

Ingeniería Eléctrica
Facultad: Metalurgia
Electromecánica

Trabajo de Diploma

En opción al Título de
Ingeniero Eléctrico

Análisis y propuesta de cambio de lámparas convencionales por lámparas LED en la residencia estudiantil del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Autor: José Antonio Caballero Díaz

Tutor(es): Ing. Yetsy Silva Cala

Moa, Holguín
Julio del 2017
“Año 56 de la Revolución”

Declaración de Autoría

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

Para que así conste firmamos la presente a los ____días del mes de _____ de 2017.

José Antonio Caballero Díaz .

Firma Autor

Ing. Yetsy Silva Cala.

Firma Tutor

Pensamiento

“Invertir en conocimiento produce siempre los mejores beneficios”

Benjamín Franklin.

Dedicatoria

- ✓ *A la persona que más quiero en este mundo
mi hijo (Alexander Caballero Díaz)*
- ✓ *A mi mama (Nora Idalmis Díaz Díaz)*
- ✓ *A mi papa (Alexander Caballero Urrutia)*
- ✓ *A mis hermanos (Diani, Yuli, Mirian y
Marían)*
- ✓ *A mi familia*
- ✓ *A mis amigos (Alberto, Randy, Dennis,
Raídel y Pototo)*
- ✓ *A mis compañeros*

Agradecimientos

A mis padres por su apoyo incondicional, a mi familia que siempre han estado presente cuando los he necesitado, a mis amigos, a mi tutor Ing. Yetsy Silba Cala, en fin a todos los que de una manera u otra me han ayudado.

[Escriba aquí]

Resumen

El presente trabajo, en sus características generales aborda varios temas en cuanto a usos y tipos de lámparas, para poder demostrar que en el ahorro energético en instalaciones de alumbrado; el uso de luminarias LED es más eficiente que el uso de luminaria fluorescentes brindando un mayor rendimiento luminoso, se analizan las necesidades y uso del local, para poder implementar esta nueva tecnología.

Además se analizan las lámparas instaladas, teniendo en cuenta fundamentalmente usos, tipos y deficiencias de estas, también se caracterizan los métodos a utilizar a la hora de ejercer los cálculos para la correcta iluminación de un área determinada, siendo el caso en interiores.

Se dirige de manera concreta a la solución del problema con la variante más económica posible, así como recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la proyección de nuevos sistemas de iluminación.

Summary

The present work, in general terms, addresses several topics referring to the use and types of lamps. Therefore, it is demonstrated that in energy saving in lighting installations the use of LED luminaires is more efficient than the use of fluorescent luminaires, providing this way a greater luminous performance. Thus, the needs and use of the premises are analyzed so that this new technology can be implemented.

In addition, the installed lamps are analyzed, taking into account mainly its uses, types and deficiencies. There are also characterized the methods to be used when exercising the calculations for the correct illumination of a certain area, in the case indoors.

It addresses, in a concrete way, the solution of the problem with the most economical variant, as well as recommendations to follow to maintain the results obtained in the projection of new lighting systems.

Índice de contenido	
Declaración de Autoría	II
<i>Pensamiento</i>	V
<i>Dedicatoria</i>	VI
<i>Agradecimientos</i>	VII
Resumen	VIII
<i>Summary</i>	IX
Introducción	1
Capítulo I: Fundamentación Teórica	4
1.1. Introducción	4
1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo	4
1.3 Revisión de los trabajos precedentes.	4
1.4 Base Teórica de la Investigación y definiciones	6
1.4.1 MÉTODOS DE CÁLCULO	14
1.5. Conclusiones	25
Capítulo II Descripción de los sistemas de alumbrado	26
2.1 Introducción.....	26
2.2 Caracterización del Sistema de Alumbrado que se utiliza en la actualidad.	26
2.2.1 Características técnicas de las lámparas.....	27
2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado	31
2.4. Conclusiones.....	36
Capítulo III Propuesta para la mejora de la iluminación	37
3.1 Introducción.....	37
3.2. Propuesta mejora de iluminación interior.	37
3.3 Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.....	37
3.5 Valoración económica.....	42
3.5.1 Ahorro energético.....	43
3.5.2 Cálculo del ahorro en potencia en un mes.....	45
3.5.3 Cálculo del ahorro en potencia en un año	46
3.6 Conclusiones.....	49
Conclusiones Generales	50

[Escriba aquí]

Recomendaciones51
Bibliografía.....52
Anexos

Introducción.

La actual crisis energética por la que está pasando el mundo, ha obligado a diversas organizaciones a implementar estrategias y programas dirigidos a elevar de manera sistemática la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y en la búsqueda de soluciones alternativas, limitando de este modo el crecimiento en la demanda energética. Sin dudas, uno de los conceptos que más implica gastos energéticos en todas las ciudades del mundo es el sistema de alumbrado. Con el afán de reducir este efecto, en los últimos años varios países han desarrollado medidas a favor del ahorro, sobre la base de sustituir las tradicionales bombillas incandescentes. La creación de nuevas y más eficientes formas de alumbrado han revolucionado la industria, desde las lámparas de combustión hasta llegar a los sistemas de iluminación que se han desarrollado en la actualidad.

La mayoría de los especialistas están de acuerdo en que con la llegada de la fuente iluminación de estado sólido (LED), va a revolucionar la industria del alumbrado, y la iluminación en particular. Ya que uno de los retos principales ha sido igualar la calidad de la luz artificial con la natural teniendo en cuenta las consideraciones estéticas. Con 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. Este sistema de iluminación es ideal ahorrando más del 50% y hasta el 80 % de energía. Así, el reemplazo de los sistemas tradicionales por LED de nuevo diseño colaborará en la reducción del consumo mundial de la energía.

En el campo de la iluminación, actualmente gran parte de la vida del hombre transcurre bajo el alumbrado artificial teniendo en cuenta que juega un papel fundamental y necesario en la satisfacción de las necesidades cotidianas, el desarrollo de los procesos productivos así como para el bienestar de su salud. Por estos factores se espera que a medida que la tecnología avance la iluminación de estado sólido (LED) supere de forma amplia éstas y otras fuentes de luz, tanto en costo como en rendimiento.

Situación problemática

Las normas internacionales exigen que para los dormitorios el nivel de iluminación debe satisfacer los aspectos necesarios demandados por el entorno, a garantizar: comodidad, ejecución y seguridad visual. El alumbrado actual en la residencia del ISMMM no garantiza un óptimo rendimiento de la iluminación necesaria. Esto provoca un deterioro de la visión de los estudiantes y además un mayor consumo energético.

Problema

El sistema de alumbrado de la residencia estudiantil presenta insuficiencias en el sistema de iluminación por lo cual no cumple con las normas internacionales para este tipo de aplicación, la vieja tecnología está produciendo sobre consumo eléctrico, afectando y limitando los estudios de los estudiantes becados.

Hipótesis

Si se determinan las causas de la incorrecta iluminación, se podrá proponer un sistema de alumbrado eficiente cumpliendo con las normas cubanas que garantice el remplazo de la luminaria convencional en la residencia estudiantil del ISMMM a luminaria de tecnología LED. Logrando significativamente una mayor eficiencia luminosa, y disminuyendo así los gastos significativos de energía eléctrica.

Objeto de estudio

Residencia estudiantil del ISMMM.

Campo de acción

Sistema de Alumbrado.

Objetivo General

Realizar una propuesta para instalar un nuevo sistema de alumbrado, en la residencia estudiantil del ISMMM

Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de alumbrado existente en la residencia estudiantil del ISMMM
- Determinar las causas de la ineficiencia del sistema de iluminación.
- Proponer un sistema de alumbrado que cumpla con las normas cubanas.

Tareas

- Caracterización del estado actual del problema.
- Elaboración de la fundamentación teórico-metodológica.
- Confección del cálculo de los índices de iluminación y comprobación de las normas existentes.
- Comprobación de los niveles de Iluminación en los dormitorios de la residencia estudiantil del ISMMM, con los valores de las normas NC ISO 8995/CIES 008/2009.

