar la luz hacia el suelo (que es donde se necesita!) y no hacia el cielo. Lo Bueno Más eficiente por su menor costo. Manda

<http://www.guiacomercial.com.ar/electronor> [Canada.com](#). Electronor S.A. Materiales eléctricos y de iluminación para el grmio y la industria

<http://www.unt.edu.ar/facet/LAbLumi/MAVILE.htm>. Programa MAVILE - Medio Ambiente Visual e Iluminación Eficiente. Universidad Nacional de Tucumán Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión "Ing. Herberto C. Bühler" PROGRAMA

http://www.bekolite.com/spanish/historia_ilumacion.html [EuroSeek](#). [Historia](#) iluminacion.html. Una breve historia de la iluminación

<http://www.facalu.com/> [Canada.com](#). FACALU Lighting/ FACALU iluminacion We manufacture electrical lighting devices for applications in salesrooms, industrial rooms, etc.

1.4.- Base Teórica de la Investigación.

Con el objetivo de determinar el basamento teórico necesario que sustentara la investigación pretendemos dejar definidos los principales conceptos sobre el tema y las expresiones matemáticas que se utilizarán.

La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo. Hay que tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y en torno son fruto de estudios sobre valoraciones subjetivas de los usuarios (comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual, entre otros). El usuario estándar no existe y por tanto, una misma instalación puede producir diferentes impresiones a diferentes personas.

En estas sensaciones influirán muchos factores como los estéticos, los psicológicos, el nivel de iluminación en este epígrafe se realizará una valoración de los conceptos de la luminotécnica y la teoría relacionada con los sistemas de iluminación.

1.4.1. CONCEPTOS BASICOS

a) Intensidad Luminosa: Un manantial de luz que irradia con determinada claridad , un flujo luminoso al incidir sobre una superficie produce en ésta una cierta iluminación, a la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en **candela (cd)**.

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad 1.1$$

b) Flujo Luminoso: Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa. Su unidad es el **lumen (lm)**.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

$$\text{Unidad watt (W} = \frac{\text{J}}{\text{s}}) \quad 1.2$$

c) La Iluminación o Luminancia (E): Es la medida de la cantidad de luz incidente en un

área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el **Lumen/m² = Lux**

En unidades americanas se tiene el **Lumen/pie²=pie bujía**

La equivalencia es : 1 pie bujía = 10.76 Lux

| | |
|---|--|
| <p>Luminancia</p> $L = \frac{I}{S_{\text{aparente}}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$ <p style="text-align: right;">1.3</p> | |
|---|--|

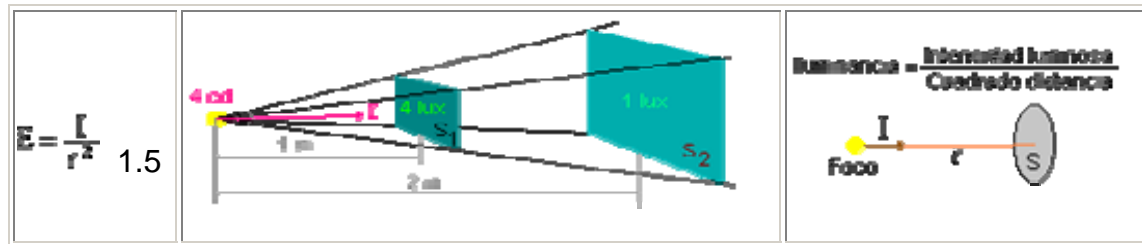
d) La Iluminancia (Brillantez Fotométrica): Es la intensidad luminosa de cualquier

superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie vista desde esa dirección. Su unidad en el Sistema SI es **cd/m²**.

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

1.4

Ley inversa de los cuadrados



e) La Brillantez subjetiva : Es el atributo subjetivo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro.

f) Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa. Ya mencionamos al hablar del [flujo luminoso](#) que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (bombilla, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta), etc.



Figura 1.1 Eficiencia luminosa

Para hacernos una idea de la porción de energía útil definimos el **rendimiento luminoso** como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W...). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

| | | |
|--------------------------------|-----------------|--|
| Rendimiento luminoso | Símbolo: η | $\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$ |
| $\eta = \frac{\Phi}{W}$ 1.6 | Unidad: lm / W | |

g) Absorción, reflexión y transmisión : Son los procesos generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio. La Absorción es el proceso por medio del cual el flujo incidente se disipa. La Reflexión es proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia. La reflexión puede ocurrir como en un espejo (reflexión espectacular), reflejarse en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), ó puede ser una combinación de los dos tipos de reflexión.

La Transmisión es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al incidente. Si el rayo de luz se reduce solo en intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo emerge en todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados.

Flujo incidente = Flujo Absorbido + Flujo Reflejado + Flujo Transmitido

h) Medidores de Luz: Son instrumentos de medición que sirven para medir la luminancia en Luxes.

i) Fuentes Luminosas: La original y mayor fuente de luz es el Sol. En seguida está el fuego de velas, aceite y lámparas de gas. Con el descubrimiento de la electricidad vinieron los diferentes tipos de lámparas que existen hoy en el mercado, a estas le llamaremos en adelante fuentes de luz artificial.

1.4.2. Luz y la visión

Luz y sentido de la visión, dos caras de la misma moneda. Sin una la otra no tiene sentido. Sin luz los ojos no podrían percibir las formas, los colores de los

objetos y, en definitiva, el mundo que nos rodea. Sin una visión que interpretara la luz, esta no serviría de nada.

La luz

La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm y los 770 nm.

El espectro electromagnético

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una [magnitud característica](#) que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad 1.7$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

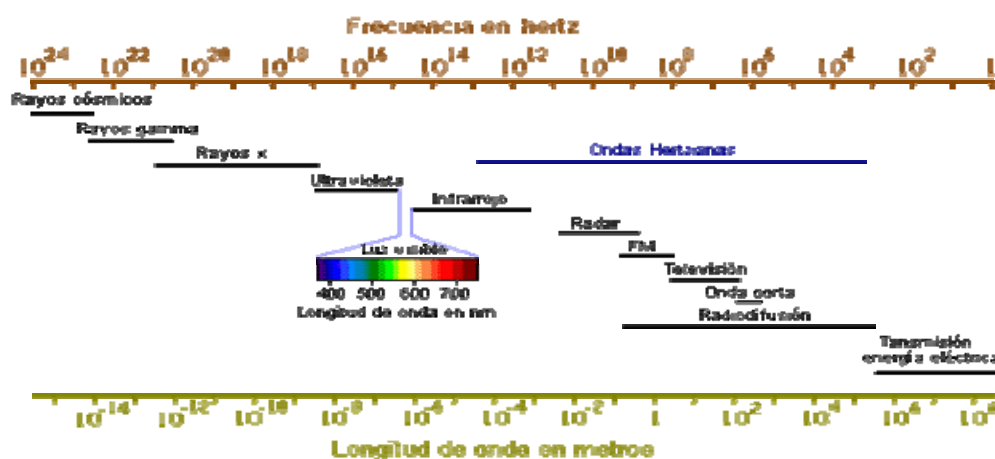


Figura 1.2: Espectro Electromagnético.



Propiedades de la luz

Cuando la luz encuentra un obstáculo en su camino choca contra la superficie de este y una parte es reflejada. Si el cuerpo es opaco el resto de la luz será absorbida. Si es transparente una parte será absorbida como en el caso anterior y el resto atravesará el cuerpo transmitiéndose. Así pues, tenemos tres posibilidades:

- [Reflexión](#).
- [Transmisión-refracción](#).
- [Absorción](#).

Para cada una se define un coeficiente que nos da el porcentaje correspondiente en tanto por uno. Son el factor de reflexión (ρ), el de transmisión (τ) y el de absorción (α) que cumplen:

$$\begin{array}{ll} \rho + \alpha + \tau = 1 & \text{cuerpos transparentes} \\ \rho + \alpha = 1 & \text{cuerpos opacos } (\tau=0) \end{array}$$

La luz tiene también otras propiedades, como [la polarización](#), [la interferencia](#), [la difracción](#) o [el efecto fotoeléctrico](#), pero estas tres son las más importantes en luminotecnia.

La visión

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica.

Fisiología

El ojo humano está formado por un grupo óptico - la córnea, el iris, la pupila y el cristalino-, uno fotorreceptor - la retina- y otros elementos accesorios

encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación, mantenimiento de la forma, etc.

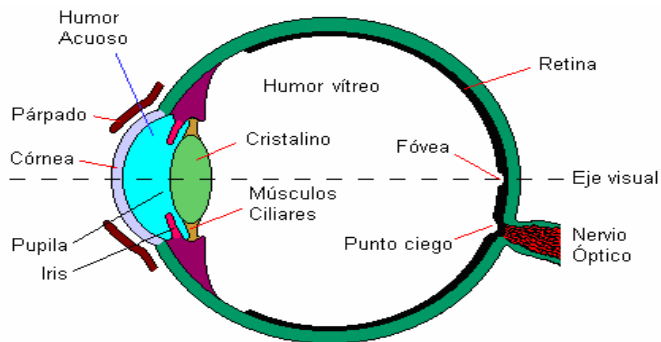


Figura 1.3 Ojo Humano

El proceso visual y sus características

A menudo, se compara el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica. La pupila actuaría de diafragma, la retina de película, la córnea de lente y el cristalino sería equivalente a acercar o alejar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque. La analogía no acaba aquí, pues al igual que en la cámara de fotos la imagen que se forma sobre la retina está invertida. Pero esto no supone ningún problema ya que el cerebro se encarga de darle la vuelta para que la veamos correctamente.

El campo visual

Volviendo al ejemplo de la cámara de fotos, el ojo humano también dispone de un **campo visual**. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180° . Sobre el plano vertical sólo son unos 130° , 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo.

El campo visual de cada ojo es de tipo monocular, sin sensación de profundidad, siendo la visión en la zona de superposición de ambos campos del tipo binocular. La sensación de profundidad o visión tridimensional se produce en el cerebro cuando este superpone e interpreta ambas imágenes.

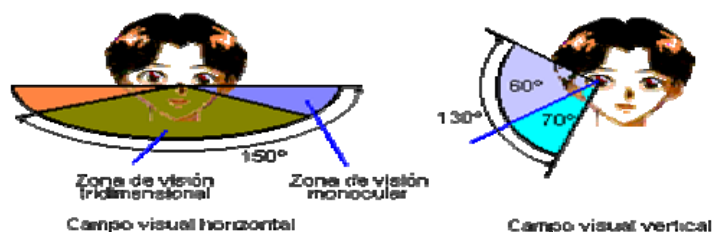


Figura 1.4 El campo visual

El color

Al hablar del color hay que distinguir entre el [fenómeno físico](#) donde intervienen [la luz](#) y la visión ([sensibilidad](#) y [contraste](#)) y el [fenómeno sensorial](#). Como fenómeno físico comentaremos, además, los [sistemas de especificación](#) y la realización de [mezclas](#). El ojo humano no es igual de **sensible** a todas las longitudes de onda que forman la luz diurna. De hecho, tiene su máximo para un valor de 555 nm que corresponde a un tono amarillo verdoso. A medida que nos alejamos del máximo hacia los extremos del espectro (rojo y violeta) esta va disminuyendo. Es por ello que las señales de peligro y advertencia, la iluminación de emergencia o las luces antiniebla son de color amarillo.

1.4.4. Sistema general de cálculo de la iluminación media horizontal.

La sistemática seguida es muy sencilla, siendo las etapas a seguir las siguientes:

- 1) Determinación del nivel de iluminación requerido.
- 2) Elección del sistema de alumbrado y de las luminarias.
- 3) Determinación del Coeficiente de Utilización.
- 4) Determinación del Coeficiente de Conservación.
- 5) Cálculo del flujo luminoso necesario.
- 6) Elección del tipo de fuentes de luz y potencia necesaria.
- 7) Cálculo del número de lámparas y luminarias necesarias en la instalación.
- 8) Selección del emplazamiento de las luminarias.



- 9) Comprobación del factor de uniformidad.
- 10) Exigencia de ausencia de deslumbramiento.

Antes de poder empezar a calcular el nivel de iluminación de un local, hace falta recabar una serie de datos, tanto del local como de la lámpara escogida y de la luminaria que la contenga, así como una serie de factores adicionales.

Datos sobre el local

Dimensiones del recinto: Anchura, representada por A. Longitud, representada por L. Área, representada por S y que se obtiene de la operación $S = A \times L$. Altura total, representada por h.

Índices de reflexión o grado de reflexión, s, de techos, suelos y paredes, que dependen del tipo de color y material de los anteriores elementos, para determinar el nivel de absorción de estos parámetros del local.

Tipo de actividad del local, para que sea factible prever el nivel de iluminación necesario y la temperatura de color más adecuada. Teniendo en cuenta la finalidad de cada local, Como valores orientativos, la siguiente tabla nos ofrece las características del color de una lámpara adecuadas para cada recinto. Como criterio general, en aquellos locales en que se desarrolla actividad laboral se toman valores de luxes próximos a los recomendados, mientras que en el resto se tomarán cercanos al mínimo, pero siempre superiores a éste. Los tipos de lámpara y de luminaria se adoptan según los criterios que se mostrarán posteriormente. Finalmente, el número de lámparas por luminarias y el número de luminarias por local, son consecuencia del cálculo.

Datos sobre la lámpara

La lámpara es la parte activa del sistema, es decir, quien nos proporciona la luz. Para poder elegir el tipo de lámpara más adecuado en cada recinto, es necesario saber las siguientes características:

- 1) *Tipo de lámpara (fluorescente, incandescente, halógena...)*

- 2) *Flujo de la lámpara*, es decir, la cantidad de luz que emite una lámpara determinada. Con este concepto viene relacionado el de eficacia luminosa o rendimiento luminoso, que nos da la relación entre la cantidad de luz producida por la fuente (lúmenes) y la energía eléctrica consumida de la red para su funcionamiento. Este detalle lo proporcionan los fabricantes en sus catálogos.
- 3) *IRC y temperatura de color*, son los detalles de las características físicas de la luz que emite la lámpara, el color aparente de la luz y la capacidad de ésta para reproducir los colores fielmente, influyendo en el aspecto acogedor de una estancia. Son aspectos a tener muy en cuenta, ya que estos provocarán sensaciones en los usuarios, dependiendo del tipo de color.

Como tonalidades tenemos:

Cálidas. Tonalidades amarillentas sobre los 3000 °K.

Frías. Tonos blancos similares a los que da la luz solar. Entre 5000 °K y 6000 °K.

Neutra. Tonalidades intermedias cercanas a los 4000 °K.

Existe una interrelación muy directa entre el nivel de flujo luminoso y el color de la luz, con efectos psicológicos que pueden producir en las personas. Esta relación viene determinada en el *Diagrama de Kruithoff*.

A la hora de escoger un tipo de lámpara, también será conveniente saber su vida media útil, generalmente considerado el tiempo en que tarda en disminuir un 20% su intensidad luminosa. Esto nos repercutirá en el coste de explotación de la fuente de luz en servicio. Asimismo, son datos también suministrado por los fabricantes.

Datos sobre las luminarias

Las luminarias tienen como función servir de soporte eléctrico, mecánico, óptico y estético de las lámparas. Como características fundamentales tenemos:

Datos físicos, como el tipo, modelo, dimensiones o fabricante.

Curvas fotométricas. Es un documento que expresa gráficamente la distribución de la intensidad luminosa según las características físicas y ópticas de la luminaria. Se presenta en forma de sección a lo largo de un plano imaginario, tomado a través del eje imaginario de la luminaria. Estas curvas nos determinarán si la luminaria proporciona alumbrado directo, indirecto, semiindirecto o semidirecto, dependiendo en que proporción esté distribuido el flujo luminoso en la gráfica. En un alumbrado directo el rendimiento lumínico es mayor que en un indirecto, produciendo excelentes resultados cuando se desea obtener una iluminación general adecuada, preferiblemente con difusión ancha en locales de gran amplitud. Por lo tanto, es la solución más económica para producir los niveles de iluminancia requeridos, pero a su vez, puede provocar mayor deslumbramiento en techos bajos y la sensación óptica de confort puede ser peor. Además, se producen mayor número de sombras y los techos quedan oscuros.

Factores de utilización, es el cuadro de datos que indica la cantidad de flujo lumínico aprovechable en el área o plano que hay que iluminar, y es un valor que depende de las dimensiones del local y de su forma, del rendimiento de la luminaria y de los índices de reflexión media de los parámetros, y que nos lo suministrará el fabricante. La determinación del factor de utilización viene dada por la relación entre el flujo luminoso útil y el flujo total emitido por las lámparas, siendo siempre inferior a la unidad, ya que expresa rendimiento. Este factor depende de todas las pérdidas de flujo que se dan desde que la luz es emitida por la lámpara hasta que llega a la superficie de trabajo, ya que en teoría, lo utilizable de un sistema es la parte del flujo que irradia el plano deseado; si bien una parte del resto del flujo no es estrictamente una pérdida, si consideramos que por reflexión o difusión ilumina otros planos del local, o proporciona iluminación de fondo.

Datos diversos: factores de mantenimiento y depreciación

Estos factores están íntimamente ligados y a menudo se consideran una unidad. En primer lugar hay que tener en cuenta el tipo de lámpara y la vida media de ésta, así como si se trata de una lámpara que se agota paulatinamente o si sufre un fallo súbito. Más tarde hay que valorar los elementos relacionados con la mano de obra, el coste de ésta, dificultades físicas para cambiar una lámpara, costo de lámparas, necesidades energéticas...

Para el cálculo del proyecto es necesario tener en cuenta el grado de ensuciamiento del local según su actividad, niveles de polvo, tráfico y humo. Otros elementos que se deben tener en cuenta son el grado de complejidad para la limpieza de una lámpara o luminaria, así como la frecuencia en dicha limpieza. De manera que la labor de promediar un factor de depreciación sea menos ardua, los fabricantes publican cuadros de índices, a partir de tres grados de ensuciamiento: ligero, normal y alto, con mantenimiento periódico o sin él.

Procedimiento de cálculo

Primero determinaremos la altura a la que está situado el plano de trabajo h , o lo que es lo mismo, la distancia a la que situamos el plano imaginario de trabajo del suelo. Por norma general, adoptaremos como 0.8 m esta distancia, exceptuando en el caso de zonas de trabajo (oficinas, despachos, salas de reuniones, aulas, laboratorios) que será 0.7 m. Esta distancia resta a la que hay entre la cara inferior de la luminaria y el suelo, H , y con esto tenemos la altura útil de trabajo, h_u .

Posteriormente calcularemos el “*Factor de forma*” o “*Relación de cavidad del local*”, que nos proporcionará la relación de las características físicas del local, factor esencial en la distribución del flujo luminoso en un recinto. Este factor viene determinado por la siguiente fórmula:



$$R.C.L. = \frac{5 \cdot h_u \cdot (L + A)}{L \cdot A} \quad (1.8)$$

siendo

R.C.L.= Relación de Cavity del local (adimensional)

h_u = altura de montaje de las luminarias respecto del plano de trabajo (m)

L= longitud de la habitación de estudio (m)

A= ancho de la habitación de estudio (m)

En España, algunos fabricantes de luminarias utilizan exclusivamente el “Índice del local”, concepto similar a la Relación de cavity del local, cuya relación con la anterior expresión es:

$$K = \frac{5}{R.C.L.} \quad (1.9)$$

donde

K= índice del local (adimensional)

- Determinado el índice del local, es necesario fijar unos *coeficientes de reflexión* del suelo, techo y paredes, al objeto de tener en consideración también el flujo luminoso que se refleja, el cual dependerá del color y grado de conservación de las anteriores superficies. Estos coeficientes los obtendremos de la Tabla 3 del Anexo A.

- Con los datos anteriores, ya podemos calcular el *Coeficiente de Utilización*, que nos indicará la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. Como hemos comentado antes, los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas en las que se recogen conjuntamente las influencias combinadas de los anteriores aspectos, que son las denominadas tablas del factor de utilización. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los

coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo. También, lógicamente, influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones.

- Una vez hallado el C_u pasaremos a determinar el *Coeficiente de Conservación* C_c . Este factor determina, como hemos comentado antes, de que manera disminuirá con el tiempo el rendimiento lumínico de una instalación, debido a factores de ensuciamiento por polvo o suciedad, periodicidad del mantenimiento y reposición de las lámparas.

El adoptar un determinado coeficiente de conservación requiere un estudio muy completo, y es necesario conocer el programa de mantenimiento para conservar los niveles de iluminación previstos. Una simplificación adecuada de este problema puede ser considerar un factor de mantenimiento de 0.8, cuando el ambiente del local calculado sea limpio. En el caso que sea un ambiente muy polvoriento o sucio, se puede considerar siempre un factor de 0.5, englobando así todos los factores de depreciación que al principio del apartado exponíamos. Finalmente, entre estos dos casos extremos, se puede considerar un factor de mantenimiento intermedio de 0.6.

Otra posibilidad, en el caso de disponer de la seguridad de un buen mantenimiento, es el de adoptar unos coeficientes de depreciación en función del tipo de luminaria según la referencia siguiente:

- Incandescencia normal: 0.90 - Incandescencia de halógenos: 0.95
- lámparas fluorescentes: 0.85 - Vapor de mercurio: 0.85
- Halogenuros metálicos: 0.65 - Vapor de sodio de alta presión: 0.90

En nuestro caso, como no se conoce con seguridad el grado de mantenimiento que se va a realizar en el edificio, adoptaremos como C_c para zonas limpias



0.8, y para zonas en que se prevee polución en el ambiente (parque, cocina, áreas deportiva) 0.6.

Cuando hemos calculado estos dos factores, ya podemos calcular el *flujo luminoso necesario* y las *fuentes de luz adecuadas*. Puede usarse en este caso la siguiente expresión:

$$\Phi_t = \frac{E_m \times S}{C_u \times C_c} \quad (1.10)$$

siendo

Φ_t =flujo luminoso total a instalar (lúmenes) E_m = nivel medio de iluminación necesario (lux)

S = superficie a iluminar (m^2) C_u =coeficiente de utilización (adimensional)

C_c =coeficiente de conservación elegido (adimensional)

Como penúltimo paso, nos queda el cálculo del *número de lámparas y luminarias*. Este paso es consecuencia del anterior pues, según los distintos rendimientos luminosos unitarios, obtendremos para el nuevo flujo total un número de lámparas diferentes, considerando además el distinto número de lámparas por luminaria que eventualmente puede darse, especialmente en luminarias fluorescentes. Para ello tendremos:

$$n = \frac{\Phi_t}{\Phi_u} \quad (1.11)$$

siendo

n = número de lámparas Φ_t = flujo luminoso total (lúmenes)

Φ_u = flujo luminoso unitario de la lámpara (lúmenes)

Finalmente tendremos:



$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{número total de lámparas}}{\text{número de lámparas por luminaria}}$$

Distribución de las luminarias en el local

Ya en último lugar nos quedaría distribuir las luminarias del apartado anterior en el local a iluminar. Esta colocación puede hacerse a través de muchas consideraciones, por lo cual establecer reglas generales no es aconsejable. No obstante, una de ellas, la más habitual, es considerar que el objeto principal en las salas de trabajo consiste en obtener el mejor factor de uniformidad posible. Para que el ojo humano no detecte diferencias de iluminación, la uniformidad de repartición de las iluminancias ha de ser superior al 60%. Para ello, las interdistancias longitudinales y transversales deben ajustarse a un valor específico para cada luminaria, lo cual en realidad constituye un dato fotométrico de ésta, pues es consecuencia directa de un diagrama polar de intensidades. Evidentemente, ello viene unido a su altura de montaje, obteniéndose una tabla aproximada que puede resumirse como sigue:

1. Incandescencia (proyectores de haz estrecho)= $0.8 \times h$ Incandescencia (proyectores de haz ancho)= de 1.3 a $1.5 \times h$
2. Fluorescencia= de 1.0 a $1.5 \times h$
3. Alta intensidad de descarga = de 1.4 a $2.0 \times h$

V.s.a.p.= $1.5 \times h$ Halogenuros= $1.4 \times h$ Vapor de mercurio = $2 \times h$

Siendo, en todos los casos “h” la altura de montaje correspondiente. La separación entre luminarias externas y la pared debe ser la mitad de la separación entre luminarias contiguas, tanto en sentido transversal como longitudinal.