Capítulo I: Fundamentación Teórica

1.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrolla la plataforma teórica que mostrará la necesidad de realización de este estudio y la perspectiva de los resultados para la futura aplicación de los mismos, a partir del planteamiento del problema existente y recopilando toda la información necesaria para crear las bases teóricas necesarias para darle solución al mismo, haciéndose necesaria la búsqueda de nuevas variantes que contribuyan a la fiabilidad de los sistemas de iluminación con el objetivo de elevar los índices de eficiencia luminosa.

1.2. Fundamentación Teórico – Metodológica del trabajo

Para el desarrollo de este capítulo es necesario abordar aspectos fundamentales a tener en cuenta como las definiciones luminotécnicas y los métodos de cálculo de iluminación más convenientes, según las características de cada local. A partir de la valoración de estos métodos se muestra un procedimiento general para el estudio o elaboración de proyectos de iluminación para interiores, Teniéndose en cuenta los objetivos propuestos para este trabajo se consideró una investigación de campo, ya que no sólo permite observar, sino obtener los datos directamente de la realidad en el objeto de estudio. Entre los aspectos que deben satisfacer a los usuarios están la comodidad visual, rendimiento visual y otros.

1.3 Revisión de los trabajos precedentes.

Para un mejor entendimiento del objeto de estudio es preciso mencionar algunos trabajos precedentes sobre el tema en cuestión, con la finalidad de determinar mediante sus resultados las deficiencias y los aportes que brindan entorno al tema propuesto. Diferentes publicaciones se han realizado acerca del tema a investigar, demostrando la gran importancia y el impacto de este en la esfera socioeconómica. A continuación se muestran algunos de los más influyentes para realizar el trabajo.

Manuales.

Manual de electricista. Una empresa Axa conductores Monterrey. (1)

Manual de Alumbrado (1986). Este material constituye una guía para la realización de los cálculos de alumbrado para exteriores y conceptos luminotécnicos, suministrando los conceptos y métodos necesarios. (2)

Manual de procedimientos (1999). Este trabajo constituye una guía metodológica para el proyectista eléctrico, puesto que recoge la información necesaria para la aplicación de una metodología de sistemas de alumbrado, pero no tiene en cuenta los aspectos de contaminación luminosa, afectaciones al medio ambiente, la iluminación natural y eficiencia energética. (3)

Catálogos.

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

Documentos.

Masorra, Jironella (1986). Este documento nos da a conocer los métodos de iluminación y de cálculos utilizados en los sistemas de iluminación. También plantea una metodología. (5)

(Gandolfo, 2010): En este documento se hace un breve resumen de la revolución de la tecnologías LED y sus aplicaciones en las diferentes ramas de la iluminación; desde su aparición como fuentes de luz hasta en los últimos años y de lo que se espera de ella en el futuro, incluyendo la nueva tecnología OLED (organic light-emitting diode o diodo orgánico emisor de luz). (6)

Conferencias.

Conferencia del Comité Electrónico Cubano (1997). Estas conferencias proporcionaron una actualización integral de cómo se maneja el tema a nivel nacional e internacional, en materia de historia de la iluminación, economía, medio ambiente, desarrollo de fibras

ópticas, contaminación lumínica, descargas, entre otros. Paralelamente representó el punto de partida para el análisis económico-ambiental. (7)

Enciclopedias

Enciclopedia luminotécnica. Este material recoge todos los conceptos luminotécnicos actuales. (8)

Publicaciones.

Jesús Feijó Muñoz: Instalaciones de iluminación en la arquitectura. Ed: Secretariado de publicaciones, Universidad de Valladolid. Esta publicación presenta las normas de construcción e instalación de la iluminación en los proyectos arquitectónicos. (9)

Trabajos de diplomas

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 (10)

1.4 Base Teórica de la Investigación y definiciones

Alumbrado General

A través de este método obtienen niveles de iluminación razonablemente uniformes en el área estudiada mediante un emplazamiento simétrico de las luminarias, siempre cuidando que la relación entre la separación y la altura de montaje se encuentre dentro de los límites establecidos por el fabricante sobre la base de las características de distribución luminosa de las luminarias. Se recomienda el empleo de este método de iluminación en talleres, oficinas, aulas y todos aquellos locales donde se requiera una buena uniformidad luminosa, con niveles luminosos entremedios y bajos.

Alumbrado General Localizado

En este método las luminarias se colocan en zonas específicas de trabajo donde se necesitan altos niveles de iluminación y las áreas adyacentes reciban luz de estas. Se recomienda la utilización de este método en locales con mayores requerimientos de

iluminación que en el método anterior y donde las exigencias de uniformidad luminosa no sean tan riesgosa, aunque en general se recomienda lograr una adecuada relación de brillos.

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

Alumbrado Localizado

Este método permite alcanzar altos niveles de iluminación en puntos específicos de trabajo mediante el emplazamiento de fuentes luminosas adicionales y su combinación con el alumbrado general o el localizado. Se recomienda fundamentalmente cuando se requieran altos niveles de iluminación los cuales no sean económicamente alcanzables con el uso de otro método. Tiene su mayor aplicación en puestos de trabajos donde se requiere alta precisión, como en las mesas de dibujo. Con el objetivo de no crear un elevado contraste entre el alumbrado general y el suplementario utilizado en un local.

Localización de luminarias

Es la selección de la localización de las luminarias y de los métodos de soporte deben considerarse cuidadosamente el mantenimiento y evitarse la interferencia con charolas, tuberías, conductos, etc. Teniendo en cuenta los factores de reflexión recomendados como se muestra en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Factores de reflexión recomendados

Factores de reflexión recomendados	
Techo (cielo)	80 %
Muros	50 %
Tableros	50 %
Escritorios	35 %
Pisos	30 %

Deslumbramiento

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad de diferenciar objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo. Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la que se produce una reacción fotoquímica, insensibilizándola durando un tiempo, transcurrido el cual vuelve a recuperarse.

Los efectos que originan el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico (molestia) o de tipo fisiológico (perturbación). En cuanto a la forma de producirse, puede ser directo como el que proviene de fuentes luminosas (lámparas o ventanas) que están dentro del campo visual, o reflejado por superficies de gran reflectancia (especialmente superficies especulares como las de los vidrios o los metales pulidos).

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

Ángulo límite para evitar el efecto de deslumbramiento.

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

Características comunes de las lámparas.

Rendimiento luminoso: El rendimiento luminoso (η) de una fuente de luz es la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida por dicha fuente. Según el Sistema Internacional de Unidades, se mide en lumen por vatio (lm/w).

Vida útil promedio: La vida útil promedio nominal de una lámpara nos da una idea de que tan duradera puede ser la lámpara, la vida útil es el valor, en horas, al cual fallan la mitad de un grupo grande de lámparas, en condiciones estándar de prueba. Cualquier lámpara particular o grupo de lámparas pueden descarriarse de los valores publicados de vida útil nominal. Para lámparas fluorescentes y de descarga de alta intensidad, ese valor se ve afectado por el tiempo promedio que la lámpara está encendida antes de que sea apagada.

Depreciación del flujo luminoso: Con el transcurrir el tiempo, las lámparas pierden su capacidad para producir luz debido al envejecimiento. La depreciación del flujo luminoso representa el por ciento del flujo inicial en lúmenes que queda al 40 % de la vida nominal. La depreciación del flujo luminoso se ve afectada por el tipo de balastro usado, por las tolerancias de voltaje y por el tiempo de encendido antes de que la lámpara sea apagada.

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

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

Tabla 1.2 Relación entre Apariencia y Temperatura del Color.

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

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

Índice de rendimiento del color: El índice de reproducción cromática (IRC) es una medida de la capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal.

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

Tabla 1.3 Relación entre Grupo de rendimiento de color y Valores extremos IRC.

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

Índice de rendimiento de color: Rendimiento de color es la capacidad de una fuente de luz artificial en reproducir los colores, siendo la referencia la luz del sol. Mientras mayor es este factor, menor es la distorsión del color de los objetos que la luz de la lámpara provoca. El valor máximo de este índice es de un 100% como es el caso de las lámparas de filamentos (incandescentes e incandescentes halógenas) ya que su espectro de emisión es continuo, el cual indica que no hay desplazamiento del color comparado con una fuente de referencia. Una lámpara de descarga tiene un espectro de emisión en unas determinadas longitudes de onda por lo que su capacidad de reproducir colores es menor, y mientras menor es, más pronunciado es el desplazamiento. Los valores de este índice deben ser comparados solamente entre lámparas de temperatura de color similar.