La realidad es que los factores arquitectónicos, forma y altura principalmente, unidos a la ubicación de los lugares de trabajo, y la existencia de elementos estructurales vistos, son otros tantos factores que condicionan fuertemente el

emplazamiento y estática de las luminarias. Estas deberán ser de formato rectangular, si es posible, en locales rectangulares, y de formato cuadrado en locales cuadrados. Las tiras de iluminación continuas en locales largos y estrechos se adecuan perfectamente a la sensación de aumentar la profundidad del local, logrando así un reparto espacial de la luz muy adecuado. Los modelos de disposición regular, siguiendo líneas rectas, resultan siempre adecuados, en particular cuando los huecos de las ventanas marcan determinados ritmos perimetrales que se puedan reforzar con instalaciones complementarias de luces indirectas sobre el perímetro de techo o paredes.

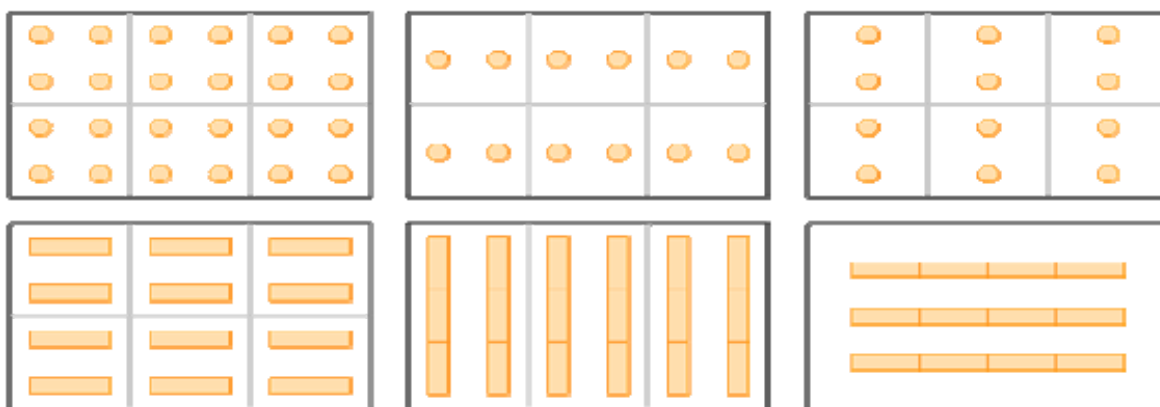


Figura 1.5: Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general

Comprobación de la ausencia de deslumbramiento.

El deslumbramiento, tanto directo como reflejado, es un fenómeno muy complejo y debe ser evitado en toda instalación de luz artificial, ya que provoca una disminución de la percepción visual del ojo humano (deslumbramiento fisiológico), y con el tiempo del bienestar y del rendimiento de la persona (deslumbramiento psicológico). Para evitar el deslumbramiento directo, las normas prescriben límites para las luminancias bajo ángulos de observación de 45° a 85° para diferentes valores de iluminancias medias del local y según las clases de calidad: A ,exigencias muy altas a los límites de deslumbramiento (para interiores), B ,exigencias altas (mínimo para trabajos de tipo general como pueda ser una oficina) o C ,exigencias normales (locales industriales o zonas de paso)



Para ello existe un sistema de curvas de iluminancia proporcionadas por los fabricantes de cada luminaria, muy recomendables, que permiten una seguridad de actuación completa en locales de trabajo.

Mediante el método de limitación de *Söllner* es posible determinar el grado de deslumbramiento que puede producirse en cualquier instalación de alumbrado interior con solo conocer las dimensiones del local, nivel de iluminación medio sobre el plano de trabajo y la distribución de las luminarias. Estas características de luminancia están descritas en los ábacos de *Boldmann* y *Söllner*. Nos muestran dos curvas, una más gruesa, que nos da la distribución perpendicular de las luminancias con respecto al plano de observación, y otra fina para la distribución paralela. Generalmente los valores de la derecha en forma de ordenadas son los valores a/h_s , correspondiendo a diferentes ángulos que se indican en el eje de ordenadas de la parte izquierda, donde “a” es la distancia horizontal entre el observador a la luminaria de estudio, y h_s la altura entre el plano de los ojos del observador y el plano de la luminaria. Esta distancia se estima como 1,60 m en posición de pie del observador, y 1,20 m en posición sentada.

Para determinar si una luminaria está dentro de una clase de deslumbramiento especificado, debemos comprobar que la curva de luminancia de la luminaria no corta la línea del gráfico que parte de la casilla en la que se indica la iluminancia prevista y la clase de deslumbramiento seleccionado. La validez de estas curvas de luminancia está comprobada con factores de reflexión de techo 0.5 mínimo, y para un promedio de paredes laterales de 0.25, considerándose que las lámparas son nuevas, circunstancias habituales en los locales de trabajo de nueva ocupación. Así pues, una vez determinado los tipos de luminarias y lámparas adoptados en cada recinto, así como su disposición en el recinto que ilumina, se comprobará que dicha luminaria no provoque deslumbramiento mediante su correspondiente ábaco de Boldman, proporcionado en los manuales, prestando especial atención en las zonas de trabajo administrativo, como puedan ser oficinas, despachos y recepción, que serán las más propicias a cansancio visual en las personas, debido al alumbrado artificial.

Cálculo de instalaciones con proyectores

A la hora de plantearse un proyecto de iluminación por inundación, hay que empezar estudiando el ámbito de aplicación de nuestra instalación. Los más habituales son: Iluminación de [áreas de trabajo o industriales](#), Iluminación de [edificios y monumentos](#), Iluminación de [instalaciones deportivas](#) y Aplicaciones en [alumbrado viario](#). En cada una de estas aplicaciones, podremos encontrar los niveles de iluminación más adecuados para garantizar una correcta iluminación.

Una vez realizados los pasos anteriores seguiremos con la elección de los [proyectores](#). Una regla a tener en cuenta es que mientras más lejos los coloquemos de la zona a iluminar, más estrecha será la apertura del haz necesaria. Por otro lado, para conseguir una buena uniformidad conviene solapar los bordes de los haces de los proyectores que iluminan la superficie a tratar. El emplazamiento de los proyectores depende de la aplicación a que destinemos la instalación y del entorno circundante. En zonas pequeñas puede bastar con un único poste donde esten todos los proyectores; mientras que en otras recurriremos a varios postes.

El cálculo del número de proyectores necesarios es muy sencillo y se realiza con el método de los lúmenes. Si se requiere más precisión, como en retransmisiones deportivas por TV, recurriremos al método del punto por punto. Para grandes instalaciones como estadios deportivos u otras análogas conviene realizar los cálculos por ordenador debido a su enorme complejidad.

Método del flujo luminoso o de los lúmenes

$$N = \frac{E_m \cdot S}{\Phi \cdot CBU \cdot f_m} \quad (1.12)$$

donde:

- **N** es el número de proyectores necesarios.
- **E_m** es la iluminancia media recomendada para cada [aplicación](#).
- **S** es la superficie a iluminar en m².
- **Φ** es el flujo luminoso de un proyector.

- **CBU** es el coeficiente de utilización del haz (*Coefficient of Beam Utilization*) que se define como la relación entre los lúmenes que llegan a la superficie iluminada y los lúmenes del haz. Su valor que oscila entre 0.6 y 0.9.
- **f_m** es el factor de mantenimiento cuyo valor está entre 0.65 y 0.80. Sirve para cuantificar la disminución del flujo luminoso por el envejecimiento de las lámparas y por la suciedad acumulada en estas y el proyector.

Una vez realizados los cálculos, conviene hacer una comprobación de los resultados para verificar la bondad de los resultados. Los parámetros de calidad que se acostumbra a utilizar son la iluminancia media (E_m) de la instalación y la uniformidad media (E_{min} / E_m)

Los principales campos de aplicación de la iluminación con proyectores o por inundación son la iluminación de [áreas de trabajo o industriales](#), de [edificios y monumentos](#), de [instalaciones deportivas](#) y algunos usos en [alumbrado viario](#).

Iluminación de edificios y monumentos

Aunque los edificios han sido diseñados para verse de día con la luz solar, se pueden conseguir de noche y con una iluminación adecuada interesantes efectos que atraigan la atención de los transeúntes sobre los mismos. Es cuestión de aplicar imaginación, creatividad, estética y técnica a cada caso particular.

A la hora de iluminar edificios hay que distinguir dos casos. En primer lugar los edificios funcionales, con fachadas simples sin elementos decorativos destacables, como los típicos edificios de fachadas de cristal, donde se aplica una iluminación uniforme, de aspecto plano y sin relieve. Tienen la ventaja de que se necesitan pocos puntos de luz aunque la situación de los proyectores, lejos del edificio, puede ser un inconveniente.

En segundo lugar tenemos los edificios con elementos arquitectónicos destacables como cornisas, frisos, relieves, etc... que necesitan un tratamiento especial, una iluminación no uniforme, que realce estos elementos y cree una impresión de relieve mediante juegos de luces y sombras, contrastes de color

y/o brillo, etc. Para ello, se usan proyectores colocados estratégicamente en la fachada procurando minimizar los daños en la misma.

Unos consejos útiles antes de empezar son estudiar las direcciones y distancia de observación que servirán para determinar dónde colocar los proyectores. Analizar la luminancia ambiental teniendo en cuenta que mientras mayor sea esta, mayor será la luminancia necesaria para que el edificio destaque. Ver qué obstáculos hay presentes en la dirección de observación como árboles, vallas, setos, etc.; en estos casos es recomendable poner los focos entre el edificio y los obstáculos para que sólo se vean sus siluetas. Aumentar la luminancia de la parte alta del edificio para aumentar su altura aparente, eliminar sombras no deseadas con proyectores situados sobre la fachada o aumentando la distancia de estos a la fachada, aprovechar el efecto de espejo sobre el agua, etc.



Figura 1.6: Iluminación de proyectores



Figura 1.7: Disposición proyectores

Los niveles de luminancia dependen de las características de los materiales empleados (reflectancia, textura y color) y de la luminancia de los alrededores. A modo de ejemplo podemos citar la piedra calcárea (40-320 lux), el granito (50-500 lux) o el ladrillo (30-500 lux). Como podemos ver, son intervalos muy amplios cuyos valores dependen de cada caso particular.

Las lámparas a utilizar son muy variadas y dependen de los efectos que queramos conseguir. Lo más normal es emplear lámparas de mercurio a alta presión, halogenuros metálicos (cuando se requiera una buena reproducción del color) o vapor de sodio (materiales pétreos de tonos cálidos).

Aplicaciones en alumbrado viario

En este campo los proyectores se reservan para la iluminación de nudos de comunicaciones, plazas, parkings y en general de cualquier otra situación donde la instalación de luminarias tradicionales suponga complicaciones para la orientación, dificultades técnicas, etc. Presentan la ventaja de que simplifican la instalación al haber menos puntos de luz y producen una iluminación más uniforme y agradable.

Iluminación de instalaciones deportivas

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas ya sean interiores o exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Lógicamente, las exigencias variarán según el tipo de instalación (recreo, entrenamiento o competición) y el nivel de actividad (amateur, profesional o retransmisión por televisión).

Iluminar este tipo de instalaciones no es fácil, pues hay que asegurarse de que los jugadores y demás objetos en movimiento sean perfectamente visibles independientemente de su tamaño, posición en el campo, velocidad y trayectoria. Por ello es importante tanto el valor de la iluminancia horizontal como la vertical, aunque en la práctica esta última sólo se tiene en cuenta en las retransmisiones televisivas donde es necesario un buen modelado que destaque las formas de los cuerpos.

Los niveles de iluminación recomendados varían con la actividad y el grado de profesionalidad, pero sin entrar en detalles podemos recurrir .

Para evitar problemas de deslumbramiento que dificulten el normal desarrollo del juego, especialmente en deportes donde hay que mirar hacia arriba, conviene tomar medidas como instalar luminarias apantalladas, reducir el número de puntos de luz agrupando los proyectores o evitar colocarlos perpendicularmente a la línea de visión principal. Es conveniente montar las fuentes de luz a una altura adecuada; para el caso de instalaciones exteriores y

visto desde el centro del campo, el ángulo formado por el plano horizontal y el eje de cualquier proyector de la batería debe ser superior a 25° .



Figura 1.8: Altura de montaje

Las lámparas a utilizar dependerán de la finalidad de la instalación. En instalaciones de competición, se usan lámparas de halogenuros metálicos por sus altas prestaciones. Pero en otros casos puede bastar con lámparas halógenas o de mercurio y sodio a alta presión; más baratas.

Las luminarias, en instalaciones exteriores, se disponen normalmente en torres colocadas en los laterales, en las esquinas del campo o en una combinación de ambas. En el primer caso se emplean proyectores rectangulares cuya proyección sobre el terreno tiene forma trapezoidal obteniendo como valor añadido un buen modelado de los cuerpos. En el segundo caso se emplean los circulares que dan una proyección en forma elíptica.

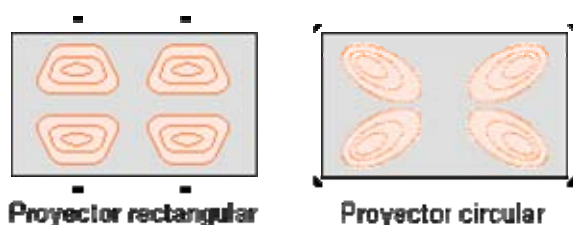


Figura 1.9 Tipos de proyectores

A continuación se ofrecen algunos ejemplos de disposiciones típicas de proyectores en instalaciones de entrenamiento de exteriores.

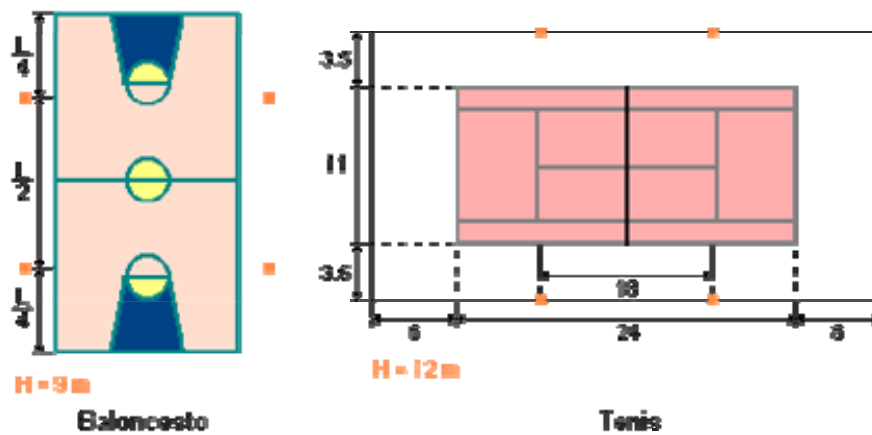


Figura 1.10: Disposiciones típicas de proyectores

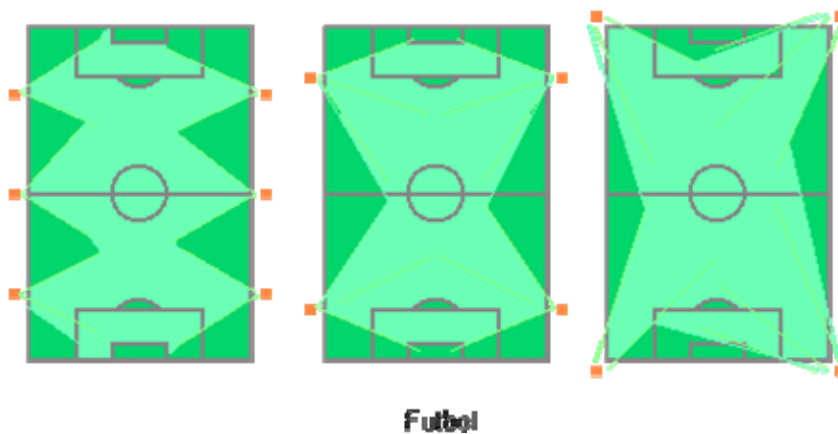


Figura 1.11: Disposiciones típicas de proyectores

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.



CAPITULO II

Diagnóstico de los sistemas de iluminación

Introducción.

Tendencias actuales en la iluminación.

Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Conclusiones.

2.1 Introducción.

El presente capítulo tiene como objetivo básico caracterizar los sistemas de alumbrado actuales de los diferentes objeto de estudio, determinar las causas negativas. Este análisis partirá de las mediciones realizadas en las áreas de la instalación y a través de los cálculos se dejaran identificadas las deficiencias.

Para realizar un buen estudio es necesario conocer los tipos de fuentes de luz, especialmente sus características y su funcionamiento, esto nos ayudará a seleccionar el tipo de fuente para mejorar los niveles de iluminación y seleccionar las mejores fuentes de luz por su eficiencia energética.

2.2 Tendencias actuales en la iluminación.

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.

Lo barato sale caro. "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.

Las nuevas tendencias. "Cuba mantiene una posición de vanguardia en América Latina en el área de la iluminación, pues a pesar de que las nuevas tecnologías llegan con cierto retraso de países avanzados, es ejemplo en el desarrollo de programas para promover la iluminación eficiente", uno de sus programas más exitosos en materia de sustitución de bombillo incandescentes por lámparas fluorescentes, en el sector residencial, se han tomado como modelo en naciones de Centro y Sudamérica. En la aplicación de tecnología de punta en edificios nuevos, nuestro país está dando los primeros pasos; sin embargo, mantiene un rezago considerable en instalaciones viejas que se deben atacar a la brevedad. "En Estados Unidos, quizá por el tamaño de las empresas o de su mercado —mucho más grande que el europeo—, lo que se ha buscado es generar una eficiencia extraordinaria, con productos técnicamente muy buenos, pero a costa de sacrificar la función estética, que es un aspecto que normalmente no se cuida en ese país. "El concepto europeo procura otra combinación: hacer una luminaria no sólo funcionalmente adecuada sino estéticamente atractiva, eficiente por se, desde el momento en que hay ingeniería detrás de ella. En consecuencia, el valor adicional de la tendencia europea es considerar este equipo como un elemento arquitectónico que cumpla una función estética aun a plena luz del día."

La eficiencia energética involucra, entre otros, dos conceptos importantes: la tecnología de toda una gama de luminarias y el desarrollo de mejores reflectores ópticos, difusores y demás materiales con los que se busca elevar la calidad en la iluminación. "En Cuba hay un desconocimiento de las últimas tecnologías. Las innovaciones que se generaban en otros países, básicamente Estados Unidos y Europa, tardaban un tiempo relativamente largo en llegar aquí. Por ejemplo, la lámpara fluorescente de 32 watts es un producto casi nuevo que hace dos o tres años empezó a conocerse con mayor interés, mientras que en Europa es un concepto con 15 y 20 años de manejarse". En materia de iluminación residencial, la tendencia es sustituir el tradicional el bombillo incandescente, pues se ha comprobado que la mayor parte de energía la emplea para su transformación en calor y no en la iluminación. La tecnología en boga es la lámpara fluorescente compacta que, con tres cuartas partes de menos potencia, alcanza los mismos niveles de iluminación que produce el bombillo incandescente. La diferencia fundamental estriba en que este sistema requiere de un balastro que funciona como un encendedor y que, dependiendo de sus características, eleva su precio. Además del balastro magnético, se ha desarrollado el electrónico, que es más eficiente porque pierde menos calor e incorpora otras funciones que antes no eran posibles en el sistema de lámparas fluorescentes, como regular la cantidad o intensidad de la luz. En los sectores de comercio, servicios e industria, los esfuerzos de conversión tecnológica se han encaminado al adelgazamiento de las lámparas fluorescentes, que es el sistema de iluminación predominante. Existe ya en marcha una estrategia, para reemplazar las lámparas conocidas como T-12 — 12 mm de diámetro—, por unas más delgadas, las T-8. Adicionalmente, las luminarias en donde se colocan las lámparas han experimentado mejoras que repercuten en un uso más eficiente de la luz. La importancia de este sistema estriba no sólo en la luz que refleja la lámpara, sino en la que rebota del reflector; por eso, si se tiene un diámetro menor, la capacidad de reflexión aumenta.

"El alumbrado público de las calles, que suele tener un color amarillo, ha probado ser un sistema eficiente desde el punto de vista de lúmenes por watt;

sin embargo, hoy en día el tema de análisis es un cambio en la tonalidad de la luz. Se ha experimentado con luz blanca, tonalidad que en Europa se usa con frecuencia en áreas peatonales, comercios y zonas en las que la gente busca cierto confort. Otros avances en el uso eficiente de energía y que dan lugar a sistemas de control integral:

- Los sensores de presencia por movimiento o calor. El primero conecta los sistemas de iluminación cuando detecta movimiento, y el infrarrojo cuando detecta calor prende o apaga la luz. Esta tecnología suele instalarse en los baños o zonas de paso. Por su costo, es más usual en el sector comercial y oficinas.
- Otra tecnología se relaciona con los relojes. Se trata de sistemas a base de circuitos que apagan y prenden las luces de acuerdo con horarios establecidos.
- Están también los *daylighting*. Son controles que, dependiendo de la cantidad de luz natural que registran, prenden o apagan el suministro de energía eléctrica; se aplican principalmente en las zonas periféricas de los edificios o naves industriales.

"Cada uno de estos avances puede integrarse a sistemas con otros usos complementarios, como el suministro eficiente de agua, controles de seguridad y protección contra el fuego, que dan lugar al concepto del edificio inteligente, mediante una computadora se puede lograr un control integral de diversos servicios, incluido el de iluminación, que logra combinar tecnologías dependiendo de la actividad que desarrolle cada área y, de ese modo, controlar horarios, así como sensibilidad en los equipos, detectar presencia, y regular el uso de la energía eléctrica en función de la penetración de la luz exterior.

Pues bien, este condicionante a la innovación en el sector puede ser muy diferente en el siglo XXI. La enorme evolución que ha experimentado el LED de alta potencia en los últimos 5 años es una pequeña pero muy intensa fuente de luz en el horizonte para los fabricantes de luminarias. Una luz que representa una esperanza de independencia frente a los grandes fabricantes de lámparas,

ofreciendo una infinidad de posibilidades de creación de productos, aplicaciones y servicios.



Figura 2.1 Concept LED

El LED supone un cambio radical en la concepción del producto: en sus características técnicas, en los modos de fabricación, en su estética, en la forma de ofrecer una solución de iluminación al cliente y el impulso inicial necesario para desarrollar la luminaria Concept LED que aquí presentamos. ConceptLED explota al máximo las posibilidades de diseño que el LED nos ofrece, lo que nosotros denominamos, "Dispersión concentrada de la fuente de luz".

Por un lado "dispersión", puesto que pasamos de un foco de luz muy intenso y localizado con las lámparas convencionales, a una serie de fuentes de luz distribuidas a lo largo de determinada superficie. Por otro lado "concentrada" pues la emisión de la luz para cada fuente se produce en un área realmente pequeña. La dispersión nos permite innovar en diseño estético y conceptual y posibilita la creación de nuevas aplicaciones.

La concentración hace posible un control sobre la luz inalcanzable con las lámparas convencionales, lo que representa eficiencia energética. ConceptLED supone un esfuerzo en investigación aplicada, convencidos de las posibilidades reales de los LEDs en iluminación. Es el resultado de una forma de trabajo donde los planteamientos técnicos y funcionales corren paralelos bajo un lema común: "la coherencia". La luminaria de alumbrado exterior contiene 80 leds de alta potencia de luz blanca Luxeon III, con una capacidad de iluminación con

leds inédita hasta el momento. El cuidado sistema óptico produce un rendimiento luminoso de la instalación que duplica los valores alcanzables con la configuración de reflector+lámpara convencional en una instalación vial tipo. Un cuidado sistema disipador de calor garantiza una temperatura de funcionamiento de los leds que reduce el coste de mantenimiento de la luminaria en un factor 10, comparado con el de una luminaria equivalente con lámpara de descarga de luz blanca. ConceptLED es el primer desarrollo del grupo INDAL para introducir en la calle la tecnología que representará la innovación en iluminación durante el siglo XXI.

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/W mientras que una lámpara todavía hoy utilizada de vapor de mercurio a alta presión tiene una eficacia de 50 lúmenes/W, 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.