Sistemas de Alumbrado.

En una instalación de alumbrado, en dependencia de como incide la luz al plano de trabajo se obtiene el sistema de alumbrado. Las luminarias, como elemento que emite la luz en el área a iluminar es quien define, en primera instancia el sistema de alumbrado que se obtiene. La cantidad adecuada y buena calidad de la luz se puede obtener con diferentes sistemas de alumbrado, los cuales se han clasificado de acuerdo con la distribución luminosa vertical de las luminarias. La selección del sistema a utilizar se realiza sobre la base de las características físicas del local, la tarea visual a desarrollar y las condiciones de mantenimiento, lo que a su vez permite determinar el tipo de luminaria que se utilizará.

De acuerdo con los sistemas de alumbrado La clasificación es la siguiente:

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

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

General Difusa: (40% -- 60% hacia arriba). Es más eficiente que los sistemas anteriores ya que es mayor el porcentaje de Luz que llega al plano de trabajo proveniente de la

luminaria. La diferencia entre este sistema y el directo – Indirecto radica en la cantidad de luz emitida horizontalmente.

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

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

Fig. 1.1 Representación de los sistemas de alumbrado.

DIRECTO	<p>0-10% 90-100%</p>	GENERAL DIFUSO	<p>40-60% 40-60%</p>
SEMI DIRECTO	<p>10-40% 60-90%</p>	SEMI INDIRECTO	<p>60-90% 10-40%</p>
DIRECTO INDIRECTO	<p>40-60% 40-60%</p>	INDIRECTO	<p>90-100% 0-10%</p>

La mayor o menor dificultad de una tarea visual debe apreciarse en función de estos y otros factores, tales como, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de realizar el trabajo, etc. Según la importancia de estos factores, se han prescrito distintos niveles de iluminación, mediante investigaciones científicas, para los distintos tipos de locales y las diferentes tareas visuales. Estos niveles de iluminación se expresan en la tabla 1.4.

Tabla 1.4 Niveles de iluminación recomendados la norma cubana.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Aulas, laboratorios	300	400	500
Centros docentes			
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500

Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general se puede distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes. En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

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

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

1.4.1 MÉTODOS DE CÁLCULO

Teniendo conocimiento de estos factores, se puede determinar el alumbrado y tipo de iluminancia más apropiado dependiendo de la necesidad, así se calcularán las características de la iluminación utilizando básicamente dos métodos, en función del tipo de alumbrado:

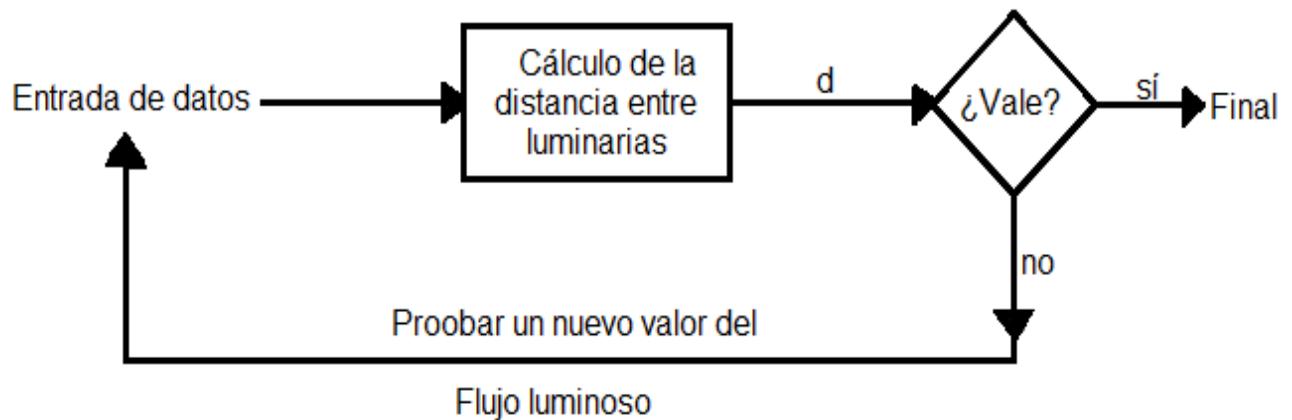
a) Método del lumen o del cálculo del flujo luminoso

b) Método de punto por punto

Método de los lúmenes para alumbrado interior

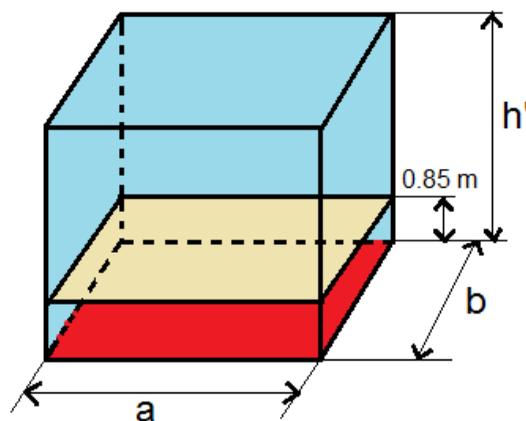
En este método se calcula el valor medio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

Fig.1.2 Algoritmo de cálculo.



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

Fig. 1.3 Datos del local



Datos a tener en cuenta.

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

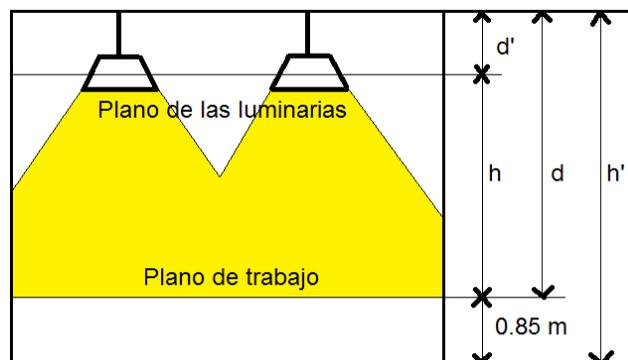
Determinar el nivel de iluminancia media (E_m). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en las normas y recomendaciones que aparecen en la bibliografía.

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

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

Determinar la **altura de suspensión** de las luminarias según el sistema de iluminación escogido. Ver Figura 1.4 y Tabla 1.5.

Figura. 1.4 Altura del plano de trabajo



Donde:

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

d: altura del plano de trabajo al techo

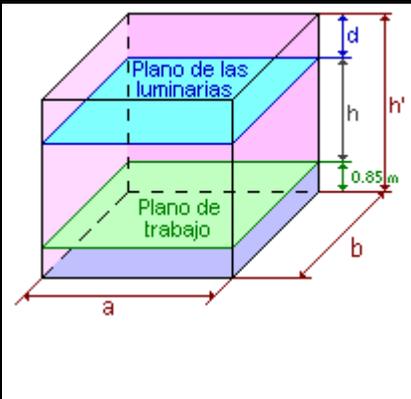
d': altura entre el techo y las luminarias

Tabla 1.5 Relación entre el local y la altura de la luminaria.