En el sector de la iluminación, las directrices en innovación han sido tradicionalmente marcadas por la evolución tecnológica de las lámparas o fuentes de luz, en manos de grandes multinacionales que dominan el mercado. A modo de ejemplo, podemos destacar cómo la reducción en el diámetro de las lámparas fluorescentes ha dado lugar a multitud de innovadores diseños y aplicaciones, o como la evolución de las lámparas de descarga, también hacia menores tamaños y luz más blanca, han permitido diseñar luminarias más compactas y eficaces. Las lámparas son también las que se desarrollan para un mercado objetivo, define el tamaño y forma de los sistemas ópticos, y éstos a su vez la geometría de la luminaria. Puesto que la mayoría de los fabricantes de luminarias no tienen capacidad para desarrollar y fabricar sus propias

lámparas, la aparición de una nueva es motivo suficiente para que desarrollen una luminaria específica para ella. El resultado es que su capacidad de innovar está sujeta, en buena medida, a la voluntad de los fabricantes de lámparas. Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

2.3. Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

El Instituto Superior Minero Metalúrgico se alimenta de la subestación número dos que se encuentra localizada al frente del Combinado Mecánico del Níquel con una capacidad instalada de 6.3 MVA, a una distancia de nuestro centro de estudio aproximadamente de 1,6 km, esta recibe una tensión de 33,5 kV y entrega por el secundario 13.2 kV.

En el ISMM la energía eléctrica se distribuye por las diferentes secciones mediante tres bancos de transformadores, el banco número uno (Residencia Estudiantil) está formado por tres transformadores monofásicos conectados en Delta - Delta con punto medio y los números dos y tres (Docente y Transporte respectivamente) presentan dos transformadores monofásicos conectados en Estrella aterrada – Delta abierta.

Distribución de las cargas por bloque de alimentación

Existe una notable diferencia en las conexiones, número de transformadores y de distribución de carga, que motiva un análisis detallado e independiente de cada uno de los bloques.

Banco de Transporte

Está formado por dos transformadores monofásicos de 37.5 kVA y 25 kVA respectivamente, conectados en estrella aterrada -- delta abierta. Se alimenta desde una línea primaria de 13.2 kV y entrega por el secundario 0.24 kV. Este suministra electricidad a las naves de transporte y los almacenes de ATM y las

áreas exteriores. El valor máximo valor de potencia medida es de 7.09 kVA , para un coeficiente de carga de 0.13, o sea, este banco trabaja sumamente subcargado.

Banco de Residencia

Esta compuesto por tres transformadores monofásicos, dos de 50 kVA y uno de 75 kVA, este banco esta alimentado por una línea primaria de 13.2 kV y entrega por el secundario 0.24 kV con una conexión en delta – delta con derivación central. Este sule los edificios 1, 2, 3 y 4 de la Residencia estudiantil, además de los edificios de postgrado, cocina comedor, economía, casa de bombas, áreas deportivas y alumbrados exteriores.

La potencia de este banco es de 175 kVA, el valor del mayor pico fue de 73.52 kVA para un coeficiente de carga máximo de 0.417.

Potencia trifásica del banco tiene como valor máximo 71.07 kVA y promedio 26.46 kVA, mientras que la carga monofásica presenta un valor máximo de 45.9 kVA y un promedio de 21.77 kVA.

Banco Docente

Está compuesto por dos transformadores monofásicos, uno de 75 kVA y otro de 50 kVA, con una conexión estrella abierta con punto neutro a tierra – delta abierta. Se alimenta de una línea primaria de 13.2 kV y suministra por el secundario 0.24 kV .

Abastece todos los edificios docentes, es decir, el edificio de Metalurgia-Electromecánica y sus laboratorios, Minas, Geología, casa de compresores, planta de beneficio, taller de mecánica, y la biblioteca.

Partiendo del análisis del comportamiento medio de la potencia aparente, fue determinado que el transformador permanece con un promedio de 10 horas de

sobrecargas diarias en el horario laborable, para un valor medio de 64 kVA por hora. Teniendo en cuenta que el trabajo efectivo de un transformador es aproximadamente el 75 % de su potencia nominal, el transformador que brinda servicio monofásico es de 50 kVA, para lo que debía trabajar por debajo de los 37.5 kVA. Bajo las condiciones de un trabajo efectivo del transformador, este presenta un nivel de sobrecarga de un 71%. El transformador de alumbrado lleva toda la carga de alumbrado de 110V, la carga monofásica de 240 V más el 58% de la carga trifásica y el transformador de fuerza el 42% de la carga trifásica.

La iluminación en las dependencias de los centros de enseñanza debe basarse en un alumbrado general, que proporcione un nivel de iluminación uniforme en todo el local, independientemente de la ubicación de profesores y alumnos. En salas de estudio y bibliotecas se recomienda combinar un alumbrado general de intensidad media con uno suplementario dispuesto sobre el escritorio.

En aulas y laboratorios se aconseja una apariencia de color intermedia, sobre todo si existe aportación de luz natural, y un rendimiento de color entre 70 y 85. En cuanto al nivel de iluminación requerido, cuyo incremento mejoranotablemente el rendimiento visual, existe una gran dispersión entre los niveles óptimos normalizados por distintos países. Para los centros de enseñanza se establece un rango de 500 – 700 lux para aulas, salas de reunión y bibliotecas, y de 700 – 1.000 lux en laboratorios y aulas de dibujo. En bibliotecas y salas de estudio donde se utiliza alumbrado suplementario la relación entre los niveles de iluminación del lugar de trabajo y su entorno inmediato debe ser menor de 3:1 y entre el lugar de trabajo y sus alrededores inferior a 10:1. Este requisito influye en el confort del proceso visual

Resultados experimentales en los locales.

Para obtener los niveles de iluminación de las áreas delimitadas por las cámaras, se llevaron a cabo los siguientes pasos.

- 1- Se reflejó en plano todas las áreas a estudiar.
- 2- Se tomó en cada área el nivel de iluminación con un Luxómetro, obteniendo de los resultados, valores como iluminación máxima (Emáx), iluminación media (Ems) e iluminación mínima (Emin).
- 3- Mediante la comparación de los resultados con las Normas Cubanas de iluminación se pudieron obtener las deficiencias en cada caso. Anexo 1

Se procedió a la medición de la luz artificial generada por lámparas fluorescentes instaladas en 16 aulas, 18 oficinas, 10 laboratorios, exponiéndose ejemplos de los resultados en la siguiente tabla

Tabla 2.1 Mediciones del nivel medio de Iluminación por locales.

| locales | Emin. | Emedio | Emáx. | Cantidad de lámparas | Color de paredes |
|-------------------------------|-------|--------|-------|----------------------|------------------|
| LAB circuitos | 45 | 100 | 200 | 8 (40w) | Azul |
| LAB eléctrica | 10 | 45 | 80 | 1 | Blanca |
| LAB metalurgia | 120 | 160 | 200 | 8 | Azul c |
| LAB central | 60 | 120 | 200 | 6 | Amarillo |
| Lab mecanica | 40 | 80 | 180 | 3x2 | Amarillo |
| Lab informatica 1 | 60 | 120 | 180 | 6x2 | Amarillo |
| Lab Informatica 2 | 120 | 160 | 240 | 6 | Amarilla |
| Decanato (M.E.M) | 40 | 70 | 160 | 7 | Amarilla |
| Lab Minas Geologia | 80 | 100 | 200 | 6 | Blanca |
| Ofc:Relaiones internacionales | 60 | 150 | 200 | 2x2 | Blanca |
| Ofc;cuadros | 55 | 100 | 160 | 2x2 | Blanca |
| Ofc sec general | 60 | 100 | 150 | 2 | Blanca |
| Ofc humanidades | 40 | 60 | 90 | 2 | Blanca |
| Rectorado | 150 | 230 | 340 | 5 x2 | Blanca |
| Sala de reuniones | 100 | 160 | 200 | 6x2 | Blanca |
| Sala literatura | 60 | 120 | 200 | 3x2 | amarilla |
| Biblioteca | 40 | 120 | 200 | 8x2 | Amarilla |
| Enfermería | 100 | 140 | 180 | 3x2 | Rosado |
| Cafetería | 35 | 70 | 120 | 3 | Blanca |
| Sala de videos | 40 | 70 | 160 | 2 | Blanca |
| Sala de juegos | 60 | 170 | 190 | 2 | Blanca |
| Aula de dibujo mecanico | 50 | 80 | 160 | 5 | Azul |
| Taller Ing Eléctrico | 20 | 30 | 60 | 3 | Blanca |
| Decanato minas | 100 | 150 | 180 | 3 | Blanca |

| | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|
| geologia | | | | | |
| Dep;para la defensa | 40 | 120 | 180 | 6x2 | Blanca |
| Comedor estudiantes | 60 | 100 | 150 | 8 | Rosado |
| Comedor trabajadores | 140 | 170 | 200 | 6 | Blanca |
| Ofc ATM | 40 | 70 | 160 | 2 | Blanca |
| Ofc economia | 30 | 130 | 180 | 3 | Blanca |
| Ofc Estudio sismológico ISMM | 40 | 120 | 200 | 2 | Azul |
| Anfiteatro | 60 | 90 | 195 | 8x2 | blanca |
| Aula grande | 80 | 120 | 180 | 6x2 | Blanca |
| Cuartos Residencia | 40 | 60 | 120 | 1 | Blanca |
| Aula pequeña | 100 | 120 | 160 | 4x2 | Blanca |

Tabla 2.2 Dimensiones de locales.

| Locales | Dimensión |
|----------------------------|---------------------|
| Lab circuito | 84.64m ² |
| Lab computación electrica | 42.6m ² |
| Lab metalurgia | 61.44m ² |
| Lab mecanica | 45.00m ² |
| Lab minas geologia | 45.00m ² |
| Lab informatica | 45.00 |
| Lab informatica papa | 42.60 |
| Lab central | 108 |
| Relaciones internacionales | 135 |
| Biblioteca hizo | 756 |
| Sala literatura | 72 |
| Secretaria general | 90 |
| rectoria | 83.25 |
| Sala de reuniones | 45 |
| Aula magna | 185.4 |
| Oficina de cuadros | 22.5 |
| Preparación para defensa | 42.6 |
| Decanato electromecanica | 45 |
| aula Dibujo mecanico | 45 |
| Taller ing electrica | 48 |
| Oficina de economia | AT=350.10 |
| Comedor estudiantil | AT=207 |
| Comedor trabajadores | AT=771.75 |
| enfermeria | AT=144 |
| cafeteria | AT=351 |
| Sala de juego | AT=236 |
| Sala video | AT=236 |
| Beca oficina | AT=144 |
| Oficina ATM | AT=27 |



| | |
|------------------------|-------|
| Humanidades | AT=90 |
| Decanato geología mina | AT=45 |

En el anexo 2 se muestra el número de locales existente.

Determinación de la potencia instalada en las áreas.

La electricidad es uno de los portadores energéticos máspreciado y costoso, por tal motivo, su uso adquiere una importancia especial. La particularidad de ella consiste en la igualdad en el tiempo entre la generación y su consumo, de ahí que el consumidor determine la línea de carga.

Tabla 2.3 Distribución de lámparas por áreas.

| Areas | lámparas de 18W | lámparas de 32W |
|--|-----------------|-----------------|
| Hotelito | 175 | 8 |
| Economía | 8 | 14 |
| Comedor Caldera | 20 | 45 |
| Residencia 1 | 104 | 1 |
| Residencia 2 | 7 | 22 |
| Residencia 3 | 2 | 15 |
| Residencia 4 | 135 | 2 |
| Edificio 1 (Rectoría). | 92 | 168 |
| Edificio 2 (Metalurgia-Electromecánica). | 44 | 153 |
| Edificio 3 Minas | 35 | 105 |
| Edificio 4 Geología | 23 | 135 |
| Planta de beneficio | | 8 |
| Taller de mecánica | | 2 |

Tabla 2.4 Potencia instalada en el banco de transformadores No. 1 Residencia

| No. | Descripción del equipo | Cantidad | P total, kW | % |
|-----|-------------------------|----------|-------------|-----|
| 1 | Lámpara fluorescente de | 94 | 3,3 | 1,9 |



| | | | | |
|----|------------------------------|------|-------|------|
| | 36 W | | | |
| 2 | Lámpara fluorescente de 20 W | 402 | 8,0 | 4,6 |
| 3 | Computadora | 69 | 17,5 | 10,1 |
| 4 | Acondicionador de aire | 17 | 15,8 | 9,2 |
| 5 | Ventilador | 262 | 13,7 | 8,0 |
| 6 | Motor eléctrico trifásico | 11 | 40,7 | 23,6 |
| 7 | Estufa | 2 | 5,3 | 3,0 |
| 8 | Hornilla y olla eléctrica | 134 | 50,0 | 29,1 |
| 9 | Refrigerador | 48 | 12,5 | 7,3 |
| 10 | Televisor y equipo de música | 55 | 4,6 | 2,7 |
| | Total | 1094 | 171,7 | 100 |

El consumo de iluminación de este banco es de **6,5 %** del total de la carga instalada.

Tabla 2.5 Potencia instalada en el banco de transformadores No. 2 Docente

| No. | Descripción del equipo | Cantidad | P total, kW | % |
|-----|------------------------------|----------|-------------|------|
| 1 | Lámpara fluorescente de 36 W | 546 | 10,92 | 6,4 |
| 2 | Lámpara fluorescente de 20 W | 212 | 4,24 | 2,4 |
| 3 | Computadora | 231 | 57,75 | 33,9 |
| 4 | Acondicionador de aire | 42 | 39,06 | 22,9 |
| 5 | Ventilador | 20 | 0,96 | 0,5 |
| 6 | Motor eléctrico trifásico | 7 | 51,13 | 30,0 |
| 7 | Estufa | 3 | 5,69 | 3,3 |
| 8 | Total | 1062 | 169,9 | 100 |

El consumo de iluminación de este banco es de **8.8 %** del total de la carga instalada

A continuación se mostrarán las simulaciones realizadas.

Oficina de Ecomonia.

Niveles de iluminación medidos.

E_{min}= 30 Luz

E_{med}= 130 Luz

E_{max}= 100 Luz

Resultados de las simulaciones con el software.

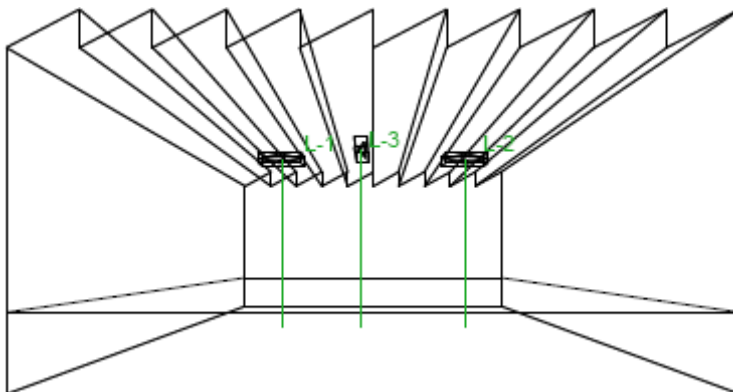


Figura 2.2: Vista Frontal de la oficina de economía.

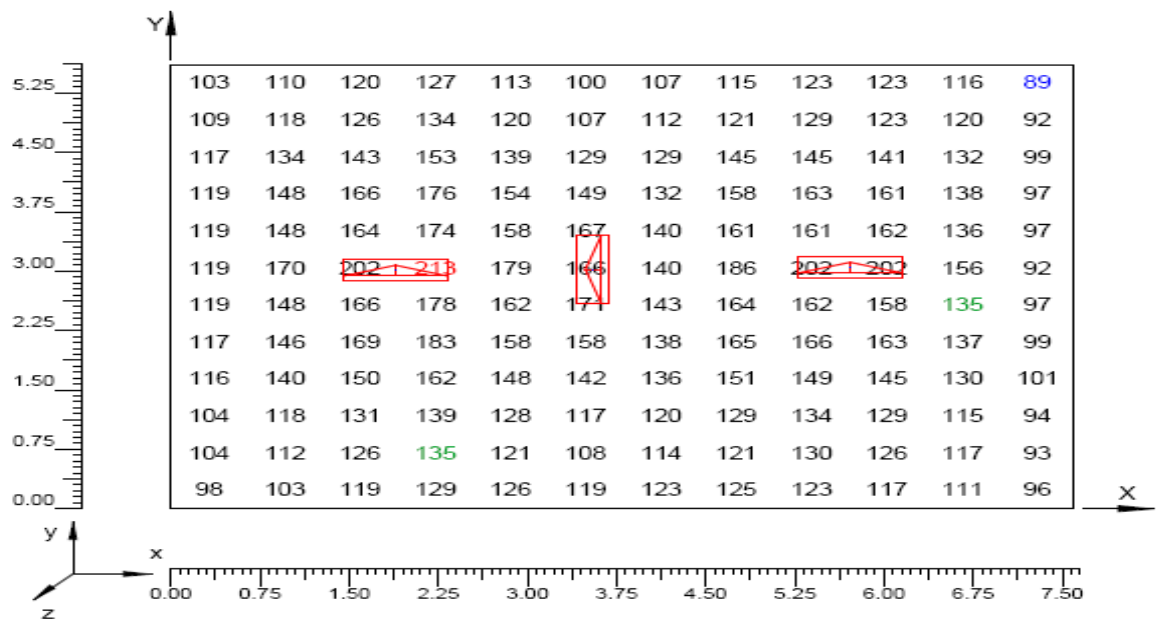


Figura 2.3: Representación de la distribución de la luz

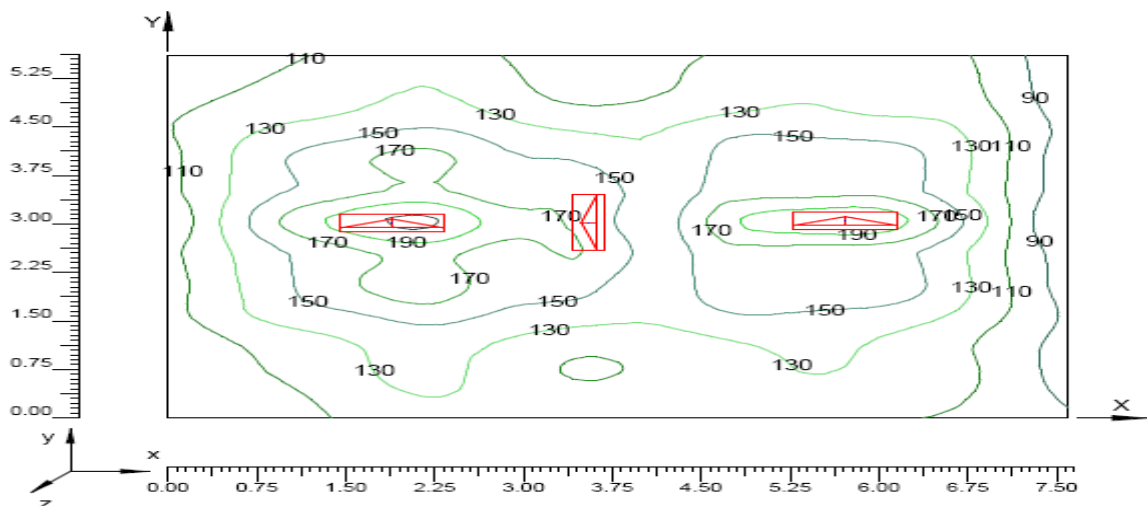


Figura 2. 4: Proyección de los puntos de luz.

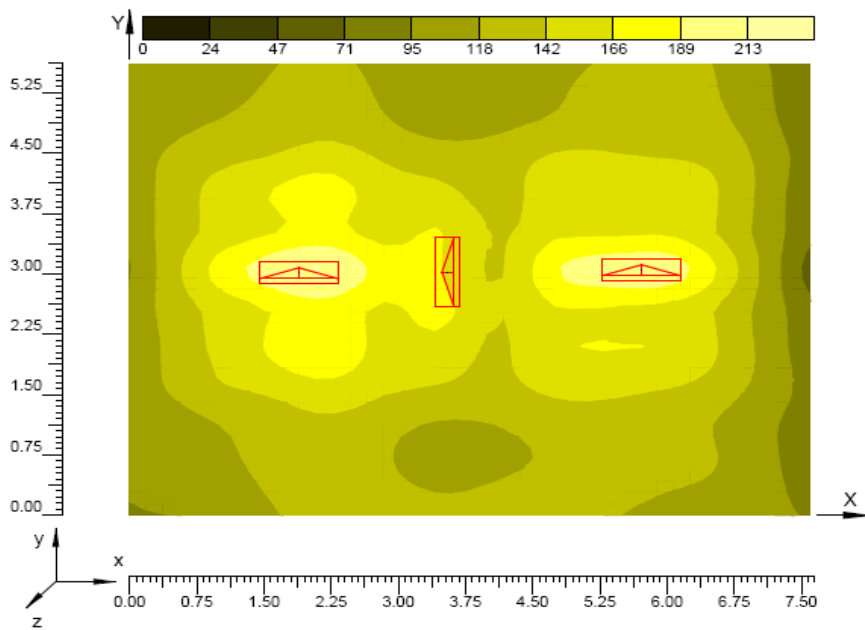


Figura 2. 5: Proyección de los puntos de luz.

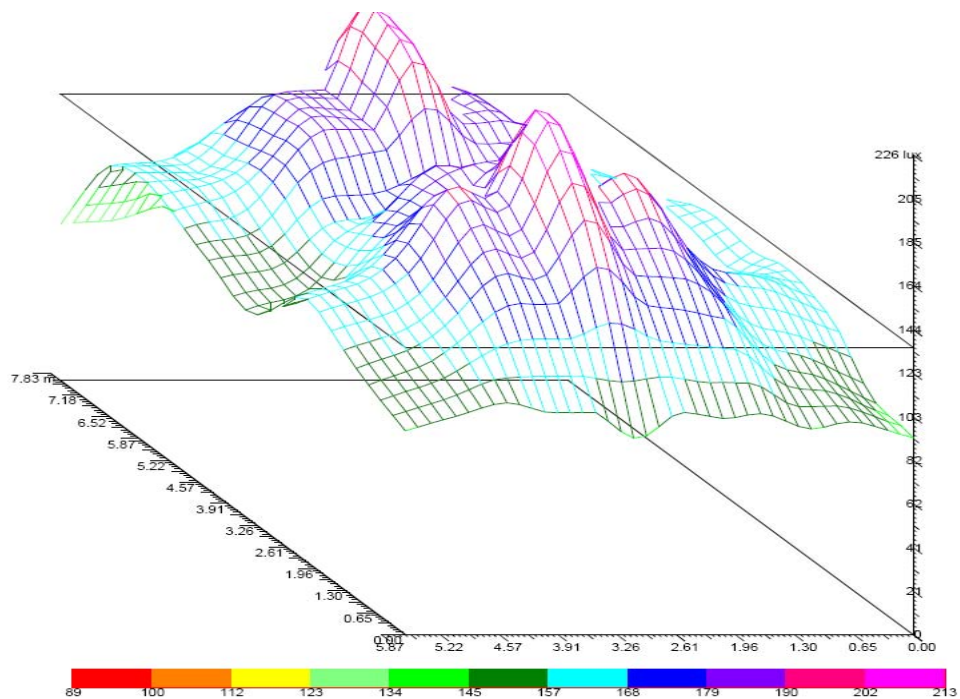


Figura 2. 6: Gráfico Tridimensional de los puntos de luz.



Figura 2. 7: Simulación de la oficina.

Aula Chiquita.

Niveles de iluminación medidos.

E_{min} = 90 Luz

E_{med} = 120 Luz

E_{max} = 170 Luz

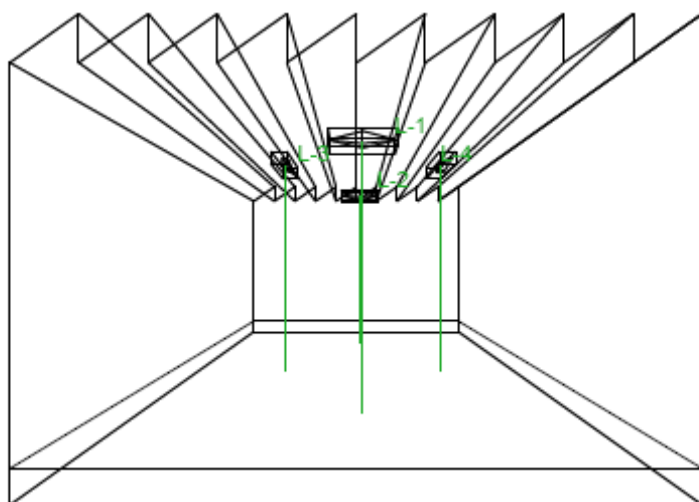


Figura 2.8: Vista Frontal de aula.

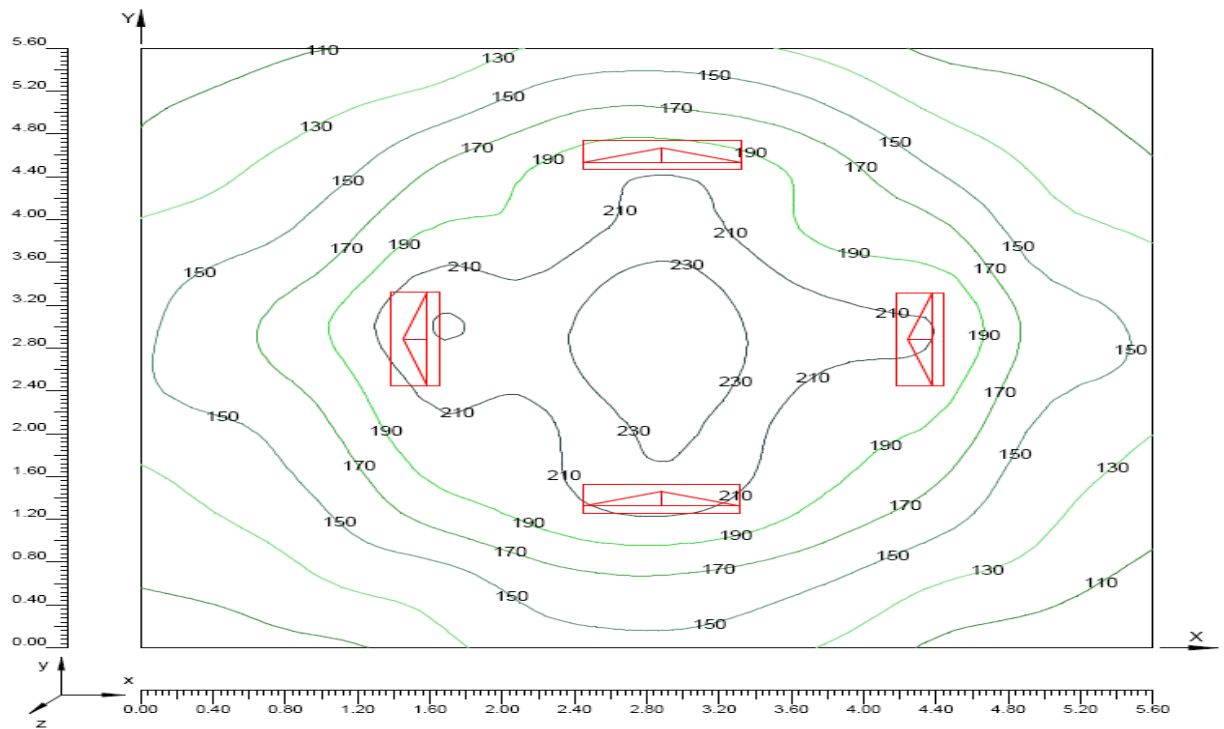


Figura 2. 9: Proyección de los puntos de luz.

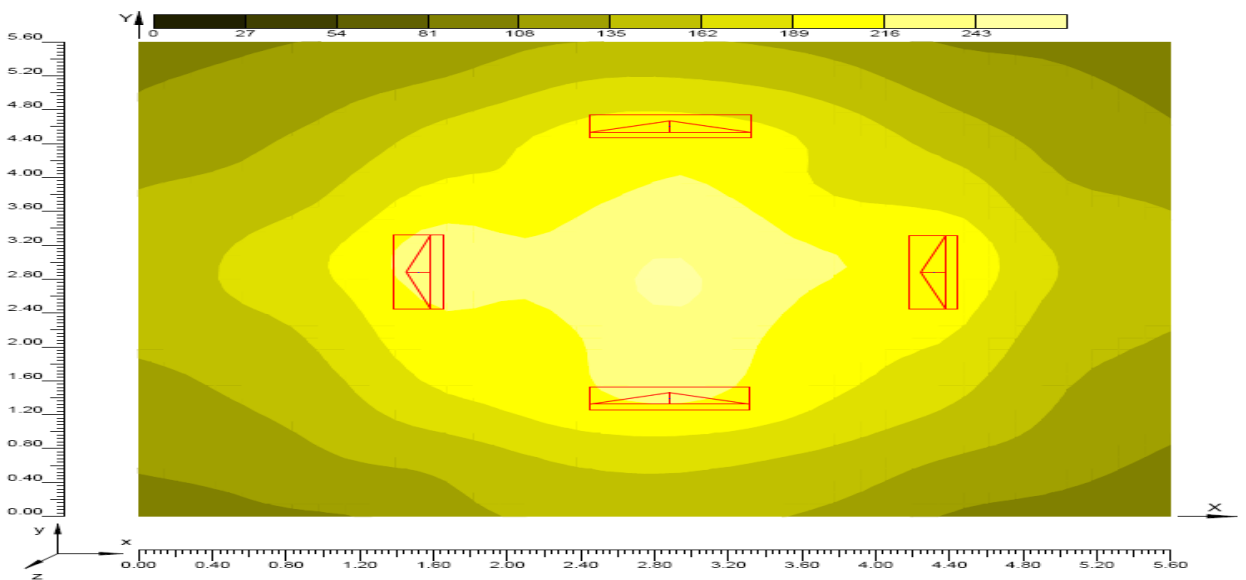


Figura 2. 10: Proyección de los puntos de luz.

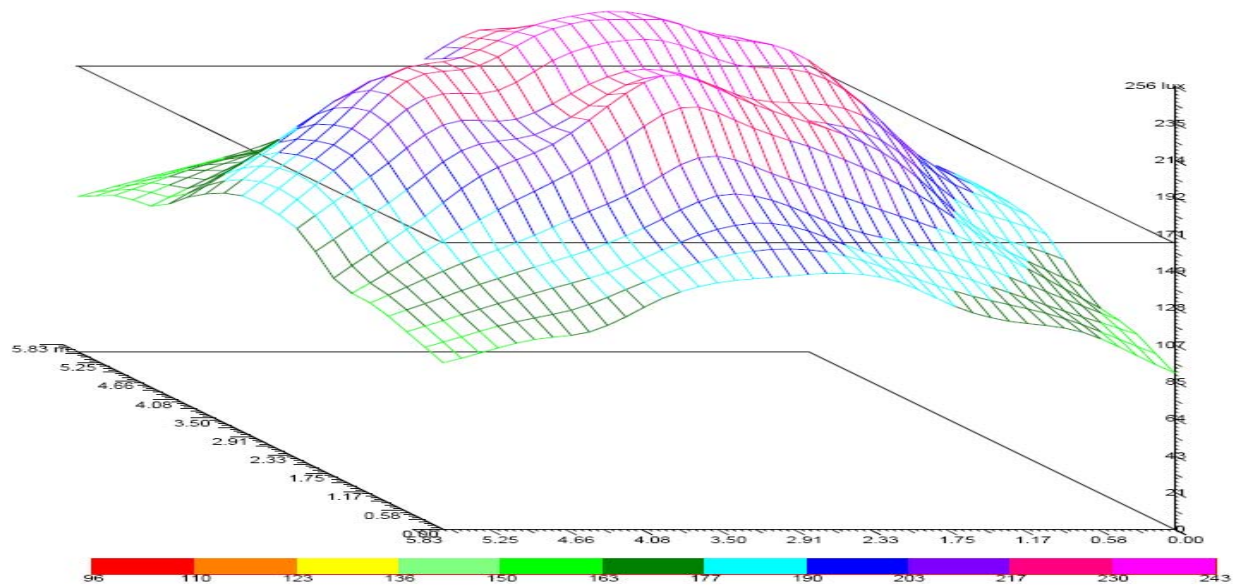


Figura 2. 11: Gráfico Tridimensional de los puntos de luz.



Figura 2. 12: Simulación del aula.

Laboratorio Computación Carrera Eléctrica.

Niveles de iluminación medidos.

$E_{min} = 10$ Luz



$E_{med} = 40$ Luz

$E_{max} = 80$ Luz

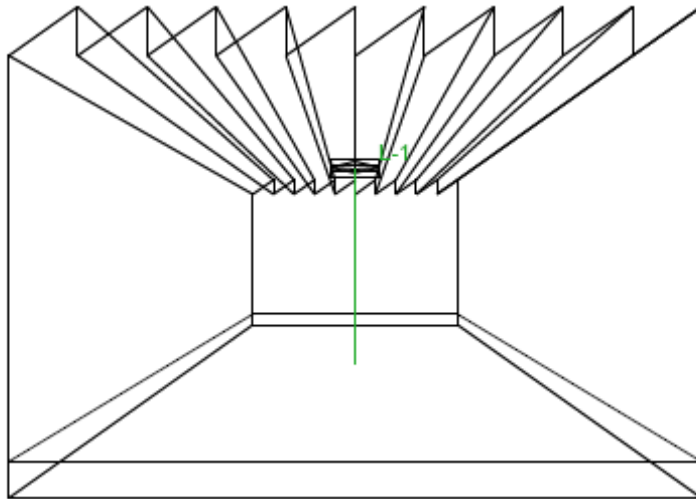


Figura 2.13: Vista Frontal del laboratorio

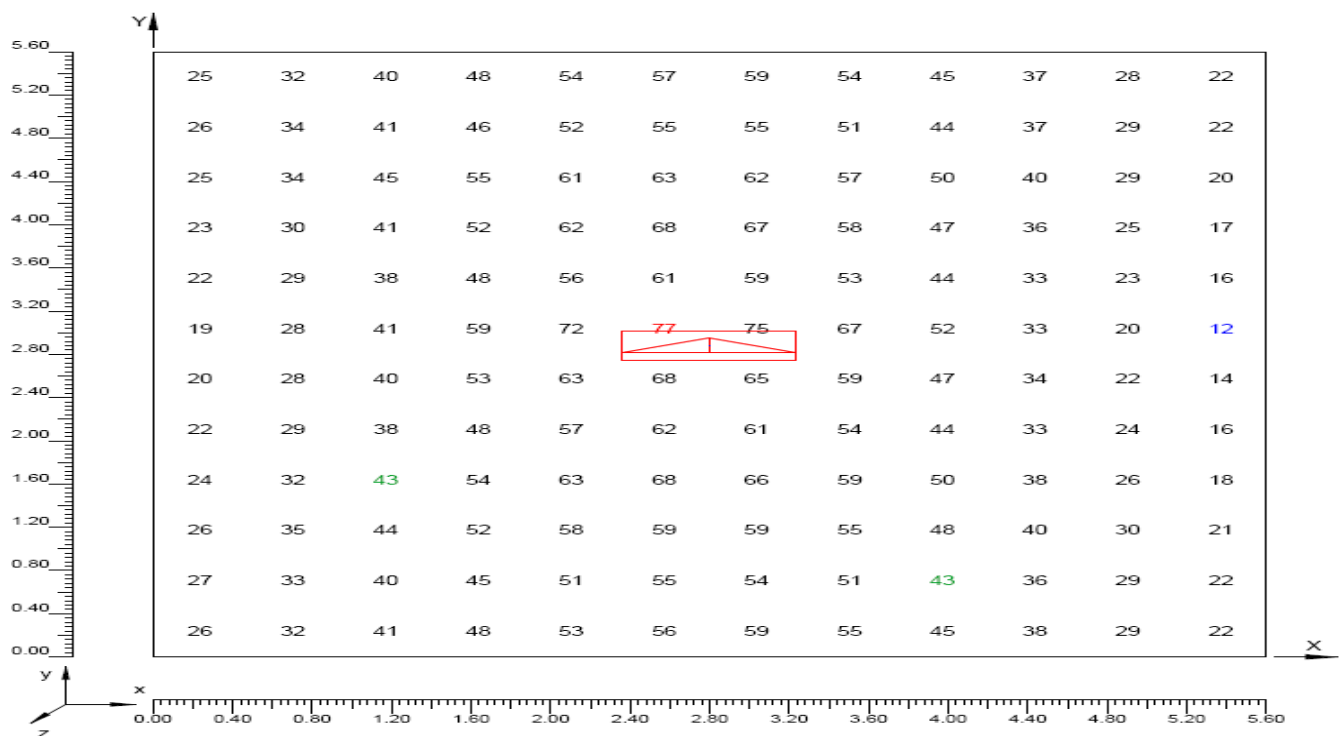


Figura 2. 14: Proyección de los puntos de luz.

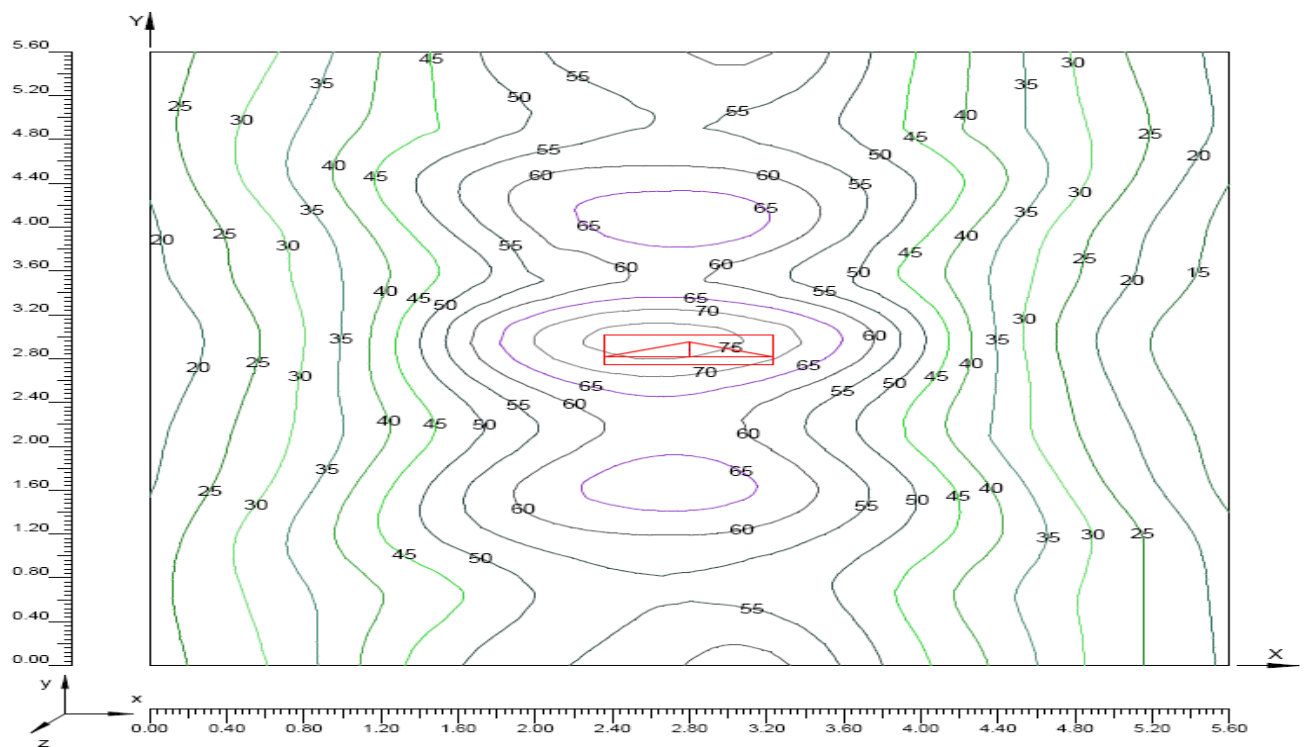


Figura 2. 15: Proyección de los puntos de luz.

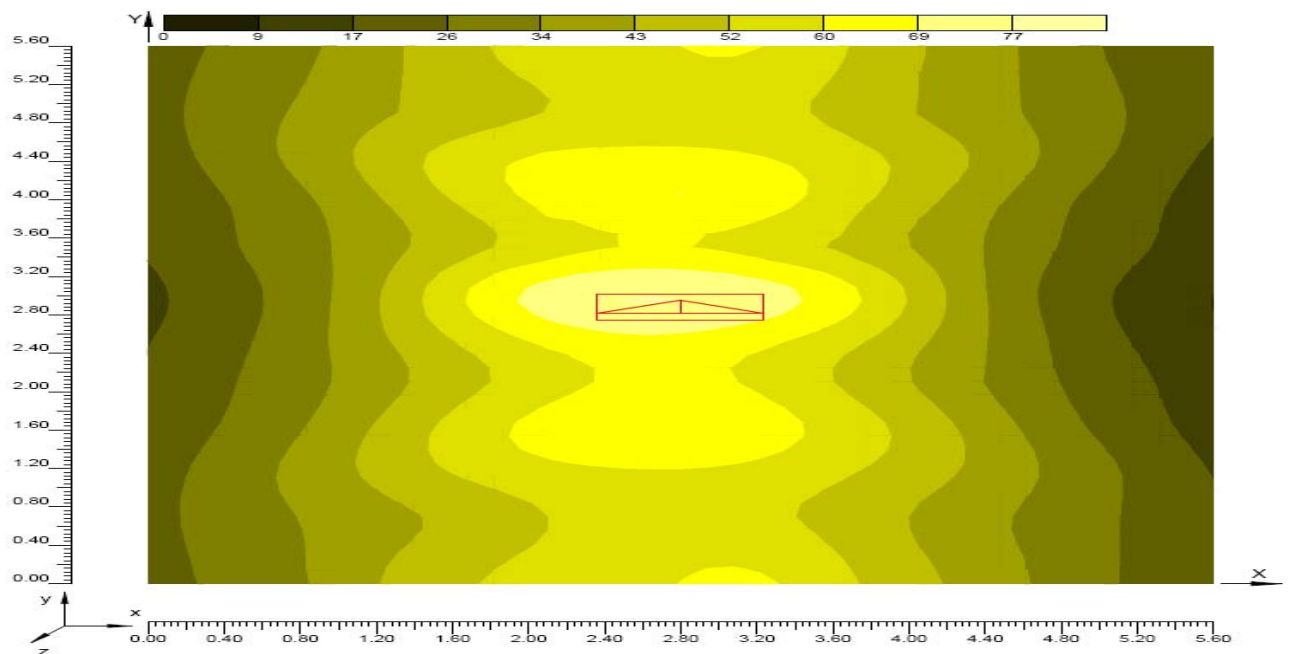


Figura 2. 16: Proyección de los puntos de luz.

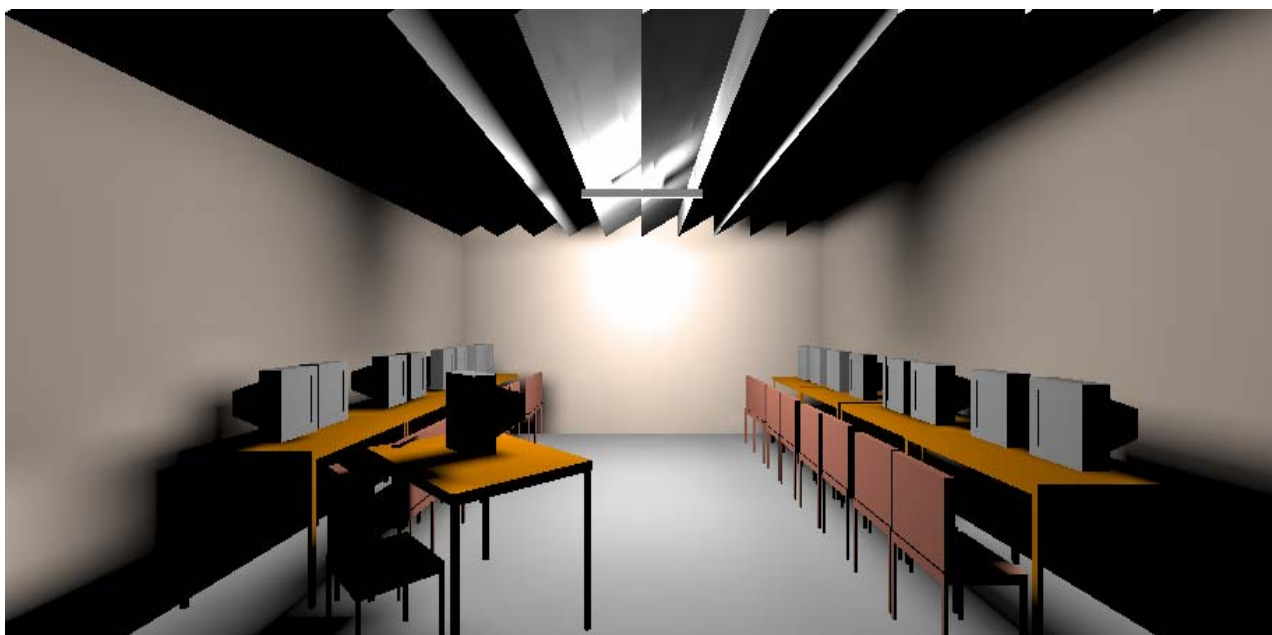


Figura 2. 17: Simulación del laboratorio.

Simulaciones de otros locales.

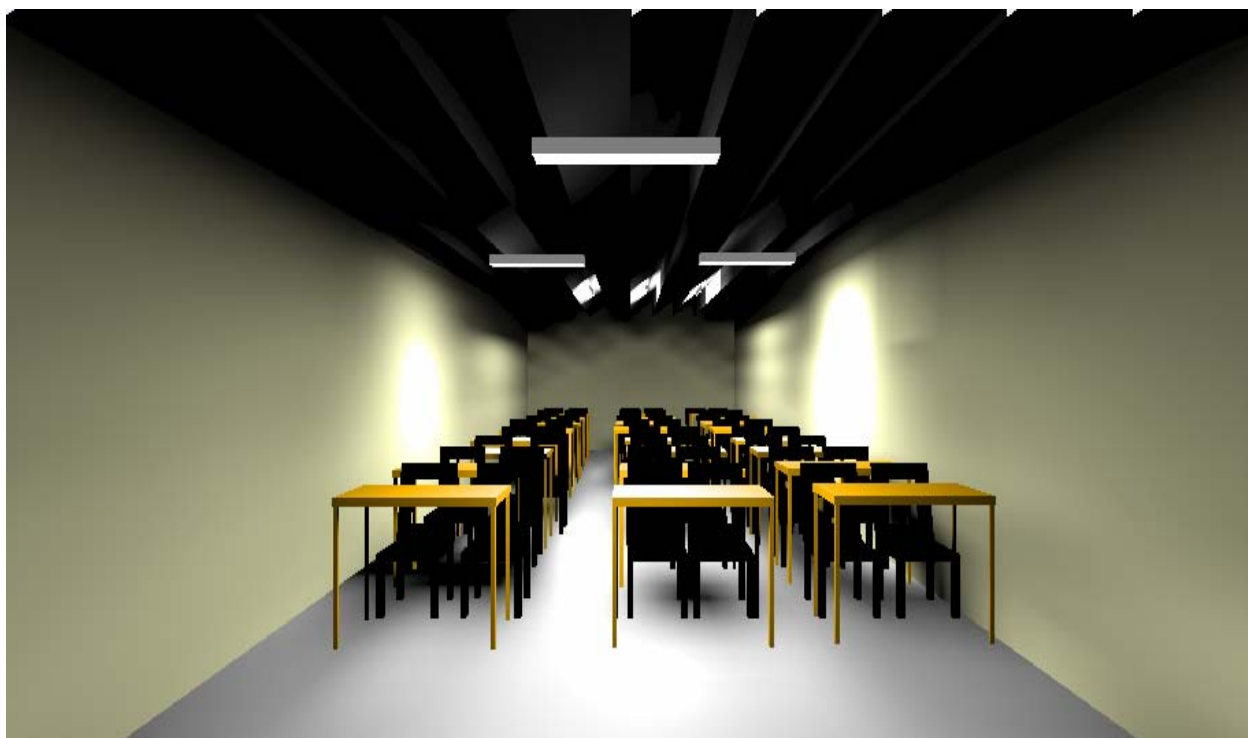


Figura 2. 18: Simulación del aula grande.



Figura 2. 19: Simulación del laboratorio de informatica.