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

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

Tabla 1.5 Cálculo del índice del local

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

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

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

Tabla 1.6 Factor de reflexión

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

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

Determinar el factor de utilización (η , CU) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Tabla 1.7 Factor de utilización

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

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

Tabla 1.8 Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f _m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Cálculos

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello se aplica la fórmula (1.1)

$$\phi_T = \frac{E * S}{\eta * f_m} \quad (1.1)$$

Donde:

Φ_T es el flujo luminoso total

E es la iluminancia media deseada

S es la superficie del plano de trabajo

η es el factor de utilización

f_m es el factor de mantenimiento

Cálculo del número de luminarias (1.2)

$$N = \frac{\phi_T}{n * \phi_L} \text{ Redondeado por exceso} \quad (1.2)$$

Donde:

N es el número de luminarias

Φ_T es el flujo luminoso total

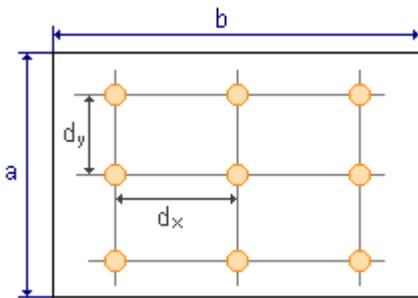
Φ_T es el flujo luminoso de una lámpara

n es el número de lámparas por luminaria

Emplazamiento de las luminarias

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

Fig. 1.5 Distribución de las luminarias



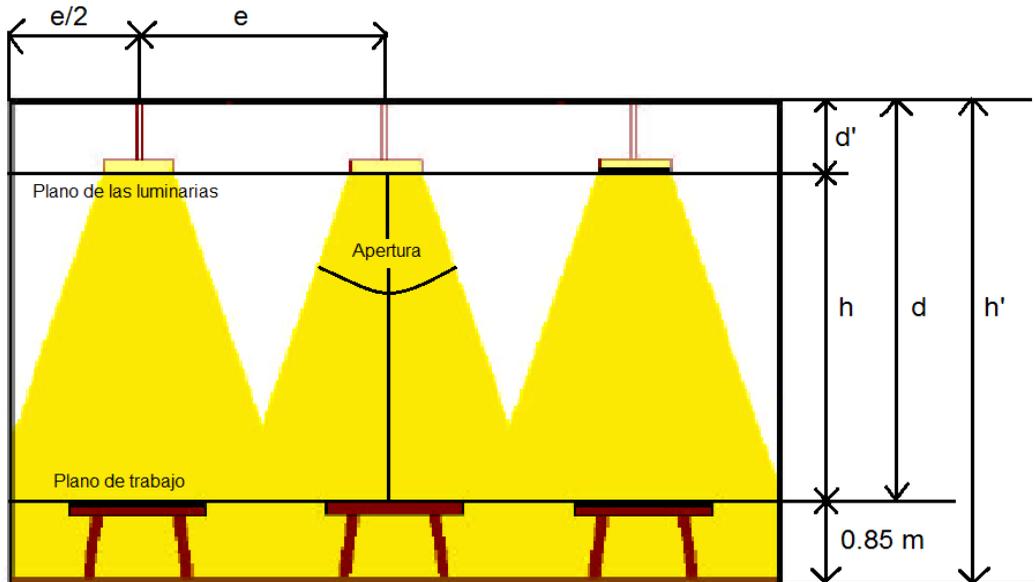
$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{largo} * ancho}$$

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

Donde N es el número de luminarias.

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Se puede observar mejor en la figura siguiente:

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



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

Tabla 1.9 Separación entre las luminarias

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2\text{ m}$
Extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5\text{ m}$
Semiextensiva	4 - 6 m	
Extensiva	$\leq 4\text{ m}$	$e \leq 1.6\text{ m}$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

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

Comprobación de los resultados

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

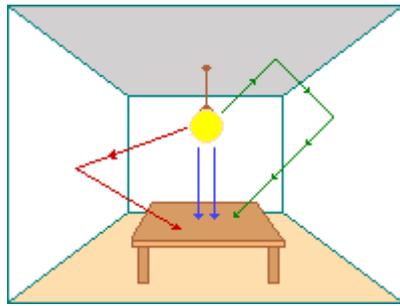
$$E_m = \frac{n\phi_L\eta f m}{s} \geq E_{tablas} \quad 1.3$$

Método del punto por punto

Este método, como su nombre o indica, es empleado para determinar la iluminación en puntos específicos del área de trabajo en estudio. Es un método, que aunque tiene su mayor aplicación en la proyección de instalaciones de alumbrado viario, es complementario a cualquiera de los métodos vistos anteriormente, para su utilización en la determinación del nivel luminoso en puntos específicos del área en estudio. Para la aplicación de este método debe contarse con los datos fotométricos de la fuente luminosa empleada (curvas de distribución de intensidad luminosa), así como las dimensiones y características del local y el emplazamiento de las luminarias. Para la determinación de la componente directa de la iluminación en puntos situados directamente debajo de la fuente de luminosa se aplica la Ley inversa de los cuadrados a través de las siguientes expresiones:

$$E = \frac{I}{H^2} \quad 1.4$$

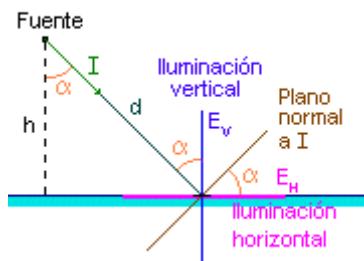
Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente **directa**, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra **indirecta o reflejada** procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local Figura 1.7.



- Luz directa
- Luz indirecta proveniente del techo
- Luz indirecta proveniente de las paredes

Figura 1.7 Distribución de la luz

En el ejemplo anterior podemos apreciar que sólo unos pocos rayos de luz incidirán perpendicularmente al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Con esto se llega a la conclusión que de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.



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

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

Componentes de la iluminancia en un punto.

En general, para hacernos una idea de la distribución de la iluminancia nos bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo nos interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates, estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...)

Para utilizar el método del punto por punto se necesita conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las

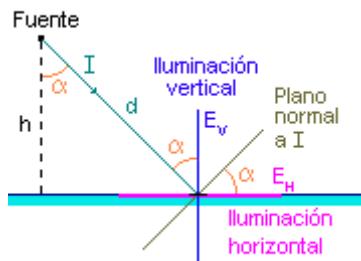
mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos se puede empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos se calculen más información se tendrán sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si se trazan los diagramas izo lux de la instalación.

Como ya se ha mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta (1.5).

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}} \quad 1.5$$

Componente directa en un punto

Fuentes de luz puntuales. Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas (1.6) y (1.7)



$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad 1.6$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2} \quad 1.7$$

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

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas (1.8) y (1.9).

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2} \quad 1.8$$

$$E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2} \quad 1.9$$

1.5. Conclusiones

- Se explicó de manera detallada todo lo relacionado con tipos de lámparas, sus características y los métodos de cálculos existentes para interiores.
- Se le brindó al interesado en el trabajo una introducción general sobre el tema que se pretende estudiar.
- Se logró de esta manera un enfoque demostrativo acerca del objetivo a desarrollar.

Capítulo II Descripción de los sistemas de alumbrado

2.1 Introducción.

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

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

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

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

El sistema de iluminación de la residencia estudiantil del ISMMM a pesar de la tecnología que actualmente se utiliza mundialmente y lo que aporta esta entidad al estado, con más de cuarenta años de explotación no ha presentado cambios representativos en este aspecto. Existe un consumo representativo por parte de la tecnología que se utiliza actualmente, sin embargo no se han tomado medidas que tributen a mejorar el rendimiento del sistema de iluminación a pesar de que el mismo aunque en minoría representa alrededor del 20% del consumo que actualmente existe en el área tomada como objeto de estudio. Tanto los conductores ya calcinados por el ambiente, el tiempo expirado de vida útil y el calentamiento producto a la mala selección de los mismos, la racionalización inadecuada producto a la falta de cultura energética de los propios estudiantes y la errónea selección de los dispositivos de protección en los registros eléctricos conllevan a los apagones no programados por el disparo de los breakers.

2.2.1 Características técnicas de las lámparas

Lámparas fluorescentes

La luminosidad se produce debido al fenómeno de la fluorescencia, que a partir de una descarga eléctrica dentro de un tubo cuya extensión es mucho menor que su diámetro, en una atmosfera de vapor de mercurio a baja presión. La radiación de mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco, a longitudes de onda dentro del espectro visible.