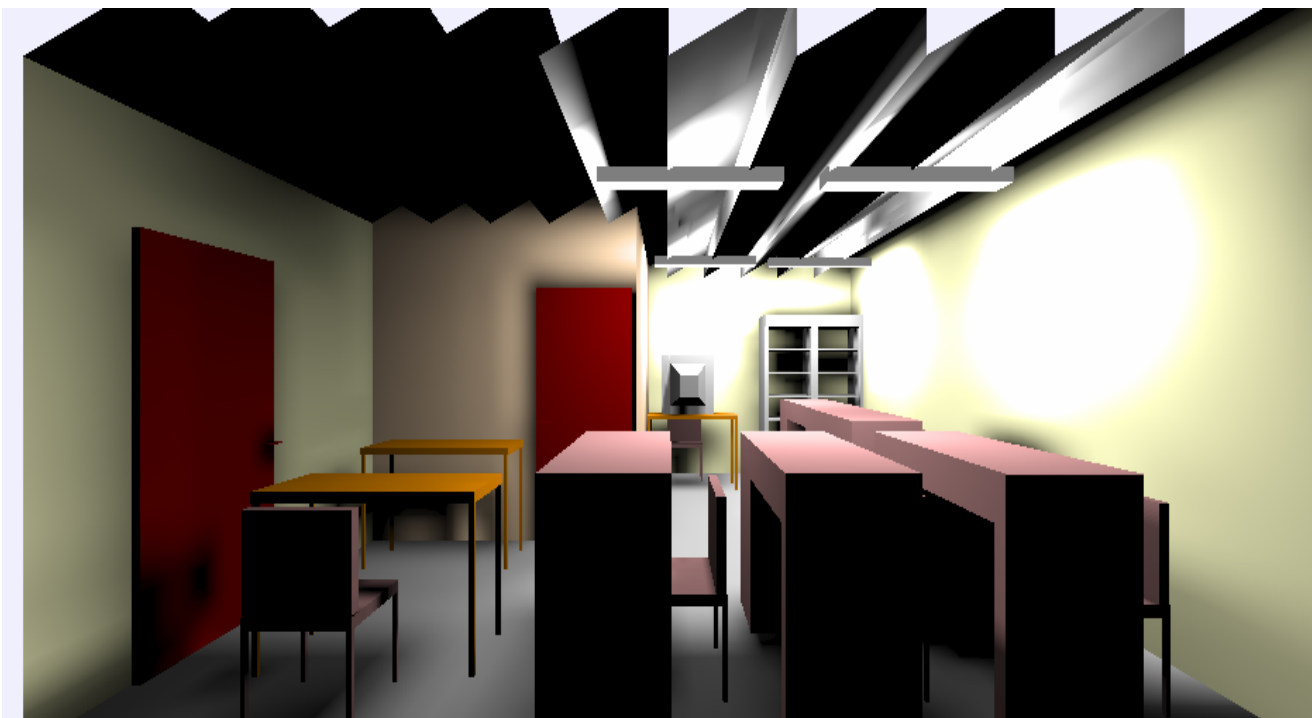


Figura 2. 20: Simulación de la oficina de Recursos Humanos.

Del análisis de los gráficos y figuras que representa todas las simulaciones se puede comprobar la ineficiencia del sistema de iluminación instalados.



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

Con el levantamiento realizado en los sistemas de iluminación de las instalaciones estudiadas, se comprobó que las mayores dificultades del mismo son:

- Muy bajos niveles de iluminación en casi todos los locales con mayores dificultades laboratorio de Computación de la Carrera de eléctrica y Oficina de Economía.
- La falta de luminarias completas (ausencia de pantallas protectoras, etc.)
- Falta de lámparas y sustitución de las rotas.
- 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 no existencia de iluminación en cancha deportiva, vías de acceso, parque y áreas exteriores.
- Existencia de zona de penumbra en las áreas exteriores.
- La altura de las lámparas en algunos casos no se corresponde con su flujo.
- No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
- Lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.
- La potencia consumida no se corresponden con los m² a iluminar.
- Ubicación de Luminarias dentro de los nervios del techo.
- No utilización de pantallas reflectoras en las lámparas de 32 W.

Por todas estas deficiencias encontradas, se puede afirmar que los sistemas de alumbrados que presentan actualmente las instalaciones, carece de las condiciones necesarias para brindar seguridad en la tarea visual, incumpléndose las Normas Cubanas e Internacionales de la CIE para este tipo de instalación educacional.



2.5 Conclusiones.

En este capítulo se realizó el diagnóstico del sistema de alumbrado, con la etapa experimental se realizaron diversas mediciones, lo que permitió conocer los bajos niveles de iluminación existentes, debido a la deficiente distribución de las lámparas, no uso de reflectores las cuales demuestran la ineficiencia del sistema de iluminación instalado. Encaminado nuestro estudio al mejoramiento del mismo.



CAPITULO III

Eficiencia Energética en los Sistemas de Iluminación

Introducción.

Factores que influyen en el comportamiento en el trabajo y el estudio.

Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado

Valoración económica.

Conclusiones.

3.1 Introducción.

En este capítulo se propondrán 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.

3.2 Factores que influyen en el comportamiento en el trabajo y el estudio.

Entre los factores que influyen en el comportamiento en el trabajo, se encuentran:

1- Factores externos. Son los que definen las situaciones de trabajo, entre ellos se encuentran:

a) Características arquitectónicas y ambientales -microclima, **iluminación**, grado de limpieza general, control de residuales etc.; disponibilidad y adecuación de suministros generales; entre otros.

b) Características de equipos y tareas: son aquellos factores específicos para un trabajo o una tarea dentro del trabajo, por ejemplo: requerimientos de percepción, resistencia y precisión, relación control/monitor, requerimientos de anticipación, necesidades de interpretación, de decisiones, frecuencia y repetitividad, necesidad de memoria a corto y largo plazo, necesidad de

efectuar cálculos, retroalimentación de los resultados, actividades dinámicas o paso a paso, comunicación y estructura del equipo de trabajo, diseño del equipo, herramientas y dispositivos especiales, organización de turnos, estructura de la organización, autoridad; responsabilidades; compañeros de trabajo; recompensas; reconocimientos; estímulos, horarios de trabajo y de receso, entre otros.

2- Factores internos de la persona: Son los factores relacionados con las características de las personas que interactúan con el sistema como: la destreza, habilidad, aptitud, experiencia y preparación anterior, práctica actual, variables personales, inteligencia, motivación, actitud, estado emocional, actividades basadas en influencias de la familia, así como otros factores.

Factores de riesgo nocivos y peligrosos

Los factores de riesgo se dividen según su acción sobre los trabajadores y estudiantes en: físicos, biológicos, sicofisiológicos y ergonómicos.

Físicos

- Iluminación y cromatismo. La luz, la iluminación y el color de las paredes de las oficinas y aulas inciden, tanto desde el punto de vista físico como fisiológico y psicológico. Incluso en nuestros días, en la "Era del conocimiento", la mayor parte de las actividades requieren de habilidad visual, manual e intelectual.

El estudio de la luz y la iluminación ha ocupado a muchos investigadores de diferentes latitudes, y se ha llegado a la conclusión que éstas se relacionan directamente con la productividad, el grado de confort y el daño visual.

Otras investigaciones, realizadas para conocer empíricamente el efecto del color en el comportamiento humano desde el punto de vista psicológico, indican una relación con ciertos estados de ánimo, emociones y sentimientos, por ejemplo:

- Amarillo: Alegría y estímulo.
- Azul: Refrescante. Se indica cuando la temperatura ambiental es alta.
- Verde: Descanso, reposo, alivio a los ojos. En combinaciones, el azul verdoso

produce sensación de frialdad, el amarillo verdoso es más cálido y muy suave, genera además una buena reflexión.

- Rojo: Peligro, excitación.
- Violeta y púrpura: Producen sensación de sensualidad y fastuosidad.
- Blanco: Limpieza, orden, sensación de espacio, con reflejos fuertes. Sucio y monótono es irritante.
- Gris: Ejerce una influencia desfavorable.
- Negro: Es deprimente, no se aconseja.

La luz es un fluido energético esencial, como organismos biológicos, en nuestra vida, desarrollo y evolución.

Aparte de su función óptica, la luz actúa sobre el organismo en dos maneras distintas:

- A través de la piel y cabellos generando fenómenos diversos como la protección cutánea, producción de vitamina D, etc..
- A través también de los ojos, afecta al hipotálamo y glándula pineal, actuando como regulador biológico.

Las consecuencias de estas alteraciones empiezan a adquirir la condición de **riesgos de salud social** bajo formas diversas: estrés, depresión, afecciones dermatológicas, alteraciones del sueño, descompensación de ritmos biológicos.

Todo ello indica que, además de la sostenibilidad, la **salubridad** es otro aspecto a considerar y ya comienzan a introducirse en el mundo del Alumbrado Laboral sistemas que prevén una variación cíclica del Nivel de Iluminación.

3.3 Propuesta para mejorar eficiencia energética en el Sistema de Iluminación.

En los sectores económicos de la industria y los servicios, la iluminación corresponde a más del 5% del consumo de energía. En las oficinas y en el comercio la relación es aún mayor. En grandes empresas industriales, los gastos de energía dedicados a iluminación pueden ser mayores o menores dependiendo del tipo de producción y de su intensidad en energía.



Como se demostró en el capítulo anterior la iluminación representa el **15.3 %** de la potencia instalada en el centro. A continuación reflejaremos las medidas propuestas para mejorar la eficiencia del sistema de iluminación.

Medidas técnicas organizativas para mejorar eficiencia del Sistema de Iluminación

1. Sustitución del transformador de alumbrado del docente por estar sobrecargado.
2. Continuar con el uso de lámparas de bajo consumo.
3. Separación de circuitos de iluminación para compartimentar su uso.
4. Colocar los difusores y limpieza de ellos.
5. Utilización de pantallas reflectoras en las lámparas de 32 W pues provoca la pérdida del 30 % del flujo, aproximadamente 900 lúmenes.
6. Cambiar la ubicación de luminarias dentro de los nervios del techo se pierde el 20 % de flujo luminoso, aproximadamente 400 lúmenes
7. Mantener en buen estado la pintura de la luminaria.
8. Desconexión completa de lámparas o focos fundidos o quemados.
9. Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
10. Uso de lámparas de vapor de sodio de alta o baja presión en áreas externas que no requieren nitidez.
11. Instalar sistemas automáticos de desconexión de circuitos.
12. Uso de fotoceldas para control luminoso especialmente donde puede aprovecharse la luz natural, para realizar un futuro estudio de ahorro por este concepto
13. Uso de temporizadores para el control de la iluminación.
14. Instalación de láminas o tejas traslúcidas en áreas como Transporte, nave de Beneficio y Taller de Mecánica.
15. Reducción de niveles de iluminación en áreas comunes.
16. Implementación de programas de encendido y apagado del alumbrado en oficina después de la jornada laboral y Residencia Estudiantil durante el día.



17. Presentar los resultados de este trabajo en forma de proyectos para cada áreas propuesta

Propuesta de equipamiento para mejorar el Sistema de Iluminación.

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

Lámparas y luminarias seleccionadas.

Haluros Metálicos con las características siguientes:

- 220V , 60 Hz, 400 W
- Flujo (lm) = 26600
- Base E-40
- Dimensiones (mm), L = 225, D = 46
- Temperatura del color (Kelvin) = 5400
- Lumen/ Watt = 80.00
- Tiempo de duración (horas) = 12000

Haluros Metálicos con las características siguientes:

- 220V , 60 Hz, 50 W
- Flujo (lm) = 6500
- Base E-40
- Dimensiones (mm), L = 225, D = 46
- Lumen/ Watt = 85.00
- Tiempo de duración (horas) = 10000

Luminarias Cobra Head para **Lámparas de Sodio de alta Presión** con las características siguientes:

- 220V, 60 Hz, SON PHILIPS 250 W.
- Flujo luminoso 150W (lm) = 27000



- Base E-40
- Dimensiones (mm): L = 226, D = 91
- Temperatura del color (Kelvin) = 1950
- Lumen/ Watt 150W y 250W = 97.00; 108.00
- Tiempo de duración (horas) = 24000

Lámparas Fluorescentes

- T.F diámetro igual a 26 mm (rectilíneos)
- Presenta un condensador que compensa el factor de potencia
- Código: F-5236-2C
- Potencia: 32 Watt
- Portalámpara: G-13.
- Peso: 3.8 Kg y 2.1 Kg
- Longitud: 1264
- Brida F-5012: fijación a pared de acero inoxidable
- Flujo luminoso: 3150 Lm .
- Posición de funcionamiento: cualquiera.
- Equipo eléctrico: reactancia + cebador.

Equipo de Iluminación propuesto:

Sistema de iluminación Exterior.

- 48 Proyectores con Lámparas de Sodio alta presión 250 W.

Sistema de Iluminación decorativa para los Parque.

- 32 Luminarias Decorativas con lámparas de Haluros Metálicos 50 W.

Sistema de Iluminación Cancha Deportiva.

420 Haluros Metálicos 400 W

- 350 para Pista de Atletismo.
- 18 cancha de Baloncesto
- 8 Cancha Voleibol.
- 18 Cancha Futbol Sala.
- 26 Cancha de Balonmano.

Sistema de Iluminación interior de oficinas y aulas.

- 194 Lámparas fluorescentes 32 W.

- 97 Balastros electrónicos.
- 194 Reflectores especulares

Simulaciones teniendo en cuenta las propuestas realizadas.

Oficina de Economía.

Niveles de iluminación propuesto.

E_{min} = 450 Luz

E_{med} = 500 Luz

E_{max} = 700 Luz

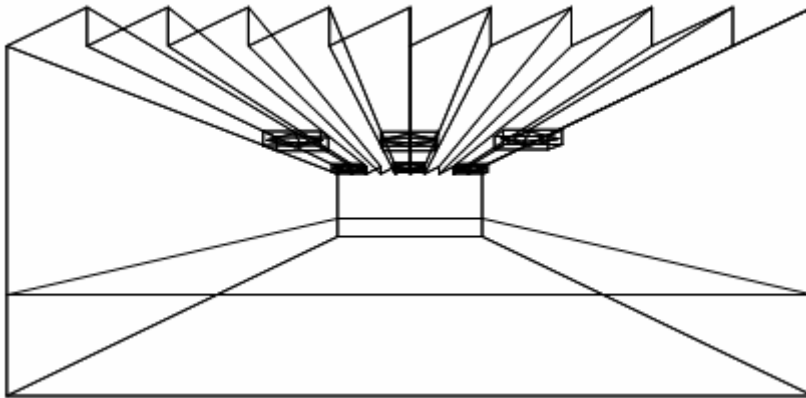


Figura 3. 1: Vista frontal de la ubicación de las luminarias

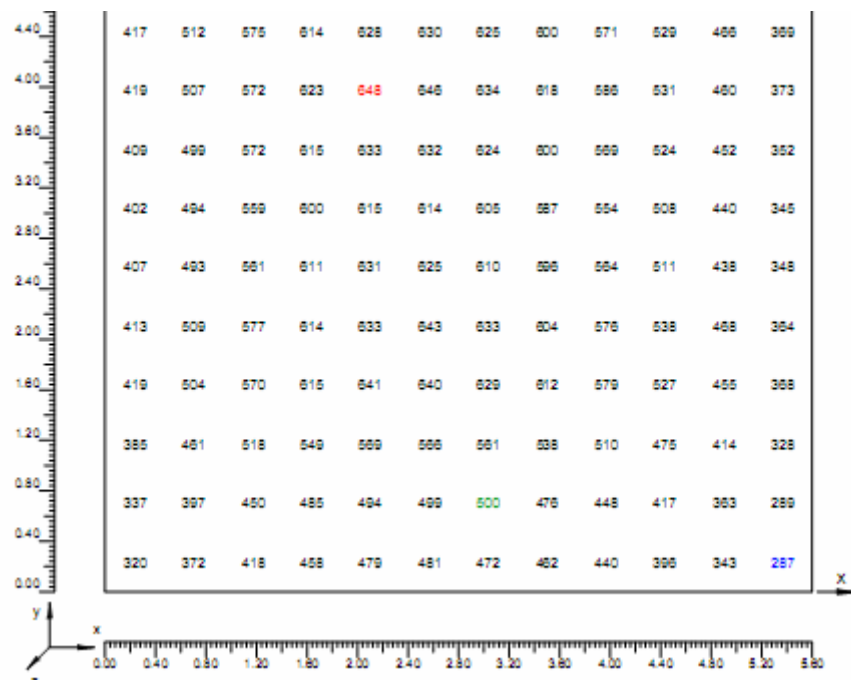
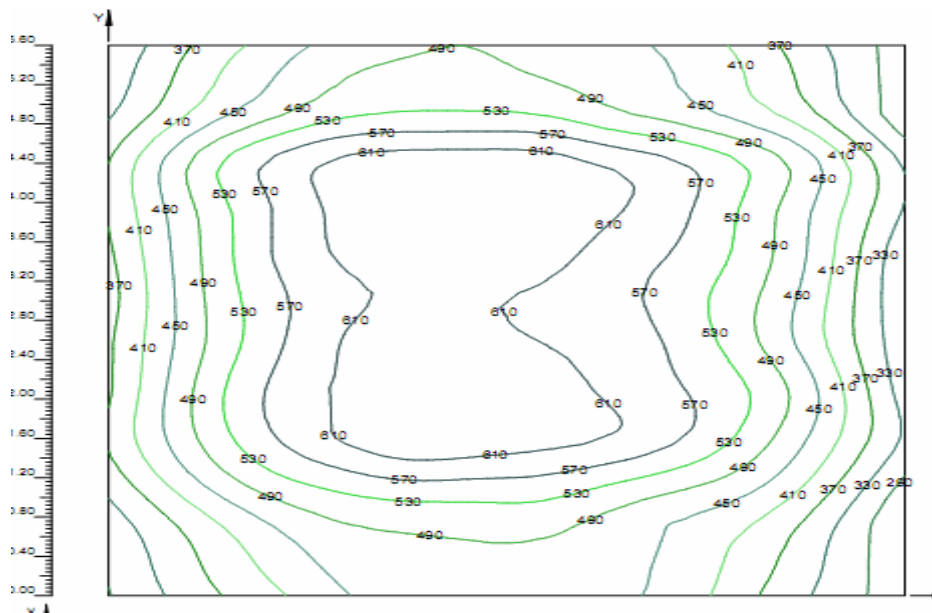


Figura 3.2: Representación de la distribución de la luz



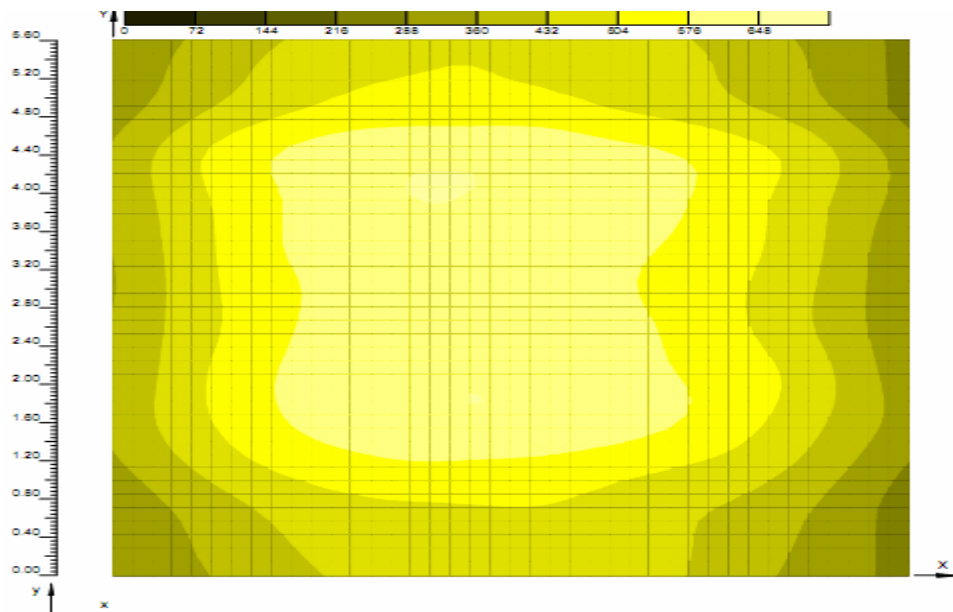


Figura 3.4: Representación de la distribución de la luz

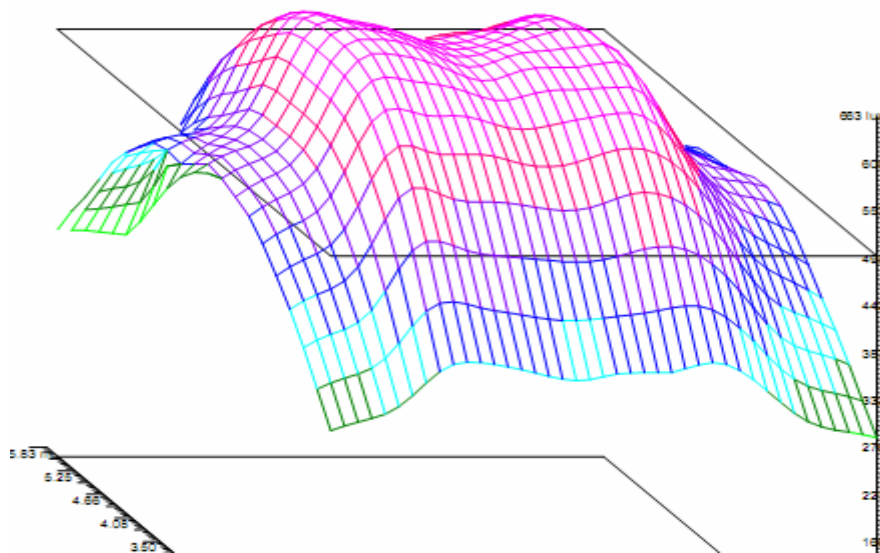


Figura 3.5: Gráfico Tridimensional de los puntos de luz.

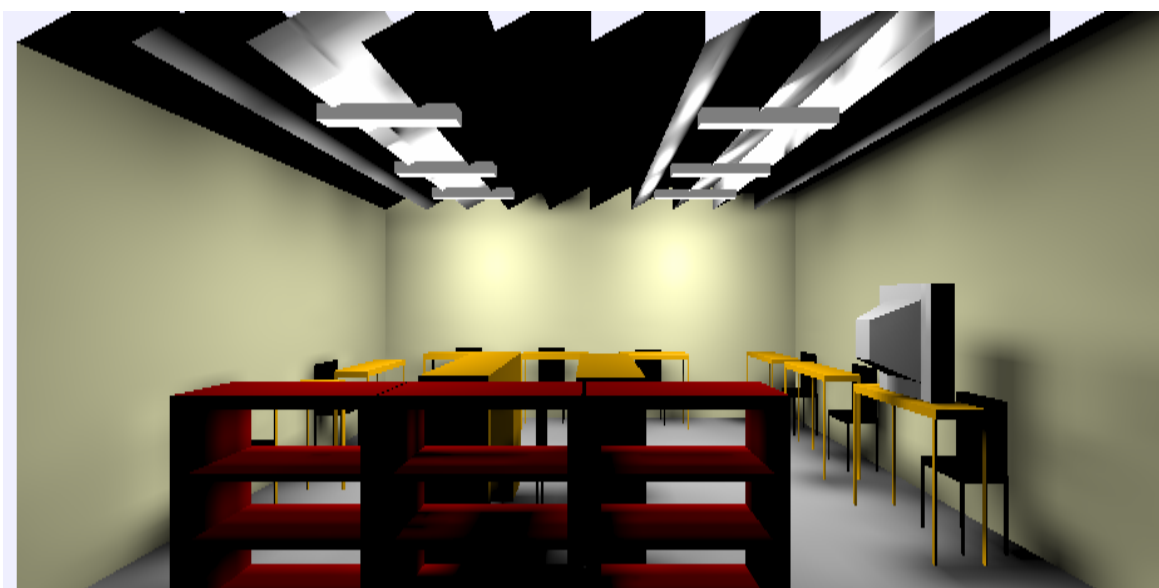


Figura 3.6: Simulación de la oficina.

Aula Grande

Niveles de iluminación propuesto.