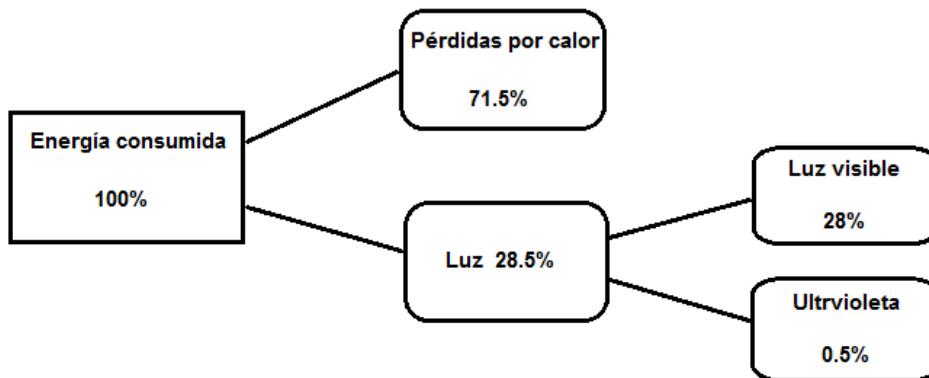
Estas poseen la mejoría de no engendrar la luz desde un mismo punto focal, sino que lo hacen de forma suave y difusa por toda su extensión, sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y eficiente, reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas mayores de tres metros su aprovechamiento es reducido drásticamente.

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

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

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

Fig. 2.1 diagrama energético de una lámpara fluorescente



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

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

Para operar una lámpara fluorescente es necesaria la presencia de un reactor o un balastro, apareciendo también para estos casos los balastros electrónicos. Generalmente los balastros se diseñan para operar a la vez un par de lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque, las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

1. Arranque Instantáneo.
2. Arranque rápido.
3. Arranque por precalentamiento.

Arranque instantáneo; también reciben el nombre de (Slim line): A la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin en cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra, una vez encendida las dos

lámparas, una parte del balastro deja de operar. En caso de que algunas de las lámparas se fundan, la otra puede seguir operando; no obstante el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.

Arranque rápido: las lámparas encienden en formas suave y con ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que el caso Slim line. No obstante el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza observando sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.

Arranque por precalentamiento: Estas lámparas requieren además de balastro, de un arrancador. Las lámparas, para poder operar deben pasar primero por una corriente mayor que la de su operación normal, con la que se calientan sus cátodos. Estas lámparas se encuentran ya casi fuera del mercado. También presentan dos contactos o pines en cada extremo.

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

LÁMPARAS DE ESTADO SÓLIDO

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

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

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

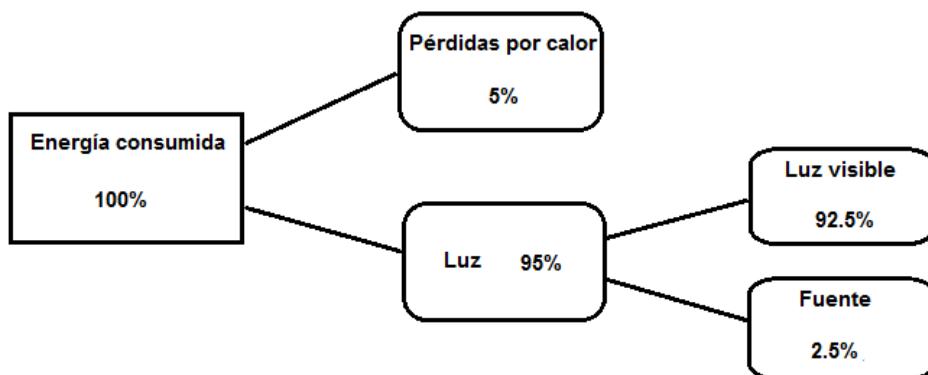
La luz de un LED es direccional, por lo que se puede ajustar en la dirección que se requiera. No contienen ningún material peligroso, como mercurio, al contrario de las ampollitas eficientes. Gracias a la alta calidad de los materiales que lo componen y a su larga vida útil requieren ser reciclados menos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

Los LED de color cubren todo el espectro de colores de luz visible, lo que ofrece al mercado innumerables posibilidades. Además, poseen un alto índice cromático, gracias a lo cual los colores se ven más naturales.

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

En la Fig. 2.2 se puede ver un diagrama de la eficiencia energética de una lámpara de LED.

Fig. 2.2 Diagrama energético de una lámpara de LED.



Dentro de las ventajas conocidas de la tecnología LED están el ahorro de entre un 75% y un 90% en consumo energético, sin sacrificar intensidad lumínica, no generan rayos UV ni IR, libres de mantenimiento y menor costo a largo plazo. La tecnología de construcción de

LED ha venido mejorando con el tiempo y ya se pueden conseguir LED de menor tamaño, mejor rendimiento y menores costos.

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

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

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

2.3 Diagnóstico del sistema de iluminación instalado

Para el diagnóstico del sistema instalado en la actualidad se realizó un levantamiento en todos los locales de la residencia estudiantil del ISMMM el cual arrojó los datos que se muestran en las tablas 2.1, 2.2 y 2.3 respectivamente.

Tabla 2.1: Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Edificio No.1 de la residencia	# de lámparas	# de luminarias	Potencia (W)
Primera planta	31	31	20
Segunda planta	23	23	20
Tercera planta	26	26	20
Cuarta planta	25	25	20
Primera planta	4	4	40
Segunda planta	1	1	40
Tercera planta	1	1	40
Cuarta planta	1	1	40

Tabla 2.2: Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Edificio No.3 de la residencia	# de lámparas	# de luminarias	Potencia (W)
Primera planta	8	9	20
Segunda planta	2	2	20
Tercera planta	50	52	20
Cuarta planta	47	49	20
Quinta planta	43	44	20
Primera planta	7	11	40
Segunda planta	8	14	40
Tercera planta	6	9	40
Cuarta planta	1	2	40
Quinta planta	1	2	40

Tabla 2.3: Diagnóstico del sistema de iluminación instalado.

Edificio No.4 de la residencia	# de lámparas	# de luminarias	Potencia (W)
Primera planta	26	29	20
Segunda planta	35	35	20
Tercera planta	36	38	20
Cuarta planta	39	39	20
Primera planta	18	27	40
Segunda planta	7	8	40
Tercera planta	5	6	40
Cuarta planta	2	4	40

Descripción del trabajo del balasto.

El voltaje que se necesita para el encendido de una lámpara depende de su tamaño y diámetro. Para cada lámpara fluorescente se necesita un balastro, que está diseñado para suministrarle el voltaje necesario para arrancar y operar las mismas.

En una lámpara fluorescente el papel del balasto es doble: proporcionar la alta tensión necesaria para el encendido del tubo y después de esto, limitar la corriente que pasa a través de él.

Balastos electrónicos.

El balasto es un equipo que sirve para mantener estable y limitar la intensidad de la corriente para lámparas, ya sea una lámpara fluorescente, de vapor de sodio, de haluro metálico o de vapor de mercurio. Técnicamente, en su forma clásica, es una reactancia inductiva que está constituido por una bobina de alambre de cobre esmaltado enrollada sobre un núcleo de chapas de hierro o de acero eléctrico. En la actualidad existen de diversos tipos, como los balastos electrónicos usados para lámparas fluorescentes o para lámparas de descarga de alta intensidad.

Ventajas de los balastos electrónicos.

Un balasto electrónico utiliza un circuito de semiconductores para proporcionar a las lámparas un arranque más rápido, sin parpadeo, pudiendo utilizarse para alimentar a varias lámparas a la vez. En general, los balastos electrónicos aumentan la frecuencia de trabajo a 20 kHz o más, con lo que se consigue hacer inapreciable el parpadeo que se produce cuando se trabaja a 100 o 120 Hz (dos veces la frecuencia de la alimentación). Además, el rendimiento de las lámparas fluorescentes aumenta un 9% cuando se llega a 10 kHz, y continúa aumentando poco a poco hasta los 20 kHz. Este aumento de la frecuencia permite aumentar el rendimiento energético de conjunto lámpara-balasto.

Descripción del equipamiento de medición.

La medición se realizó con un **Luxómetro UT-382** (Figura 2.3) que es un instrumento portátil designado para la práctica en mediciones de iluminación en empresas industriales y otros trabajos, este equipo registra fácilmente los valores medidos y opera a un límite de temperatura de -10 a 55 grados Celsius. Color rojo y gris, peso neto 185g y dimensiones 195x45x26 mm

Figura 2.3 Luxómetro UT-382.