E_{min} = 240 Luz

E_{med} = 500 Luz

E_{max} = 650 Luz

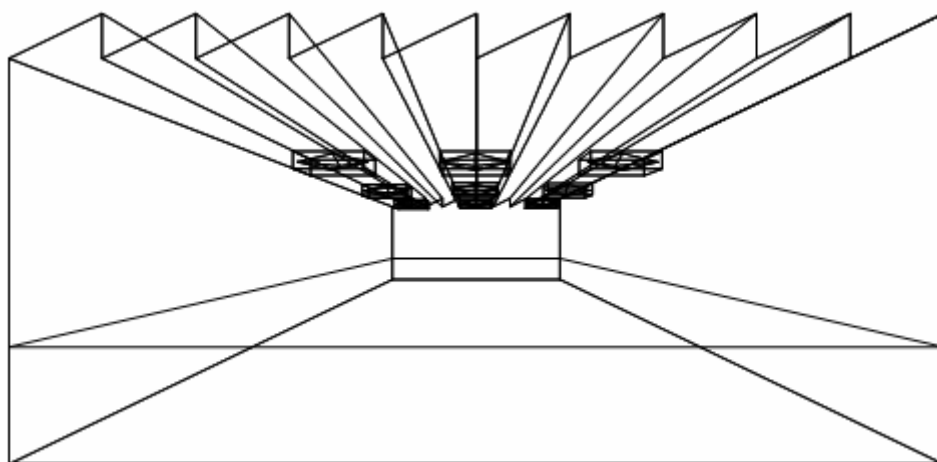


Figura 3.7: Vista frontal de la ubicación de las luminarias

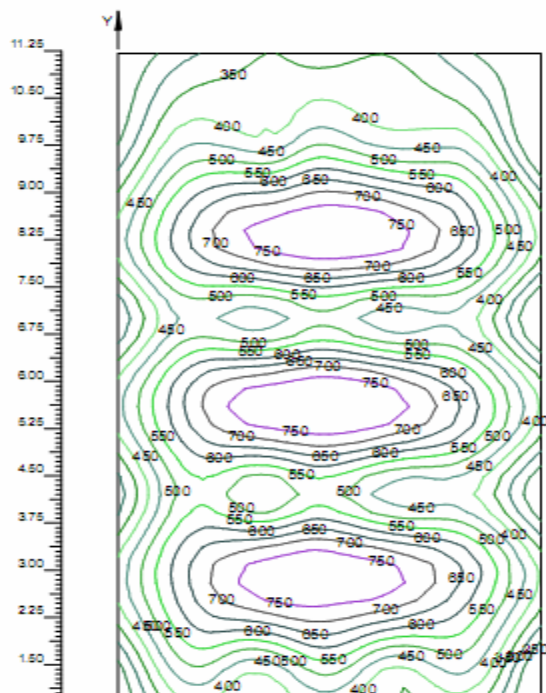


Figura 3.8: Representación de la distribución de la luz

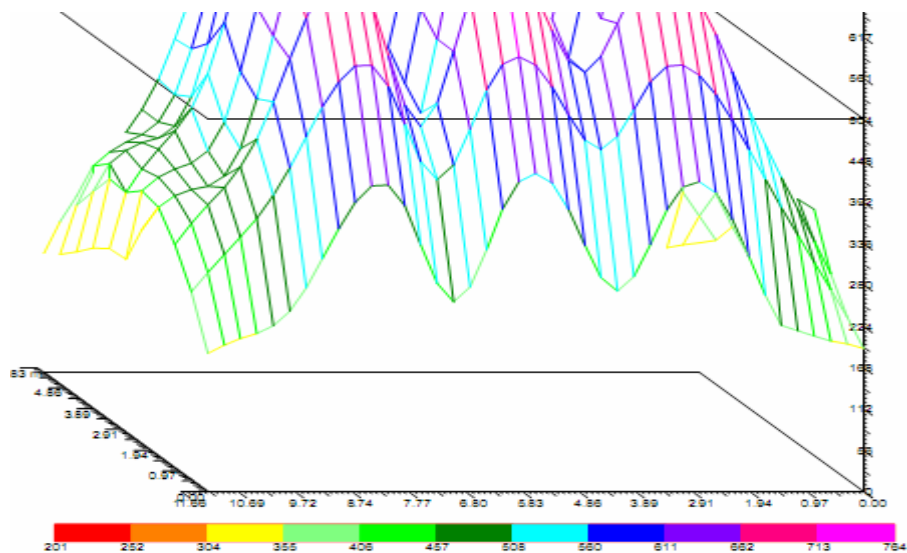


Figura 3.9: Gráfico Tridimensional de los puntos de luz.



Figura 3.10: Simulación del aula.

Propuesta iluminación viaria

Niveles de iluminación propuesto.

E_{min} = 5 Luz

E_{med} = 15 Luz

E_{max} = 20 Luz

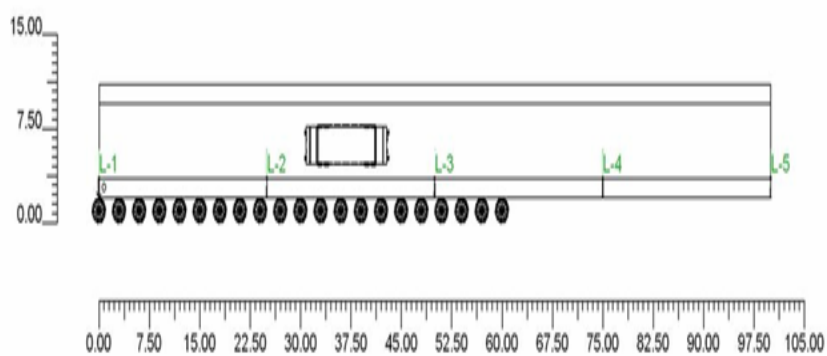


Figura 3.11: Vista Superior de la ubicación de las luminarias

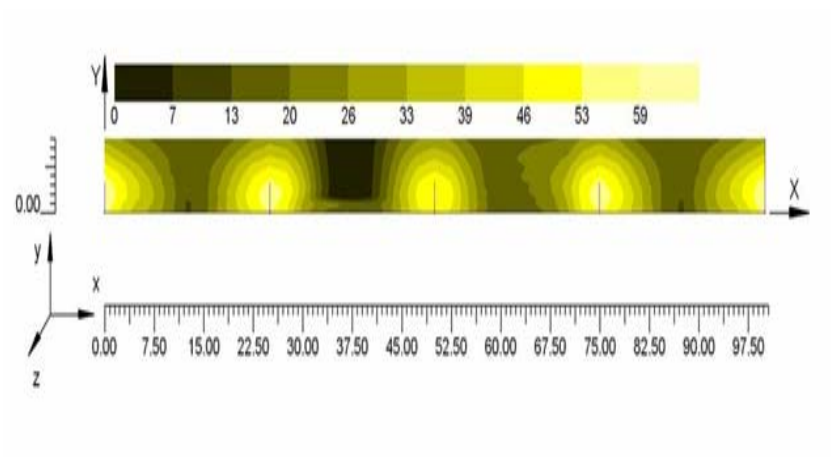


Figura 3.12: Representación de la distribución de la luz

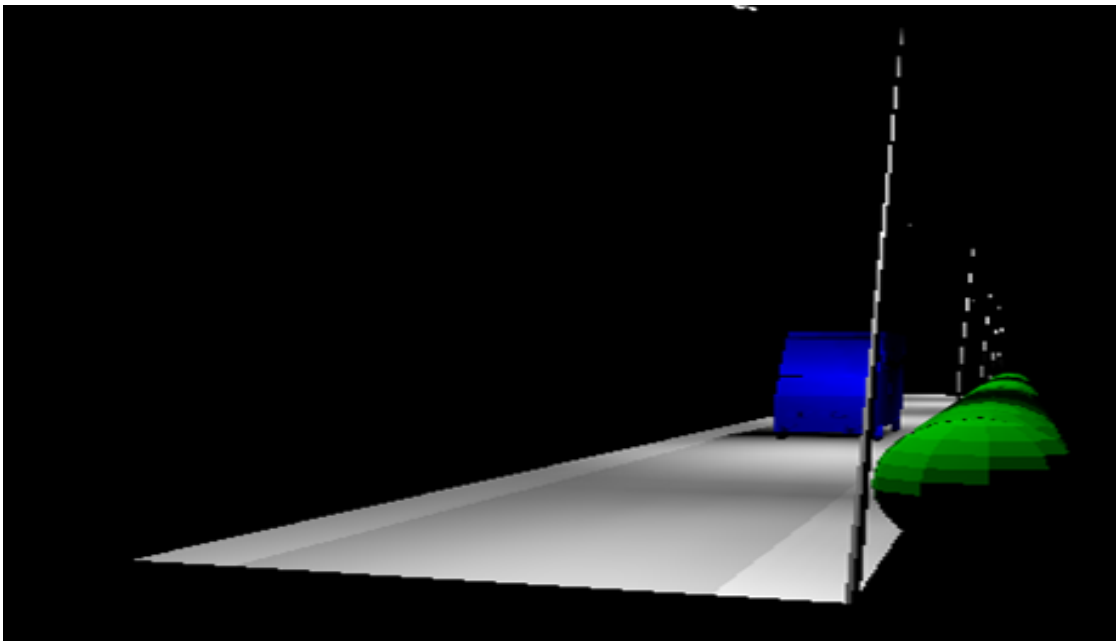


Figura 3.13: Simulación de vía acceso al centro.



Otras Simulaciones realizadas.

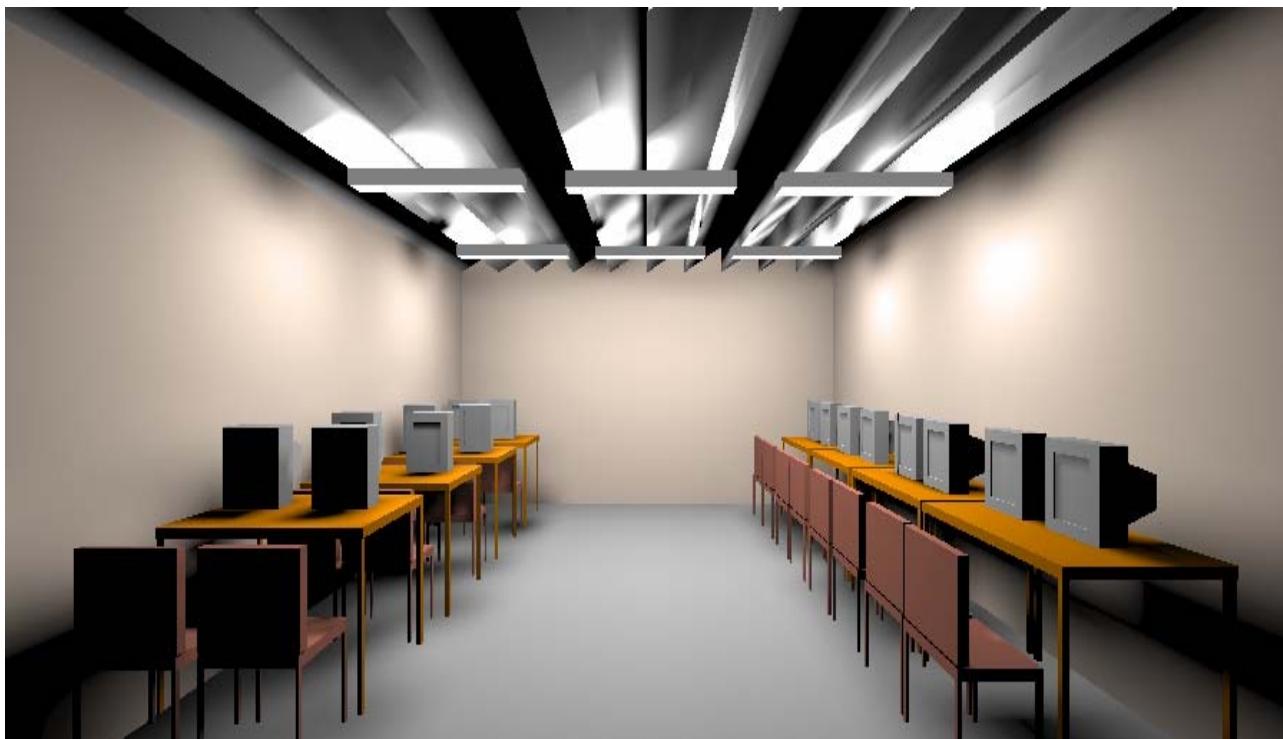


Figura 3.14: Simulación del laboratorio de computación de informática.



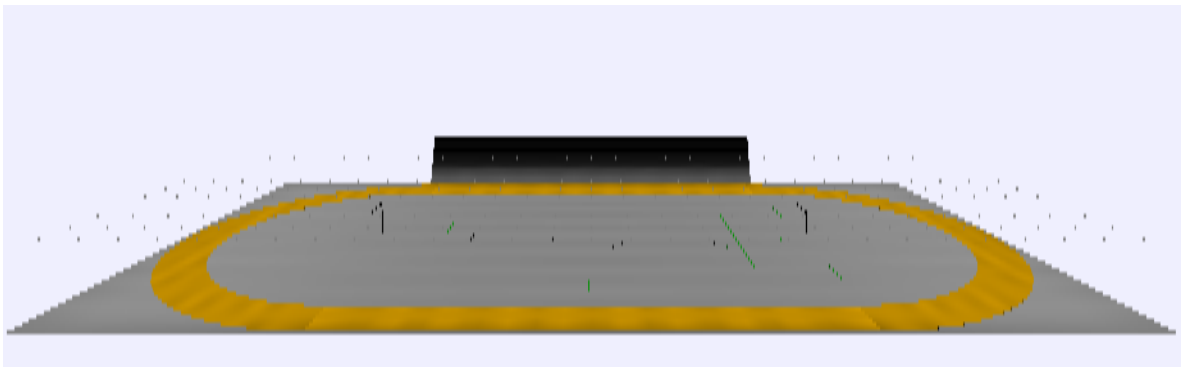
Figura 3.15: Simulación del aula.

Propuesta iluminación áreas Deportivas

Cancha de Baloncesto



Pista de atletismo y Terreno de Fútbol



3.4 Valoración económica.

La valoración económica se realizara por las propuestas realizadas con lámparas eficientes que existen en la actualidad.

Proyectores con Lámparas de Sodio alta presión se ahorra 150 W.



Luminarias Decorativas con lámparas de Haluros Metálicos se ahorra 50 W.

Proyectores con Lámparas de Haluros Metálicos se ahorra 200 W.

Lámparas fluorescentes se ahorra 22 W.

Se devalúa el 18% valor del USD para obtener el valor del CUC.

El ISMM pago como promedio 0.016 ctvos por cada kWh consumido.

Tiempo de funcionamiento por instalaciones.

Oficinas 8 horas promedio.

Aulas 11 horas promedios

Viaria y exterior 12 horas promedio.

Cancha Deportiva 6 horas promedios.

Pronostico de ahorro:

Proyección del sistema con lámparas ineficientes.

Sistema de iluminación Exterior 6.9 MWh al mes.

Sistema de Iluminación decorativa para los Parque 1.1 MWh al mes.

Sistema de Iluminación Cancha Deportiva 45.3 MWh al mes

Sistema de Iluminación interior de oficinas y aulas 4.2 MWh al mes

Sobreconsumo 57.5 MWh al mes

Proyección del sistema con lámparas eficientes.

Sistema de iluminación Exterior 2.5 MWh al mes.

0.57 MWh al mes.

Sistema de Iluminación Cancha Deportiva 15.1 MWh al mes

Sistema de Iluminación interior de oficinas y aulas 1.4 MWh al mes

Total de consumo 19.5 MWh al mes

Total de ahorro 38 MWh al mes

Total de ahorro pago de energía 608 pesos en MN.

Recursos necesarios para cada proyecto propuesto

Tabla 3.1 Sistema de iluminación Exterior y vial.



| Recursos | UM | Precio unitario (C.U.C) | Cantidad | Total |
|--|-----|-------------------------|----------|----------------|
| Luminarias con Lámparas de SAP (Cobra) | U | 152.23 | 48 | 7307.04 |
| Proyectores con Lámparas de SAP | U | 92.57 | 18 | 1666.26 |
| Conductor TW # 10 | Mts | 0.95 | 1200 | 1140 |
| Poste para luminaria vial. | U | 384.43 | 18 | 6919.74 |
| Cuadro de control AP 2X32A | U | 112.2 | 1 | 112.12 |
| Cemento | T | 42.50 | 0.864 | 36.72 |
| Arena | T | 16.32 | 1.728 | 28.20 |
| Interruptor de carga 35 A | U | 13.52 | 10 | 130.52 |
| Total | | | | 17872.4 |

Tabla 3.2. Sistema de Iluminación decorativa para los Parques

| Recursos | UM | Precio unitario (C.U.C) | Cantidad | Total |
|---------------------------|-----|-------------------------|----------|----------------|
| Luminarias Decorativas | U | 32.32 | 32 | 1034.34 |
| Conductor TW # 10 | Mts | 0.95 | 150 | 142.5 |
| Interruptor de carga 15 A | U | 8.21 | 5 | 41.05 |
| Total | | | | 1217.89 |

Tabla 3.3 Sistema de Iluminación Cancha Deportiva.

| Recursos | UM | Precio unitario (C.U.C) | Cantidad | Total |
|------------------------------|-----|-------------------------|----------|---------|
| Proyectores con Lámparas H M | U | 128.34 | 420 | 53902.8 |
| Conductor TW # 10 | Mts | 0.95 | 900 | 855 |
| Interruptor de carga 50 A | U | 17.31 | 6 | 103.86 |



| | |
|--------------|-----------------|
| Total | 54861.66 |
|--------------|-----------------|

Tabla 3.4 Sistema de Iluminación interior de oficinas y aulas

| Recursos | UM | Precio unitario (C.U.C) | Cantidad | Total |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------|----------------|
| Lámpara fluorescente 32 W | U | 1.20 | 196 | 235.2 |
| Luminaria | U | 22.94 | 50 | 1147 |
| Reflectores | U | 1.33 | 196 | 260.68 |
| Total | | | | 1642.88 |

3.5 Conclusiones.

La selección del mejor tipo de alumbrado para una situación determinada lleva consigo la consideración de la cantidad de luz, el grado de difusión, la dirección y la calidad espectral. Lo que incluso es preferible en algunos casos en lo que deben apreciarse irregularidades de contorno y superficie. Todos estos factores mencionados anteriormente influyen en el proceso de trabajar con una intensidad luminosa apropiada lo cual dan como resultado tipos de lámparas utilizadas.



Conclusiones

- Se propone Medidas técnicas organizativas para mejorar eficiencia del Sistema de Iluminación.
- Se realizaron los cálculos mediante los softwares de iluminación TROLL LITESTAR.5S3 y 7.00, INDALWIN, FACALU RSL y OXY TECH 2004 lo que permitieron comprobar los niveles de iluminación de las propuesta realizadas.
- Se realizó un análisis detallado de Efecto de la iluminación en la salud humana como estrés, depresión, afecciones dermatológicas, alteraciones del sueño, descompensación de ritmos biológicos para que se tome conciencia de la importancia de elevar los niveles de iluminación en las aulas y oficina.
- Se mostraron los resultados de cada sistema de iluminación propuestos por separado para que sean presentado en forma de proyecto,
- La metodología utilizada se sustenta en bases científicas, que permite hacer un análisis integral de los sistemas de iluminación teniendo en cuenta las deficiencias en la proyección del mismo.



Recomendaciones

- Que se evalué por parte de la Dirección del ISMM los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación de forma escalonada, como parte de los proyecto de calidad de vida que se llevan a cado por el MES.
- 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. Alumbrado con proyectores <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.2001.
3. Alumbrado de exteriores. <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/9-4.htm>.1999.
4. Análisis del Sistema de iluminación Viaria del municipio Moa 2005.Yunier Cabrera, Delroy George. Arambula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar exteriores – Universidad Iberoamericana México -1995.
5. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar Exteriores – Universidad Iberoamericana México- 1995.
6. Catálogo de iluminación Effere (1995).
7. Catálogo General de iluminación Indalux 1995.
8. Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
9. Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997).
10. Contaminación lumínica .[http://www 14.brinkster.com./luminica/](http://www14.brinkster.com./luminica/).1998.
11. Contaminación lumínica. [http:// www14.brinkster. com. /lumínica/](http://www14.brinkster.com./lumínica/).1998.
- 12.Eficiencia de los sistemas de iluminación Moa 2002. Odalis Robles Laurencio.
- 13.Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna 2004. Oscar Figueroa.
- 14.Eficiencia del sistema de iluminación de la planta Termoeléctrica Cdte. Pedro Sotto Alba. Moa 2007.Suraima Pavón Herrera, Yarima Marisma frometa.
- 15.Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales.
- 16.Equipos auxiliares para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.
17. Ferreiro, Mason, P Ahorro de Energía Eléctrica en Iluminación.

18. Ferrero Andréu, LI. Optimización de la Eficiencia Energética en Iluminación.
19. <http://www.Panasonic.com>
20. Instalaciones de Alumbrado.
. <http://bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema8/8htm.2000>.
21. Instalaciones de Alumbrado. <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/Tema8/8->
22. J.I. Urraca Piñeiro: Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A. Luminotécnica. <http://www.cepri.cl/iku.1998>.
23. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Alumbrado Westinghouse.1986.
24. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Westinghouse.1986
25. Manual de Procedimiento para el Diseño y Cálculo de una Instalación de Alumbrado. Centros de Proyectos del Níquel. 1999.
26. Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002. Omar Hidalgo Pérez.
27. Masorra, Jironella (1986). Suministro Eléctrico Industrial.
28. Papel Central que la Iluminación juega en Ferias.
<http://www.ctio.noao.edu/light> pollution/1999.
29. Representación de las Características luminosas de las Lámparas y Luminarias 2002.
30. Representación de las características luminosas de las lámparas y luminarias 2002.
31. Revista Ingeniería de la Iluminación (reimpresión) Mayo, Junio 1967.
32. Eficiencia en los sistemas de Iluminación. Robin Louis.2008.
33. Sistema eléctrico para lámparas de descarga. Antonio Vela Sánchez, Juan José Garrido Vázquez.
34. Sistemas de Iluminación. <http://www.octanorm.es/silumina.htm.2000>.
35. <http://www.herrera.unt.edu.ar>
36. <http://www.ceisp.com/symposium/pdf/03Criteriosdeeficacia.pdf>
37. [Alumbrado de vías públicas..](#)
38. <http://www.urbanismo.munimadrid.es/gmu/>



39. <http://www.lightingdesign.cl/ahorroenergia.htm>.EuroSeek.
40. <http://www.ambiente.cl/bioclimatica/bioclima.html>.EuroSeek
41. <http://www.bsi3m.com/iluminacion/solf/solf.htm>.EuroSeek.
42. <http://www.search.com/search?q=iluminaci%F3n+eficiente&channel=1&ref=wf.CNET>.
43. <http://www.edelnor.com.pe/llumEfic.htm>.
44. http://www.ctio.noao.edu/light_pollution/ejemplos.html.EuroSeek.
45. <http://www.guiacomercial.com.ar/electronorCanada.com>.
46. <http://www.unt.edu.ar/facet/LAbLumi/MAVILE.htm>.
47. http://www.bekolite.com/spanish/historia_ilumacion.htmlEuroSeek.Histori
[a](#)
48. <http://www.facalu.com/> Canada.com.



Relación de Anexos

Anexo 1. Niveles de Iluminación Normas cubanas

Anexo 2. Total de locales

Anexo 3. Lámparas - valores fundamentales.

Anexo 4. Equipamientos para el control de Iluminación.

Anexo 5. Clasificación de las lámparas.



Anexo 1 Niveles de Iluminación

NORMA CUBANA ILUMINACIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO EN INTERIORES

| Tipo de interior, tarea o actividad | <i>Em lux</i> | <i>CUD</i> | <i>R_a</i> |
|--|---------------|------------|----------------------|
| BIBLIOTECAS | | | |
| Estanterías (de libros) | 200 | 19 | 80 |
| Áreas de lectura | 500 | 19 | 80 |
| Mostradores | 500 | 19 | 80 |
| EDIFICIOS EDUCACIONALES | | | 80 |
| Aulas, locales de profesores | 300 | 19 | 80 |
| Aulas para clases nocturnas y de educación de adultos | 500 | | 80 |
| Salas de dibujo técnico | 750 | 16 | 80 |
| Locales de prácticas y laboratorios | 500 | 19 | 80 |
| Locales de prácticas de computación | 500 | 19 | 80 |
| Locales comunes de estudiantes y salas de reuniones. | 200 | 19 | 80 |
| OFICINAS | | | 80 |
| Archivo, copia, circulación, etc. | 200 | 19 | 80 |
| Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos | 500 | 19 | 80 |
| Salas de conferencias y reuniones | 500 | 19 | 80 |
| Estación de trabajo CAD | 500 | 19 | 80 |



Anexos 2

Total de locales

| | |
|--------------------------|-----|
| aulas | 43 |
| Aulas especializadas | 35 |
| oficinas | 301 |
| laboratorios | 86 |
| Locales de uso multiples | 23 |
| | |

Anexos 3

LAMPARAS - VALORES FUNDAMENTALES

| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|--------------|-------------------------|
| MIXTAS | 160 | --- | 3.100 | --- |
| | 250 | --- | 5.600 | --- |
| | 500 | --- | 14.000 | --- |
| | 500 | --- | 32.500 | --- |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| ADITIVOS METÁLICOS ELIPSOIDAL | 250 | 275 | 18.000 | 32 |
| | 400 | 430 | 24.000 | 35 |
| | 1.000 | 1.040 | 80.000 | 70 |
| ADITIVOS METÁLICOS TUBULAR | 250 | 275 | 20.000 | 32 |
| | 400 | 430 | 25.000 | 35 |
| | 1.000 | 1.050 | 82.000 | 85 |
| | 2.000 (*) | 2.080 | 170.000 | 60 |
| | 3.500 (*) | 3.650 | 300.000 | 100 |

* Alimentación de 380 VCA

| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
|-----------------------------|----------------|--------------------------|--------------|-------------------------|
| VAPOR DE SODIO ALTA PRESION | 50 | 62 | 3.300 | 10 |
| | 70 | 83 | 5.800 | 12 |
| | 150 | 170 | 15.00 | 20 |
| | 250 | 280 | 25.000 | 40 |
| | 400 | 450 | 48.000 | 50 |
| | 11.000 | 1.090 | 120.000 | 100 |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| VAPOR DE SODIO BAJA PRESION | 18 | 25 | 1.800 | 5 |
| | 35 | 56 | 4.800 | 20 |
| | 56 | 76 | 8.000 | 20 |
| | 90 | 113 | 13.500 | 26 |
| | 135 | 175 | 22.500 | 45 |
| | 180 | 220 | 33.000 | 50 |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |



| VAPOR DE MERCURIO | 50 | 59 | 2.000 | 7 |
|---|----------------|--------------------------|--------------|-------------------------|
| | 80 | 89 | 3.800 | 8 |
| | 125 | 137 | 6.300 | 10 |
| | 250 | 266 | 13.500 | 18 |
| | 400 | 425 | 23.000 | 25 |
| | 700 | 735 | 40.000 | 40 |
| | 1.000 | 1.045 | 55.000 | 60 |
| | | | | |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| INCANDESCENTES CLARAS | 25 | --- | 230 | --- |
| | 40 | --- | 430 | --- |
| | 60 | --- | 730 | --- |
| | 75 | --- | 960 | --- |
| | 100 | --- | 1.380 | --- |
| | 150 | --- | 2.220 | --- |
| | 200 | --- | 3.150 | --- |
| | 300 | --- | 5.000 | --- |
| | 500 | --- | 8.400 | --- |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| INCANDESCENTES HALOGENAS (Cuarzo - Iodo) | 300 | --- | 5.500 | --- |
| | 500 | --- | 9.500 | --- |
| | 750 | --- | 16.500 | --- |
| | 1.000 | --- | 22.000 | --- |
| | 1.500 | --- | 33.000 | --- |
| | 2.000 | --- | 44.000 | --- |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| TUBO FLUORESCENTE Ø 26 mm. Luz Día | 18 (20) | 27 | 1.400 | 3 |
| | 36 (40) | 45 | 3.300 | 3,6 |
| | 58 (65) | 69 | 5.200 | 6 |
| Entre paréntesis se indica a que tubo fluorescente de Ø 38 equivale | | | | |
| TIPO DE LAMPARA | POTENCIA [W] | POTENCIA c/BALASTO [W] | FLUJO [Lm] | CONDENSADOR [μ F] |
| TUBO FLUORESCENTE Ø 38 mm. Luz Día | 15 | 24 | 690 | --- |
| | 20 | 30 | 1.050 | 2,9 |
| | 30 | 40 | 1.470 | 2,9 |
| | 40 | 54 | 2.500 | 3,6 |
| | 65 | 83 | 4.000 | 6 |
| | 105 | 125 | 6.800 | 12 |



Anexo 4

Registrador de Iluminación y Ocupación IntelliTimer® Pro IT-100



El IntelliTimer Pro es un registrador de ocupación e iluminación revolucionario que establece el potencial de ahorro energético por usar sensores de ocupación. Registra el tiempo durante el cual un espacio está ocupado y desocupado y el tiempo en que las luces del espacio están prendidas y apagadas.

El modelo IT-100 usa la tecnología infrarroja pasiva para detectar ocupación. Observa el nivel de luz a través de un conducto de plástico liviano transparente para determinar si las luces están prendidas o apagadas en el área. Diseñado para ser instalado rápidamente y sin cables, el registrador se engancha de un panel del techo o se asegura a una superficie con soportes de fábrica, eliminando así costos de mano de obra y suministrando portabilidad. Luego de una sesión de registro, el modelo IT-100 se conecta a una computadora para extraer la información.

La información que se extrae incluye las horas en que la luz estuvo prendida y apagada y las que el espacio del edificio estuvo ocupado o vacío. Cada IntelliTimer viene con el paquete de software IT-Pro Soft para entornos Macintosh o Windows. El software analiza la información recogida y la muestra a través de un informe de análisis, así como de gráficas donde aparecen los periodos de encendido/apagado y ocupado/desocupado.

El modelo IntelliTimer Pro puede ser usado prácticamente en todo tipo de medio para determinar el ahorro energético en iluminación general de techo y por tarea. Se puede utilizar también para verificar economías luego de la instalación de un control de energía. Ofrece el método más simple y efectivo en términos de costo para auditar la pérdida energética en el espacio de un edificio.

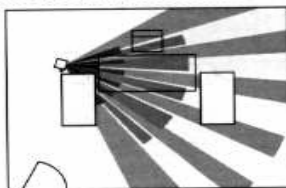
Características Técnicas del IT-100

- Funciona con baterías de litio
- Tecnología infrarroja pasiva
- Botón de prueba para activar por 90 segundos los niveles de luz y ocupación y los diodos electroluminiscentes (LED)
- Conducto orientable de luz en plástico transparente para observar el nivel de luminosidad
- Sensibilidad ajustable del nivel de luz
- Interruptor empotrado de reposición
- Conectado mediante cable conector con computadora para recabar información

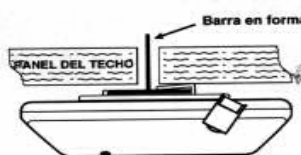
Software IT-Pro

- Lista las entradas en el registro, incluyendo el número, la fecha y la hora de entrada y el estado de alumbrado y ocupación
- Los usuarios fijan el costo de energía por hora de kilovatio, por tamaño de la carga controlada y el nombre del lugar.
- El adiciónador del HVAC calcula los ahorros obtenidos por reducción del enfriamiento al alejar el calor del alumbrado
- Los informes muestran gráficas de ocupación-alumbrado, potencial ahorro de dinero e información estadística
- Los datos pueden ser archivados para uso futuro

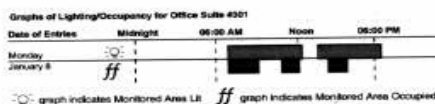
Cobertura - Colocación en oficina



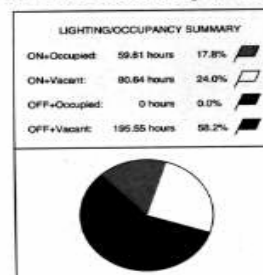
Instalación de Barra en Forma de T



Gráficas de Iluminación y Ocupación



Informe de Análisis y Gráficas



Información Para Pedidos

| NO# DE CATALOGO | DESCRIPCION |
|-----------------|--|
| IT-100-PC | Registrador de ocupación e iluminación con software para PC |
| IT-100-Mac | Registrador de ocupación e iluminación con software para Mac |
| PC-Cable | Cable conector para el modelo IT-100 para PC |
| Mac-Cable | Cable conector para el modelo IT-100 para Mac |

Todas las unidades son de color blanco.

The Watt Stopper



Medidor de Luz Illuminometer®

El Illuminometer FX-200 es un medidor de luz autónomo de fácil manejo que indica visualmente los niveles de luz tanto en bujías-pies como en luxes. El modelo FX-200 medirá de 0.1 a 5000 bujías-pies o desde 1 hasta 50,000 luxes con la simple activación de un interruptor. Los niveles de luz pueden también ser monitoreados utilizando una salida analógica incorporada.

El Illuminometer es ideal para medir los niveles nocturnos de luz en zonas de estacionamiento que solo leen 1.08 luxes. Los niveles diurnos exteriores pueden ser medidos hasta 53800 luxes. Está diseñado para suministrar lecturas precisas en una amplia gama de áreas de trabajo, incluyendo fábricas, oficinas, negocios, hospitales, restaurantes y escuelas.

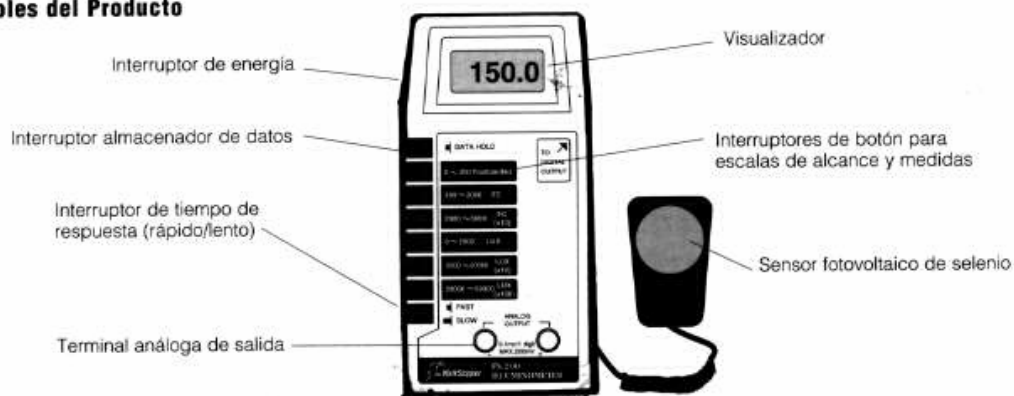
Con el aumento del uso de iluminación eficiente en términos de energía en el ambiente de trabajo de hoy, se ha hecho más importante que nunca poseer un Illuminometer para ayudar en el monitoreo y para mantener los niveles de luz.



Características Técnicas

| | |
|----------------------------------|---|
| Visualizador | 13mm (0.5 pulgadas) LCD (visualizador en cristal líquido) |
| Medidas | Luxes y bujías-pie |
| Amplitud | Luxes - 0 a 50,000 luxes, 3 rangos; bujía-pie - 0 a 5000 bp, 3 rangos |
| Ajuste Cero | Ajuste automático |
| Sobre Entrada | Indicación de "1" |
| Tiempo de muestreo | Aproximadamente 0.4 segundos |
| Material del sensor | Célula fotovoltaica de selenio |
| Unidad de energía | Batería DC de 9 voltios |
| Nivel de temperatura para operar | 0° a 50° C (32° a 122° F) |
| Nivel de humedad para operar | Menos del 80% de humedad relativa |
| Dimensiones | 180mm x 85mm x 35 |
| Peso | 300 gr |
| Garantía | 1 año |
| Accesorios estándar | 1 estuche, 1 manual de instrucciones |

Controles del Producto



Información Para Pedidos

| NO# DE CATALOGO | DESCRIPCION |
|-----------------|------------------------------|
| FX-200 | Iluminómetro digital-análogo |

Ventas/Apoyo Técnico 1-972-578-1699



Sensor de Ocupación de Tecnología Dual

El sensor de ocupación (patentado) de tecnología dual The Watt Stopper es el más avanzado que se haya creado para control de alumbrado. Combina en una sola unidad los mejores rasgos de las tecnologías PIR y ultrasónicas para lograr control superior de alumbrado para aún las aplicaciones más difíciles. Su principio de verificación dual de detección elimina prácticamente las falsas activaciones.

El modelo DT-100L opera a 24 VCD y controla el alumbrado con una unidad transformador/relevador Watt Stopper. En su configuración estándar, la unidad enciende las luces cuando ambas tecnologías detectan ocupación. A continuación se mantendrán prendidas si hay detección por parte de cualquiera de las dos tecnologías. Las luces se apagan luego que el área controlada ha quedado desocupada por un periodo predeterminado de tiempo. Se dispone de otras opciones de controles que necesitan de una sola tecnología para activar o para mantener el alumbrado encendido.

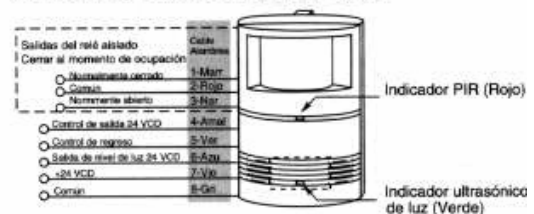
El modelo DT-100L cuenta con un sensor del nivel de luz que mantiene apagadas secciones del alumbrado cuando la luz ambiente es adecuada. Este modelo también cuenta con un relé aislado que le permite al sensor interconectarse con EMS, HVAC y otros sistemas de control de edificios.



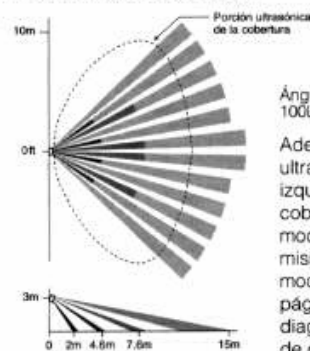
Características Técnicas

- Tecnologías PIR y Ultrasonido
- Sensor integrado de nivel de luz 27 a 4627 luxes
- Relé aislado monopolar y bidireccional
- Frecuencia ultrasónica de 40 KHz +/- 0.006%
- Retraso de tiempo ajustable de 15 segundos a 15 minutos
- LED para indicar detección para ambas tecnologías
- Sensibilidad ajustable
- Hasta 2 unidades por unidad transformador/relevador
- 128mm x 84 mm x 42mm
- Listado por el laboratorio de aseguradores (en inglés, UL), CUL y NOM-NYCE, 5 años de garantía

Cableado y Controles del DT-100L



Patrones de Cobertura



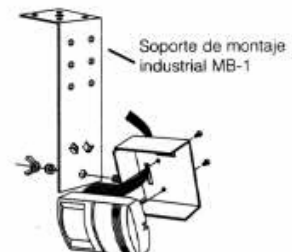
Ángulo ancho denso DT-100L (Estándar)

Además de la cobertura ultrasónica (ilustrada a la izquierda), los patrones de cobertura para todos los modelos DT-100L son los mismos que para el modelo CI-100. Ver la página 12 para los diagramas de los patrones de cobertura de los lentes -1, -3 y -4.

Soportes de Montaje



El uso del BR-1 agrega flexibilidad y se recomienda para la mayoría de instalaciones con las opciones de lentes estándar y -1.



El soporte MB-1 se usa para instalar sensores al techo o artefactos en instalaciones industriales tales como almacenes. El soporte permite posicionar apropiadamente al modelo DT-100L (en ángulo) y al DT-100L-3 (plano).

Información Para Pedidos

| NO# DE CATALOGO | VOLTAJE | CORRIENTE | COBERTURA |
|-----------------|---------|-----------|----------------------|
| DT-100L | 24 VCA | 28 mA | 112 metros cuadrados |
| DT-100L-1 | 24 VCA | 28 mA | 27 metros lineales |
| DT-100L-3 | 24 VCA | 28 mA | 37 metros lineales |
| DT-100L-4 | 24 VCA | 28 mA | 15 metros lineales |

Todas las unidades son blancas y usan unidades transformador/relevador Watt Stopper. Un CM-100 y un BR-1 se incluyen con cada una de las unidades DT-100L y DT-100L-1. Todos los soportes pueden ser ordenados por separado.

Ventas/Apoyo Técnico 1-972-578-1699



Interruptor Automático de Pared de Estilo Decorador WS

Los interruptores automáticos de pared de estilo decorador WS y WM reemplazan a los interruptores normales de pared y se instalan detrás de placas decorativas de pared. Son la opción perfecta para el control del alumbrado cuando usted quiere reducir costos de energía sin perjudicar la calidad o las apariencias.

Los sensores usan una tecnología PIR avanzada y unos lentes de dos niveles para encender los sistemas de alumbrado cuando un cuarto o una oficina está ocupada y para apagarlos cuando se desocupa. Los modelos WS prenden las luces automáticamente cuando una ocupación es detectada. Estos cuentan con un sensor de nivel de iluminación incorporado que mantiene apagado el sistema mientras la luz ambiente es adecuada. Los modelos WM deben ser encendidos manualmente cada vez que se ingresa en el área. Todos los modelos apagan las luces automáticamente luego que el área se ha desocupado. El sistema de circuitos integrados de aplicación específica (en inglés, ASIC) y el sistema de circuitos de cruce por cero contribuyen a aumentar la solidez de los productos mediante un incremento de la confiabilidad e inmunidad contra las interferencias radioeléctricas (en inglés, RFI) y electromagnética (en inglés, EMI).

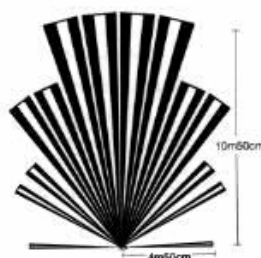
Los sensores WS y WM pueden suministrar ahorros energéticos de hasta 60% y son ideales para oficinas individuales u otros espacios cerrados de edificios donde a veces las luces se dejan prendidas.



Características Técnicas

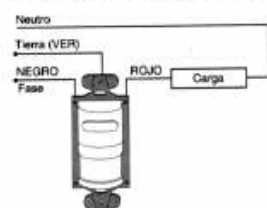
- Tecnología avanzada PIR
- Corriente alterna dual de 120/277 voltios
- Modelos de encendido automático (WS) y manual (WM)
- Retraso digital de tiempo de 30 segundos a 30 minutos
- Sensor integrado de nivel de iluminación de 22-2152 luxes (WS)
- LED para indicar detección
- Unidad de sensibilidad ajustable
- ASIC para confiabilidad e inmunidad contra interferencias radioeléctricas (RFI) y electromagnética (EMI)
- Sistema de circuitos de cruce por cero - patente pendiente
- No hay requerimiento de carga mínima
- No hay corriente de fuga a la carga cuando apagado
- Protección contra caídas del voltaje
- Compatibilidad con todos los balastos
- 68mm x 45 mm x 56 mm
- Listado por el laboratorio de aseguradores (en inglés, UL), CUL y NOM-NYCE, 5 años de garantía

Patrón de Cobertura

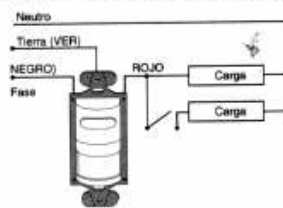


** La cobertura de la muestra es para controlar hasta medios pasos en movimientos del caminar, hasta un máximo de 84 metros cuadrados. En montajes de 1.2 metros de altura, la cobertura es de 28 metros cuadrados para una actividad típica de escritorio.

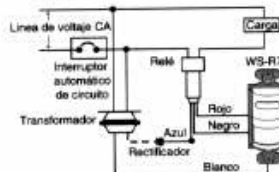
Nivel Único de Alumbrado



Nivel Doble Manual de Alumbrado



Cableado WS-R7P



Información Para Pedidos

| NO# DE CATALOGO | VOLTAJE | REQUISITOS DE CARGA | COBERTURA** | MODALIDAD |
|-----------------|----------------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| WS-120/277 | 120 VCA; 60 Hz 277 VCA; 60 Hz | 0-800 Watts de balastro 0-1200 Watts de balastro | 180°, 84 metros cuadrados | Encendido-Automático |
| WS-230 | 220-240VCA; 50 Hz | 0-1200 Watts de balastro | 180°, 84 metros cuadrados | Encendido-Automático |
| WS-347 | 347 VCA; 60Hz | 0-1500 Watts de balastro | 180°, 84 metros cuadrados | Encendido-Automático |
| WM-120/277 | 120 VCA; 60 Hz 277 VCA; 60 Hz | 0-800 Watts de balastro 0-1200 Watts de balastro | 180°, 84 metros cuadrados | Encendido-Manual |
| WS-R7P | 24 VCD media onda | 3 RR7 Relés | 180°, 84 metros cuadrados | Encendido-Automático |

Agregar -1 para Número de Catalogo para el color Marfil, -W para el color Blanco, -G para el color Gris, -B para el color Negro; Incluye placa simple de cobertura de un agujero ASP-211. Solicite ASP-422 para placa de cobertura sin diseño de dos agujeros, o ASP-432 para placa de cobertura de dos agujeros con opción de interruptor, especifique el color.

The Watt Stopper



Sensores Ultrasónicos de Ocupación



Los sensores ultrasónicos de ocupación The Watt Stopper de montaje en el techo están disponibles para controlar muchas aplicaciones.

Los sensores funcionan mediante la transmisión de una onda sonora de 25 KHz generada por un oscilador de cristal de cuarzo. Un transmisor omnidireccional de placa plana envía esta señal al área controlada. El movimiento en el área produce el retorno de las ondas de sonido al receptor a una frecuencia más rápida o más lenta, lo que resulta en un desplazamiento de tipo Doppler y la detección de ocupación. Cuando esto ocurre, el alumbrado se prende mediante una unidad transformador/relevador Watt Stopper. Luego de un cierto periodo de tiempo, ajustable por el usuario, durante el cual no se detecta movimiento, las luces se apagan.

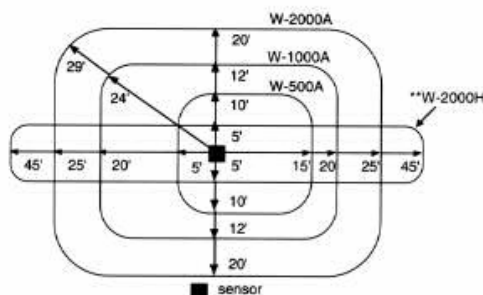
Los sensores ultrasónicos presentan una sensibilidad ajustable y un desvío de llave lógica de encendido. Un LED simplifica los ajustes de sensibilidad. Los modelos están disponibles con un relé aislado para permitirle al sensor interconectarse con sistemas de unidad de aire acondicionado y calefacción (en inglés, HVAC) o EMS.

Los sensores están disponibles en modelos que cubren desde menos de 46 hasta 186 metros cuadrados y están diseñados para funcionar en la totalidad de una amplia variedad de aplicaciones. Éstas incluyen grandes salas de conferencias, baños, áreas de depósito, corredores, y áreas abiertas u oficinas divididas. La facilidad de instalación y el bajo costo producen beneficios económicos inmediatos.

Características Técnicas

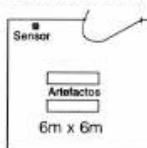
- Cristal controlado de estado sólido 25Khz + 0.005%
- Transmisión omnidireccional (cobertura de 360°)
- Circuitos avanzados de procesamiento de señales
- Receptores resistentes a la temperatura y a la humedad
- Los modelos W-500A y W550A tienen 1 receptor, otros modelos tienen 2
- Desvío de llave lógica de encendido
- Retraso de tiempo ajustable de 15 segundos a 15 minutos
- LED para indicar detección
- Sensibilidad ajustable
- Hasta 3 unidades por unidad transformador/relevador
- 115mm x 115mm x 32 mm
- Listado por el laboratorio de aseguradores (en inglés, UL), CUL y NOM-NYCE, 5 años de garantía

Patrones de Cobertura



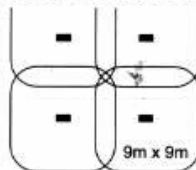
** La cobertura del modelo W-2000H no está dibujada a escala

Colocación en Oficinas Cerradas



En áreas cerradas de edificios los sensores ultrasónicos deben ser colocados de tal manera que no vean fuera de la puerta y así reducir falsas activaciones

Colocación de Sensor Para Oficina Abierta



Tipicamente los sensores controlan oficinas en zonas superpuestas.