Utilizando el equipo de medición que se muestra anteriormente y teniendo en cuenta la altura y el ancho de los locales se obtuvieron los resultados que se muestran en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6 respectivamente.

Tabla 2.4 Resultados de las mediciones de lux y de las características físicas de las áreas Interiores de la instalación.

Edificio No.1 de la residencia	Altura	Ancho	E _{med} Actual(lux)
Primera planta	2.7	2.8	44.7
Segunda planta	2.7	2.8	44.1
Tercera planta	2.7	2.8	54.3
Cuarta planta	2.7	2.8	51.9
Primera planta	2.7	2.8	113
Segunda planta	2.7	2.8	202
Tercera planta	2.7	2.8	108.2
Cuarta planta	2.7	2.8	128.5

Tabla 2.5 Resultados de las mediciones de lux y de las características físicas de las áreas Interiores de la instalación.

Edificio No.3 de la residencia	Altura	Ancho	E _{med} Actual(lux)
Primera planta	2.7	2.8	28.75
Segunda planta	2.7	2.8	44.5
Tercera planta	2.7	2.8	39.9
Cuarta planta	2.7	2.8	45.5
Quinta planta	2.7	2.8	51.3
Primera planta	2.7	2.8	36.6
Segunda planta	2.7	2.8	108.35
Tercera planta	2.7	2.8	148.4
Cuarta planta	2.7	2.8	
Quinta planta	2.7	2.8	

Tabla 2.6 Resultados de las mediciones de lux y de las características físicas de las áreas Interiores de la instalación.

Edificio No.4 de la residencia	Altura	Ancho	E _{med} Actual(lux)
Primera planta	2.7	2.8	51.1
Segunda planta	2.7	2.8	47.1
Tercera planta	2.7	2.8	45.2
Cuarta planta	2.7	2.8	45.6
Primera planta	2.7	2.8	154.3
Segunda planta	2.7	2.8	114.7
Tercera planta	2.7	2.8	138.8
Cuarta planta	2.7	2.8	176.4

Con los resultados obtenidos en las tablas anteriores por las mediciones realizadas en los distintos locales, se pudo comprobar que los niveles de iluminación en su mayoría se comportan muy bajos en comparación con el valor establecido, recomendado por Illuminating Engineering Society y la norma cubana respectivamente que rondan los 500 y 200 lúmenes para este tipo de área. Esto se debe a la escasez de las lámparas y a la inadecuada distribución y selección de las mismas; por tal motivo se propone un nuevo diseño y tecnología de alumbrado.

2.4. Conclusiones.

- Se caracterizó el sistema de alumbrado de la residencia estudiantil del ISMMM.
- Se realizan las mediciones de iluminancia permitiendo conocer los bajos niveles de iluminación existentes.
- Debido a la deficiente distribución de las lámparas y selección de luminarias, se muestra la ineficiencia del sistema de iluminación instalado.
- Se encamina el presente estudio al mejoramiento del sistema de iluminación de la residencia estudiantil del ISMMM.

Capítulo III Propuesta para la mejora de la iluminación.

3.1 Introducción.

En este capítulo se pretende dar solución al problema existente en el sistema de alumbrado, tomando la variante más económica y factible. Se realizarán todos los cálculos en cuanto a valoración económica del trabajo a realizar para efectuar dichas mejoras en la iluminación.

3.2. Propuesta mejora de iluminación interior.

Se precisa por ello conocer, los tipos de lámparas y luminarias que se pretenden emplear y los niveles de iluminación requeridos para establecer un balance adecuado entre estos dos elementos.

Es cierto, que entre los gustos personales de los usuarios y de los diseñadores del espacio arquitectónico, a veces, existen diversas diferencias, pero también es cierto de que existen ciertas reglas básicas en el alumbrado con las cuales es posible organizar alumbrados de calidad (por la cantidad de luz, su idoneidad, etc.).

Para proponer la mejora del sistema de alumbrado instalado en la residencia estudiantil del ISMMM, se realizará un estudio de los niveles de iluminación; así como, de recursos y costos, en ambos casos para escoger la variante correcta.

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

3.3 Ahorro de energía al mejorar el sistema de alumbrado.

Para la determinación de los niveles de iluminación, se deben tener varios criterios importantes pues, los locales de trabajo definidos con la ciencia de informática no necesitan igual iluminación, como en archivos, buró (carpeta) de recepción, se conocen los niveles medios en servicios actuales, se comprobó área por área por la norma

cubana **NC ISO 8995/CIE S 008:2003** establecida y se realizaron los aumentos para cada local con la utilización de lámparas más eficientes con respecto al flujo luminoso y mayor rendimiento lm/W.

Dentro de las características a tener en cuenta se tienen:

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

Para el ahorro se va a considerar:

- Las lámparas más eficientes propuestas, cuantos kWh se dejan de consumir si utilizaran lámparas más eficientes., TUBO LED 870 9W

Luminarias seleccionadas.

- Tubo LED 870 9W 85-265V 60Hz
- Dimensiones 30X602 mm
- Temperatura de color 6000 K.
- Potencia: 9 W.
- Longitud: 60cm.
- Flujo luminoso: 900 lm.
- Posición de funcionamiento: Horizontal.
- Tiempo de duración (horas) = $\geq 50000h$.
- Factor de potencia: ≥ 0.90 .
- Angulo: 120 grados.

Fig. 3.1 Tubo LED 870 9W 85-265V

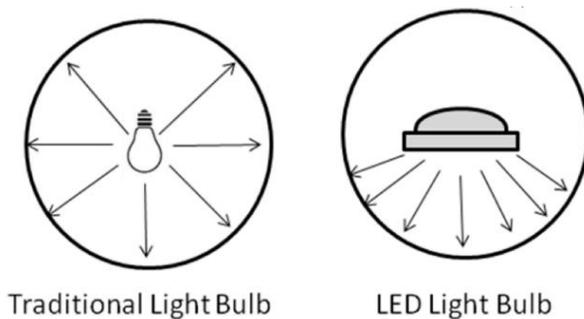
**Dispositivos de control.**

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

Los LED son dispositivos semiconductores en estado sólido que representan el futuro de la iluminación de energía eficiente. Desarrollado en la década de 1970, la tecnología LED ha recorrido un largo camino desde sus primeros usos en simples pantallas numéricas e indicadores luminosos, ampliándose a una vasta gama de aplicaciones nuevas y sofisticadas, incluida la iluminación general, la luminaria de infraestructura y de colores personalizados, la señalización, luces de tráfico, entre otras. Estas mejoras sustanciales en los últimos años hacen que la tecnología LED presente una notable ventaja sobre las tradicionales fuentes de luz incandescente, halógena y fluorescente. Como el rendimiento ha mejorado y los costos de fabricación han disminuido, la iluminación LED se ha convertido en una solución económicamente viable en el mercado en general. Además, esta tecnología ofrece numerosas ventajas sobre las tradicionales fuentes de luz, como el ahorro en el consumo de energía, el cuidado del

medio ambiente, la baja emisión de calor y la prolongada durabilidad. Estos beneficios están impulsando la rápida adopción de la iluminación LED en todo el mundo. Las pérdidas debidas a la ineficiencia de reflexión son la primera fuente de menor potencia de luz de las lámparas tradicionales. Hasta que los LED no llegaron a existir, todos los focos producían luz en una esfera de 360 grados y la comparación era fácil. LED cambió todo eso con la posibilidad de dar dirección a la luz.

Fig. 3.2 Representación direccional del punto de luz.



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

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

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

Tabla 3.1 Comparación de las Lámparas convencionales con las lámparas LED

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

RECOMENDACIONES GENERALES PARA AHORRAR ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMAS DE ILUMINACION

- Limpiar periódicamente las luminarias, porque la suciedad disminuye el nivel de iluminación de una lámpara hasta en un 20%.
- Apagar las luces que no necesiten.
- Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural, instalando calaminas transparentes o similares.
- Aprovechar este recurso, siempre que brinde un nivel adecuado de iluminación.
- Usar colores claros en las paredes, muros y techos, porque los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Independizar y sectorizar los circuitos de iluminación, esto ayudará a iluminar sólo los lugares que se necesitan.
- Evaluar la posibilidad de instalar sensores de presencia, timers y/o dimmers para el control de los sistemas de iluminación de la empresa.