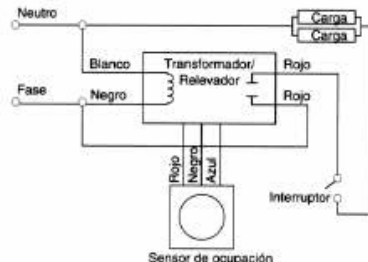
Nota: los sensores ultrasónicos deben ser colocados por lo menos a 1.2 metros de distancia de ductos de entrada, a 1.8 metros de la descarga horizontal de ductos, y a 1.8 metros de unidades transformador/relevador.

Información Para Pedidos

| NO# DE CATALOGO | VOLTAJE | CORRIENTE | COBERTURA |
|-----------------|---------|-----------|---------------------------|
| W-500A | 24 VCA | 16 mA | 46 metros cuadrado 360° |
| W-1000A | 24 VCA | 16 mA | 93 metros cuadrados 360° |
| W-2000A | 24 VCA | 16 mA | 186 metros cuadrados 360° |
| W-2000H | 24 VCA | 16 mA | 27 metros lineales 360° |
| W-550A* | 24 VCA | 23 mA | 46 metros cuadrados 360° |
| W-1050A* | 24 VCA | 23 mA | 93 metros cuadrados 360° |
| W-2050A* | 24 VCA | 23 mA | 186 metros cuadrados 360° |
| W-2050H* | 24 VCA | 23 mA | 27 metros lineales 360° |

Todas las unidades son de color blanco y usan unidades transformador/relevador Watt Stopper. * Los modelos W-550A, W-1050A, W-2050A, y W-2050H cuentan con un relé aislado.

Diagrama de Cableado Ultrasónico



Ventas/Apoyo Técnico 1-972-578-1699



OPTILUME

Descripción: La Serie de luminarias Optilume optimizan los niveles de iluminación con un gran confort visual (VPC) en el área y la máxima eficiencia energética. Su rejilla de 3" hace posible cortar el velo de la luz en ángulos superiores a los 60 grados, lo cual evita el deslumbramiento típico de las luminarias fluorescentes. Por su forma y construcción esta serie de luminarias con difusor basculante, logran una fotometría ideal para ambientes de oficina y comercio, brindando, a su vez, una apariencia sobria y uniforme sin igual.

Construcción: Su fondo es elaborado en aluminio blanco White-91 de 91% de reflectividad total, garantizado por 10 años. La alta reflectividad de este material combinado con su difusor basculante permite asegurar un perfecto direccionamiento de la luz hacia el área de trabajo. Por los materiales utilizados es muy liviana, evitando así el stress del techo. La estructura o marco de la luminaria es elaborado en acero de calibre apropiado y con un tratamiento anticorrosivo previo a la aplicación de la pintura epóxica en polvo.



Dimensiones: Se ofrece en los tamaños convencionales del mercado: 2'x4' (605 x 1215 mm), 2'x2' (605 x 605 mm), 1'x4' (300 x 1215 mm) y 1'x2' (300 x 605 mm).

Lentes: De acuerdo a las necesidades de cada cliente, las luminarias Optilume vienen equipadas con rejilla doble parabólica de aluminio anodizado semi-especular de 3" de altura, según las configuraciones de celdas que se muestran en las hojas técnicas de cada modelo. Para difusores en otros materiales consultar con fábrica.

Eléctricas: Acceso interior al balasto mediante pieza central removible. Sockets bi-pin de seguridad con rotor que aseguran un excelente contacto de los pines de la lámpara con los sockets. Vienen equipadas con balasto electrónico para lámparas T-8 en su configuración estándar. Consultar con fábrica para aplicaciones con balastos electromagnéticos y otro tipo de lámpara.

Tipo de Techo: Se adaptan en techos de suspensión visible de T invertida y en techos corridos de dry-wall. Consultar para aplicaciones específicas de techos estructurales de bandeja.

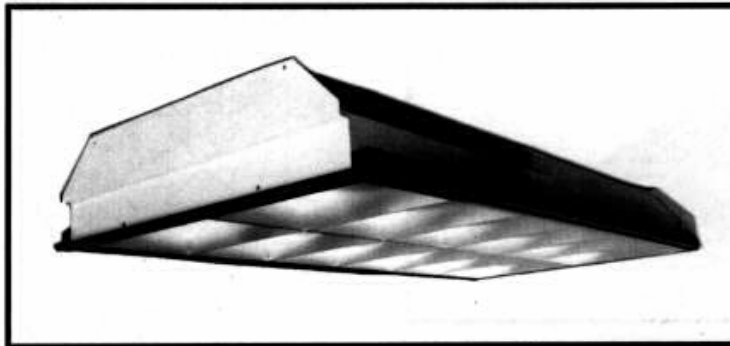
Manejo de Aire: Todas las luminarias pueden brindar la posibilidad de tener manejo de aire: para retorno, para inyección de aire acondicionado vía termotanques o estáticas, sin las perforaciones para activar dicha opción.

VENTAJAS

- Fondo parabólico de aluminio blanco con 10 años de garantía en las características reflectivas y apariencia del material.
- Rejilla de aluminio semi especular de baja iridiscencia preanodizado.
- Solo mide 155 mm de profundidad.
- Eficiencia lumínica superior a 78,2 % para el modelo 2'X4' con rejilla difusora de aluminio.
- Muy liviana, solo pesa 5 Kg. Equipada con balasto electrónico, lámparas T-8 y rejilla doble parabólica de aluminio.
- Doble ponche para conexión eléctrica con tubería de 1/2".

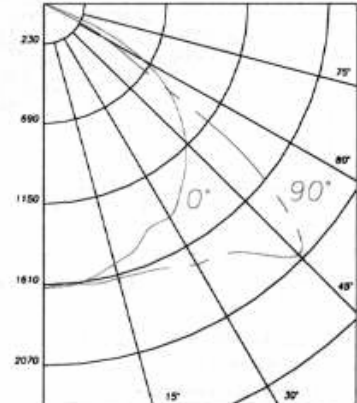
Código para ordenar

| | | | | | | | | |
|-----------|-----------|--------------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------|---------------|
| OP | 42 | N | 18 | E | 4 | 32 | 277 | G |
| Tamaño | | Color del Marco Exterior | Cantidad de Celdas del Difusor | Función de Aire | Cantidad de Lámparas | Tipo de lámpara | Voltaje | Tipo de Techo |



OPTILUME 4X2 - RA / 12

Curvas Isocandela



Modelo: OP 42 N 12 R 2 32 120 G (Datos de la fotometría)

Dimensión: Ancho x Largo x Alto 2' x 4' x 6" - 605 x 1215 x 155 mm

Difusor: Rejilla doble parabólica de aluminio anodizado semi especular de baja iridiscencia en 3" de altura, configuración de celdas 2 x 6 con marco pivotante autocontenido.

Balasto: B2321120RH (59 Watt con dos lámparas OSRAM L32W21-840)

Eficiencia: 78,2 %

Criterio de espaciamento: 1.8

Opciones: Balasto de Emergencia, funciones de ventilación, balasto electrónico High Performance (THD < 10%)

SUMARIO DE LUMEN ZONALES

| ZONA | LUMENS | % LAMP | % LUMINARIA |
|--------|--------|--------|-------------|
| 0-30 | 1,324 | 22.4 | 28.7 |
| 0-40 | 2,258 | 38.3 | 48.9 |
| 0-60 | 4,301 | 72.9 | 93.2 |
| 0-90 | 4,613 | 78.2 | 100.0 |
| 90-180 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 0-180 | 4,613 | 78.2 | 100.0 |

Eficiencia Total de la luminaria = 78,2 %

DISTRIBUCION DE CANDELAS

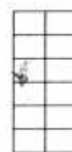
| | 0,00 | 22,50 | 45,00 | 67,50 | 90,00 | FLUJO |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1632 | 1632 | 1632 | 1632 | 1632 | |
| 5 | 1626 | 1641 | 1648 | 1648 | 1611 | 156 |
| 15 | 1544 | 1574 | 1611 | 1633 | 1633 | 454 |
| 25 | 1419 | 1463 | 1537 | 1618 | 1670 | 713 |
| 35 | 1241 | 1308 | 1471 | 1670 | 1759 | 934 |
| 45 | 997 | 1116 | 1434 | 1759 | 2040 | 1128 |
| 55 | 641 | 872 | 1300 | 1204 | 761 | 914 |
| 65 | 138 | 270 | 429 | 277 | 220 | 287 |
| 75 | 10 | 16 | 30 | 30 | 22 | 24 |
| 85 | 0 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Coefficientes de Utilización

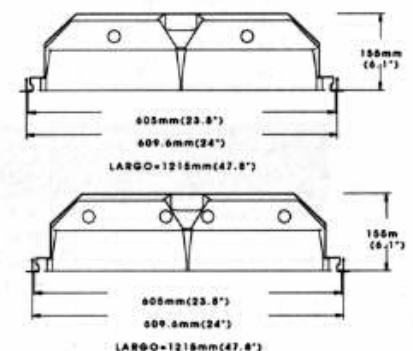
Método de Cavidad Zonal

Reflectancia del Piso = 20%

| RT | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | | 30 | | | | 10 | | | | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| RP | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 0 |
| 0 | 93 | 93 | 93 | 93 | 91 | 91 | 91 | 91 | 87 | 87 | 87 | 83 | 83 | 83 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 78 | |
| 1 | 87 | 84 | 81 | 79 | 85 | 82 | 79 | 77 | 79 | 77 | 75 | 76 | 74 | 73 | 73 | 72 | 70 | 68 | | | |
| 2 | 80 | 74 | 70 | 66 | 78 | 73 | 69 | 65 | 70 | 67 | 64 | 68 | 65 | 62 | 65 | 63 | 60 | 58 | | | |
| 3 | 73 | 66 | 60 | 56 | 71 | 65 | 59 | 55 | 62 | 58 | 54 | 60 | 57 | 53 | 58 | 55 | 51 | 50 | | | |
| 4 | 67 | 59 | 52 | 48 | 66 | 58 | 52 | 47 | 56 | 51 | 47 | 54 | 50 | 46 | 52 | 49 | 44 | 42 | | | |
| 5 | 62 | 52 | 46 | 41 | 60 | 52 | 45 | 41 | 50 | 45 | 40 | 48 | 44 | 40 | 47 | 43 | 38 | 37 | | | |
| 6 | 57 | 47 | 41 | 36 | 56 | 46 | 40 | 36 | 45 | 39 | 35 | 44 | 39 | 35 | 43 | 38 | 33 | 32 | | | |
| 7 | 53 | 43 | 36 | 31 | 51 | 42 | 36 | 31 | 41 | 35 | 31 | 40 | 35 | 31 | 39 | 34 | 29 | 28 | | | |
| 8 | 49 | 39 | 32 | 28 | 48 | 38 | 32 | 28 | 37 | 32 | 28 | 36 | 31 | 28 | 35 | 31 | 25 | 24 | | | |
| 9 | 46 | 35 | 29 | 25 | 45 | 35 | 29 | 25 | 34 | 29 | 25 | 33 | 28 | 25 | 32 | 28 | 23 | 22 | | | |
| 10 | 43 | 33 | 27 | 23 | 42 | 32 | 26 | 22 | 31 | 26 | 22 | 31 | 26 | 22 | 30 | 25 | 20 | 19 | | | |

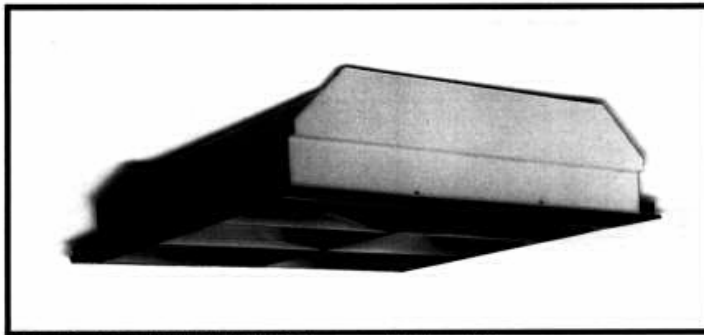


12 Celdas



Dimensiones de la Luminaria

| Manejo de Aire | Número de Celdas | Código para Ordenar | Tipo y Cantidad De Lámparas | Voltajes Disponibles |
|-------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| Inyección de Aire | 12 | OP 42 N 12 I 2 32 | 2-F32T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 42 N 12 I 4 32 | 4-F32T8 | 120/277 |
| Retorno de Aire | 12 | OP 42 N 12 R 2 32 | 2-F32T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 42 N 12 R 4 32 | 4-F32T8 | 120/277 |
| Estática | 12 | OP 42 N 12 E 2 32 | 2-F32T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 42 N 12 E 4 32 | 4-F32T8 | 120/277 |



Modelo: OP 22 N 06 R 2 17 120 G (Datos de la fotometría)

Dimensión: Ancho x Largo x Alto 2' x 2' x 6,1" - 605 x 605 x 155 mm

Difusor: Rejilla doble parabólica de aluminio anodizado semi especular de baja iridiscencia en 3" de altura, configuración de celdas 2 x 3 con marco pivotante autocontenido.

Balasto: M2-IN-T8-GP-D-120 (32 Watt con una lámparas OSRAM L17W21-840)

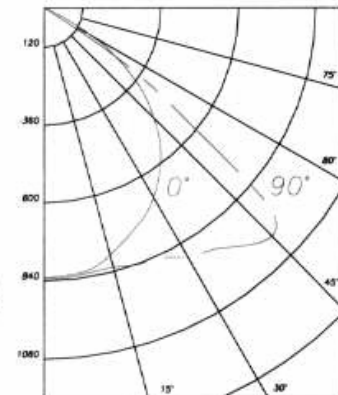
Eficiencia: 76,3 %

Criterio de espaciamento: 1,8

Opciones: Balasto de Emergencia, funciones de ventilación, balasto electrónico High Performance (THD < 10%)

OPTILUME 2X2 - RA / 6

Curvas Isocandela



SUMARIO DE LUMEN ZONALES

| ZONA | LUMENS | % LAMP | % LUMINARIA |
|--------|--------|--------|-------------|
| 0-30 | 673 | 24.0 | 31.5 |
| 0-40 | 1.162 | 41.2 | 54.0 |
| 0-60 | 2.052 | 73.3 | 96.1 |
| 0-90 | 2.135 | 76.3 | 100.0 |
| 90-180 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| 0-180 | 2.135 | 76.3 | 100.0 |

Eficiencia Total de la luminaria = 76,3 %

DISTRIBUCION DE CANDELAS

| | 0,00 | 22,50 | 45,00 | 67,50 | 90,00 | FLUJO |
|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 833 | 833 | 833 | 833 | 833 | |
| 5 | 827 | 835 | 835 | 835 | 835 | 80 |
| 15 | 790 | 798 | 813 | 835 | 827 | 231 |
| 25 | 720 | 731 | 776 | 842 | 850 | 363 |
| 35 | 621 | 648 | 753 | 887 | 909 | 479 |
| 45 | 479 | 544 | 716 | 916 | 997 | 564 |
| 55 | 286 | 377 | 476 | 332 | 333 | 335 |
| 65 | 45 | 66 | 77 | 84 | 103 | 75 |
| 75 | 7 | 7 | 7 | 9 | 12 | 9 |
| 85 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 90 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Coefficientes de Utilización

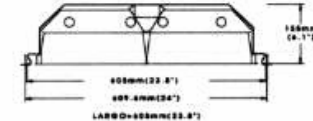
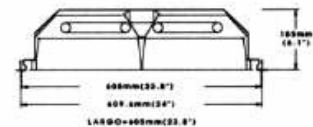
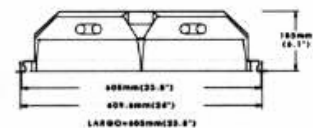
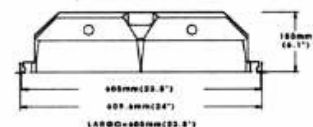
Método de Cavidad Zonal

Reflectancia del Piso = 20%

| RT | 80 | | | | 70 | | | | 50 | | | | 30 | | | | 10 | | | | 0 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|---|
| RP | 70 | 50 | 30 | 10 | 70 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 50 | 30 | 10 | 0 | | | |
| 0 | 91 | 91 | 91 | 91 | 89 | 89 | 89 | 89 | 85 | 85 | 85 | 81 | 81 | 81 | 78 | 78 | 78 | 76 | | | |
| 1 | 85 | 82 | 80 | 77 | 83 | 80 | 78 | 76 | 77 | 75 | 74 | 74 | 73 | 71 | 72 | 70 | 69 | 67 | | | |
| 2 | 79 | 73 | 69 | 66 | 77 | 72 | 68 | 65 | 69 | 66 | 63 | 67 | 64 | 62 | 65 | 63 | 59 | 58 | | | |
| 3 | 72 | 66 | 60 | 56 | 71 | 65 | 60 | 56 | 62 | 58 | 55 | 60 | 57 | 54 | 58 | 56 | 51 | 50 | | | |
| 4 | 67 | 59 | 53 | 49 | 65 | 58 | 52 | 48 | 56 | 51 | 48 | 54 | 50 | 47 | 53 | 49 | 44 | 43 | | | |
| 5 | 62 | 53 | 47 | 42 | 60 | 52 | 46 | 42 | 51 | 45 | 42 | 49 | 45 | 41 | 48 | 44 | 39 | 38 | | | |
| 6 | 57 | 48 | 42 | 37 | 56 | 47 | 41 | 37 | 46 | 41 | 37 | 45 | 40 | 36 | 43 | 39 | 34 | 33 | | | |
| 7 | 53 | 43 | 37 | 33 | 52 | 43 | 37 | 33 | 42 | 36 | 33 | 41 | 36 | 32 | 40 | 36 | 30 | 29 | | | |
| 8 | 49 | 40 | 33 | 29 | 48 | 39 | 33 | 29 | 38 | 33 | 29 | 37 | 32 | 29 | 36 | 32 | 27 | 26 | | | |
| 9 | 46 | 36 | 30 | 26 | 45 | 36 | 30 | 26 | 35 | 30 | 26 | 34 | 29 | 26 | 33 | 29 | 24 | 23 | | | |
| 10 | 43 | 33 | 28 | 24 | 42 | 33 | 27 | 24 | 32 | 27 | 24 | 32 | 27 | 24 | 31 | 27 | 21 | 20 | | | |



6 Celdas

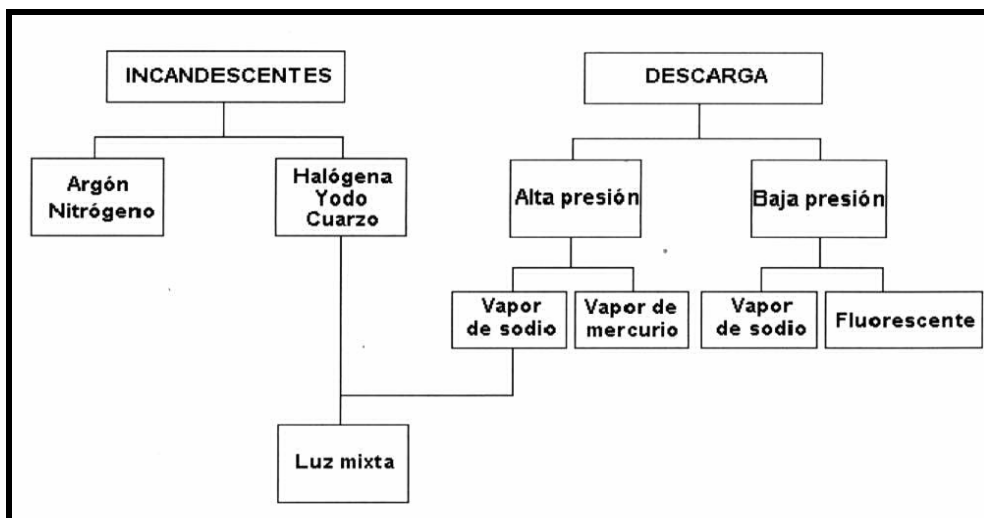


Dimensiones de la Luminaria

| Manejo de Aire | Número De Celdas | Código para Ordenar | Tipo y Cantidad de Lámparas | Voltajes Disponibles |
|-------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|
| Inyección de Aire | 12 | OP 22 N 06 I 2 17 | 2-F17T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 I 4 17 | 4-F17T8 | 120/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 I 2 U2 | 2-F32T8/U2 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 I 2 U6 | 2-F32T8/U6 | 120/220/277 |
| Retorno de Aire | 12 | OP 22 N 06 R 2 17 | 2-F17T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 R 4 17 | 4-F17T8 | 120/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 R 2 U2 | 2-F32T8/U2 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 R 2 U6 | 2-F32T8/U6 | 120/220/277 |
| Estática | 12 | OP 22 N 06 E 2 17 | 2-F17T8 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 E 4 17 | 4-F17T8 | 120/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 E 2 U2 | 2-F32T8/U2 | 120/220/277 |
| | 12 | OP 22 N 06 E 2 U6 | 2-F32T8/U6 | 120/220/277 |

Anexo 5

Clasificación general de las lámparas eléctricas



Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que este se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

Lámparas de vapor de mercurio:

- Baja presión:
 - [Lámparas fluorescentes](#)
- Alta presión:
 - [Lámparas de vapor de mercurio a alta presión](#)
 - [Lámparas de luz de mezcla](#)
 - [Lámparas con halogenuros metálicos](#)
- Lámparas de vapor de sodio:
 - [Lámparas de vapor de sodio a baja presión](#)
 - [Lámparas de vapor de sodio a alta presión](#)

TABLA 2.1: Tipo de lámpara

| Lámpara | Potencia (W) | Entrega (lm) | Temp. de Color K | Eficacia (lm/w) | Vida promedio (horas) | Rendimiento de color (Ra) |
|--------------------------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------|
| Fluorescente de alta eficacia | 70 | 6 550 | 3000 | 93 | 18 000/15 000 | 85 |
| | 58 | 5 200 | 3500 | 90 | 18 000/15 000 | 85 |
| | 36 | 3 250 | 4200 | 90 | 18 000/15 000 | 85 |
| | 32 | 3550 | 4100 | 95 | 20000 | 85 |
| Fluorescente estándar | 75 | 5 700 | 4200 | 76 | 9 000 | 67 |
| | 65 | 4 850 | 3500 | 75 | 9 000 | 67 |
| | 40 | 2 250 | 4200 | 74 | 9 000 | 67 |
| Fluorescente Compacta | 20 | 1 200 | 2700 | 60 | 10 000 | 85 |
| | 11 | 600 | 2700 | 55 | 10 000 | 85 |
| | 7 | 400 | 2700 | 57 | 10 000 | 85 |

TABLA 2.2: Características de las Lámparas

| Características | Incand. | Mixta | Mercurio | Sodio |
|-------------------------------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| Eficiencia (Lm/W) | 8 a 17 | 20 a 30 | 36 a 63 | 140 |
| Vida útil (hrs.) | 1000-6000 | 12000-15000 | 24000 | 24000 |
| Tiempo Encendido | Instantáneo | 0 - 3 min. | 5 a 7 min. | 3 a 4 min. |
| Tiempo Reencendido | Instantáneo | 5 min. | 3 a 6 min. | 0 a 1 min. |
| Posición Funcional | Universal | Según fabrica. | Universal | Universal |
| Temp. De Color (° K) | 2600-2800 | 3000-4000 | 4000-4500 | 2100 |
| Color | Blanco Cálid | B. Combinado | Blanco | Amarillento |
| Ra (%) | 100% | 50-60 | 48 - 50 | 25 |
| Formas de bulbo | Esférico | Ovoide | Ovoide | Ovoide, tubul |
| Potencias (W) | 150-200-300 | 160-500 | 175-250-400 | 100-150-250-400 |
| Flujos (Lm) | 1750-6000 | 3100-14000 | 8600-23000 | 9000-48000 |
| Pérdida de flujo (%) | 20 | 30 | 30 | 20 |
| Intensidad de arranque | $I_o = I_n$ | $I_o = 1,5I_n$ | $I_o = 1,3I_n$ | $I_o = 1.2 I_n$ |