3.5 Valoración económica.

En este epígrafe se realizó un análisis del impacto económico y medio ambiental de la tecnología propuesta mostrando los resultados frente al análisis de las tecnologías de alumbrado existentes en la residencia estudiantil del ISMMM. En la esfera económica nos apoyamos en el VAN, TIR y PR, las cuales son herramientas para un mejor análisis estadístico del tema en cuestión. En el desarrollo de este rotulo se ara alusión a sus características.

Para la valoración económica realizada, se tuvieron en cuenta el análisis con la tecnología existente y con las propuestas tecnológica LED.

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

Se sugiere utilizar estas últimas por las siguientes razones:

- Estas luminarias tienen una mejor apariencia que las actuales, acorde con el cambio de imagen que se busca en estos tiempos. Sí se desea una adecuada efectividad del sistema de iluminación, sería bueno aprovechar para cambiar las luminarias que estéticamente son mucho mejores y dan mayor confort visual. Además, acorde con la modernización de la residencia estudiantil del ISMMM y la necesidad mundial de ahorro energético.
- Las luminarias existentes tienen ya una vida de más de 8 años. Debe dedicarse más horas hombre en el mantenimiento, cambio de balastos y sustitución de tubos, en comparación con las nuevas, generando ahorro en mano de obra y disminuyendo molestias a los estudiantes al momento de dañarse una lámpara. Las luminarias LED no usan balastos electrónicos por lo que no hay consumos por este. Los nuevos tubos durarán más del doble que los existentes. Las luminarias viejas quizá podrían mantenerse para ayudar con la inversión en las nuevas lámparas.

3.5.1 Ahorro energético

Para justificar el posible cambio de tecnología es necesario revisar el ahorro en base de consumo teniendo en cuenta el correcto número de lámparas que deberían existir en los locales de interior esto queda justificado mediante el cálculo realizado por el método de los lúmenes, en este caso se plantea un remplazo donde se logra la iluminación necesaria en los locales de interior según la normas establecidas.

Para conocer el consumo real por concepto de iluminación primero calculamos las luminarias existentes y luego las propuestas, encontrando así el ahorro que significaría el remplazo.

Para la fluorescente de 18 W y 38 W en un mes edificio 1

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 18 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 105 x 18 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 453 600 W

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 38W x 38 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 8 x 38 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 72 960 W

Para la fluorescente de 18 W y 38 W en un mes edificio 3

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 18 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 150 x 18 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 648 000 W

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 38W x 38 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 38 x 38 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 346 560 W

Capítulo III **Propuesta para la mejora de la iluminación.**

Para la fluorescente de 18 W y 38 W en un mes edificio 4

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 18 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 141 x 18 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 609 120 W

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 38W x 38 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 45 x 38 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 410 400 W

PT Fluorescentes (Consumida en el Mes)= 2 540 640W

Para la LED de 9 W en un mes edificio 1

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 9W x 9 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 113 x 9 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 244 080 W

Para la LED de 9 W en un mes edificio 3

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 9 W x 9 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 188 x 9 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 406 080 W

Para la LED de 9 W en un mes edificio 4

P (Consumida en un mes)= # de luminaria 18W x 18 W x horas de trabajo x 30 Días.

P (Consumida en un Mes)= 186 x 9 x 8 x 30

P (Consumida en un Mes)= 401 760 W

PT LED (Consumida en el Mes)= 1 051 920 W

Capítulo III Propuesta para la mejora de la iluminación.

3.5.2 Cálculo del ahorro en potencia en un mes.

Para obtener el ahorro por concepto de potencia restamos a la potencia total obtenida de las lámparas fluorescentes, el total de W obtenido con el cálculo de las LED.

PT Fluorescentes (Consumida en el Mes)= 2 540 640 W

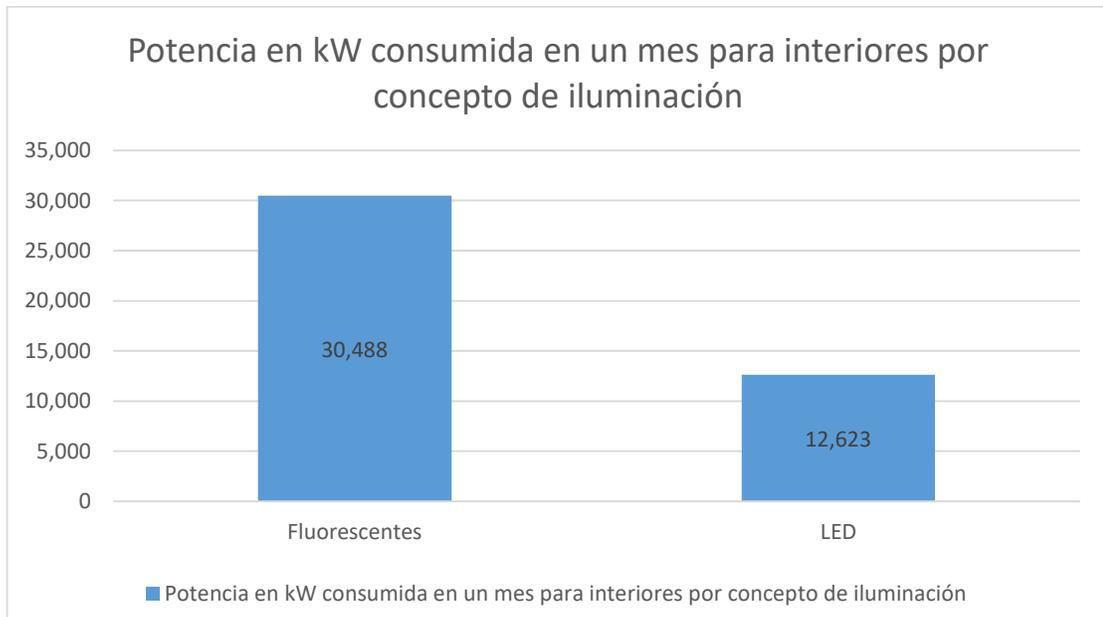
PT LED (Consumida en un Mes)= 1 051 920 W

Ahorro de Energía= 2 540 640 W – 1 051 920 W

Ahorro de Energía= 1 488 720 W

A continuación en la figura 3.3 se representa gráficamente la realización del cálculo obtenido.

Figura 3.3 Comportamiento de la carga de un mes para interiores



3.5.3 Cálculo del ahorro en potencia en un año

Para obtener el ahorro por concepto de potencia en un año multiplicamos por 12 las dos potencias y restamos a la potencia total obtenida de las lámparas fluorescentes, el total de W obtenido con el cálculo de las LED

$$\text{PT Fluorescentes (Consumida en el Año)} = 2\,540\,640 \text{ W} * 12$$

$$\text{PT Fluorescentes (Consumida en el Año)} = 30\,487\,680 \text{ W}$$

$$\text{PT LED (Consumida en un Año)} = 1\,051\,920 \text{ W} * 12$$

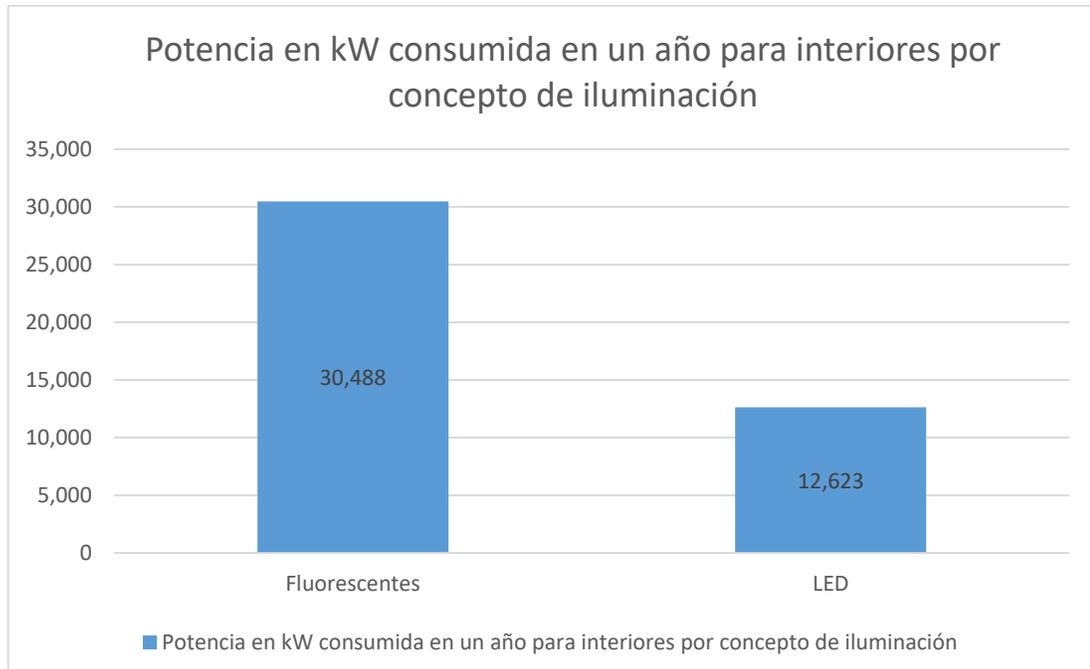
$$\text{PT LED (Consumida en un Año)} = 12\,623\,040 \text{ W}$$

$$\text{Ahorro de energía (un año)} = 30\,487\,680 \text{ W} - 12\,623\,040 \text{ W}$$

$$\text{Ahorro de energía (un año)} = 17\,864\,640 \text{ W}$$

A continuación en la figura 3.4 se representa gráficamente la realización del cálculo obtenido.

Figura 3.4 Comportamiento de la carga de un año para interiores.



Ahorro anual en CUC = (Ahorro anual*10⁻⁶) * tarifa de la empresa.

Ahorro anual en CUC = (17 864 640 W *10⁻⁶)* tarifa de la empresa

Ahorro anual en CUC = 17, 865* 118,2cuc/MW

Ahorro anual en CUC = \$ 2111,643

Los cálculos correspondientes realizados para el tiempo de recuperación de la inversión que se propone se realizan con una comparación a escala de diez años. Producto a que el sistema de iluminación actual de la residencia estudiantil del ISMMM tiene este tiempo de instalado. Se representa gráficamente en las figuras 3.5.

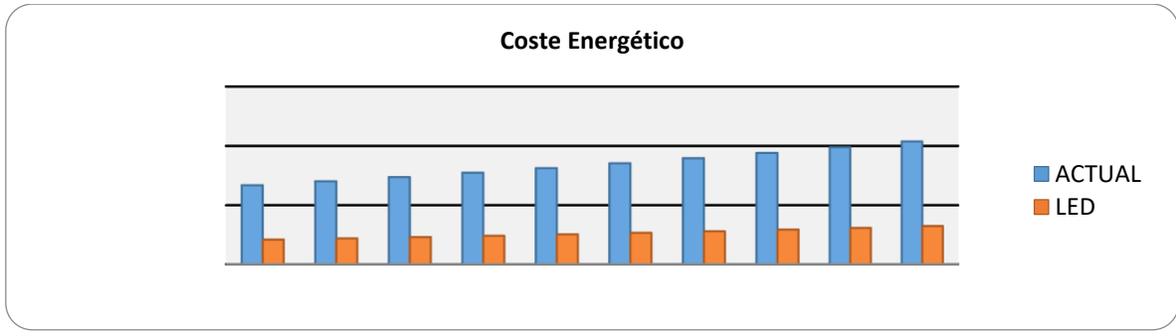


Figura 3.5 Comportamiento del coste energético.

Ahorro por consumo:

Tabla 3.2 Comparación a escala de 10 años.

Ahorro de Energía 1º Año	17 864.64 w	W
Ahorro de Energía (w)	178 646.4 w	w en 10 años
Ahorro de Energía (\$)	21116.43 cuc	en 10 años

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

Variante Propuesta.

Tiempo de Amortización

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

= 14610 / 17864.64

= 0.82 años.

Efectividad de la variante propuesta

Como se ha podido observar la variante propuesta es efectiva ya que tiene una amortización rápida y costo de la inversión que resulta económica por lo tanto se considera que debe ser la alternativa a utilizar.

3.6 Conclusiones.

- Se propuso de manera práctica la solución a las principales dificultades encontradas en el sistema de iluminación priorizando la insuficiente iluminación de la residencia estudiantil.
- Se dejaron bien claras las transformaciones a realizar para elevar los niveles medios de iluminación en servicio en la residencia estudiantil.
- Se muestran el equipamiento a incrementar a la hora de darle cumplimiento al trabajo realizado, sin dejar pasar por alto el costo económico y el ahorro de energía que esto proporcionaría.

Conclusiones Generales.

Se realizó un estudio de las características y condiciones del sistema de alumbrado instalado en la residencia estudiantil del ISMMM, llegando a las siguientes conclusiones:

1. Se mejorará el nivel de iluminación de la instalación a partir del incremento del número de luminarias con una correcta distribución y selección.
2. Se determinó que los niveles de iluminación no cumplen con las normas de seguridad establecidas, la inadecuada selección de las luminarias, así como la escasez y mala distribución de las mismas.
3. Se brinda un procedimiento general para el estudio de instalaciones de sistemas de alumbrado en interiores que permite un análisis integral de los aspectos cuantitativos cualitativos y económicos.
4. Se ofrece una metodología práctica para la evaluación técnica-económica y cualitativa preliminar de las variantes de fuentes luminosas que conlleva a la obtención de la más racional, a partir de la iluminación con led.
5. El tiempo de amortización de la inversión de la propuesta es menor de dos años haciéndose factible a su ejecución.

Recomendaciones

1. Que se evalúe por parte de la Dirección los resultados obtenidos en este trabajo para su aplicación.
2. Utilizar los resultados de este trabajo para la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica.

Bibliografía

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

22. Ferreiro, Mason, P Ahorro de Energía Eléctrica en Iluminación.
23. Ferrero Andréu, LI. Optimización de la Eficiencia Energética en Iluminación.
24. Figueroa Oscar. Eficiencia del Sistema de Iluminación Exterior para garantizar la seguridad en la Empresa Ernesto Che Guevara de la Serna 2004.
25. GERARD, Allan & ASH, Joel (1990). **Premises Wiring for the Information Age**, Computer Technology Research Corp.
26. GONZALEZ JORDAN, R.; Ahorro de energía en Cuba. La Habana: Editorial científico – técnica, 1986.
27. GOUIN, Michelle D. & CROSS, Thomas B. (1986). **Intelligent buildings: strategies for technology and architecture**, Dow Jones-Irwin.
28. Hidalgo Pérez Omar. Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002.
29. **IBI Newsletter** (1993). The Intelligent Building Institute, volumen 2, Nº 3, Junio.
30. Illuminating Engineering Society of North America; Lighting Handbook. Reference and Application;
31. Información y Tecnología. Domótica; La Casa Inteligente de Premià de Mar; Institut Català d'Energia 1992. ISBN: 84-393-1915-0.
32. J.I. Urraca Piñeiro: Tratado de alumbrado público. Ed: Donostiarra, S.A.
33. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del manual de Alumbrado Westinghouse. 1986.
34. Manual de electricista Axa Monterrey.
35. Manual de Procedimiento para el Diseño y Cálculo de una Instalación de Alumbrado. Centros de Proyectos del Níquel. 1999.
36. MARTINEZ Jorge L; Control de Procesos Industriales; Universidad de Málaga 1996.
37. Masorra, Jironella (1986). Suministro Eléctrico Industrial.
38. Norma Cubana. Compatibilidad electromagnética (EMC). Parte 6. NC IEC 61000-6:2003.
39. Norma Cubana. *Iluminación de puesto de trabajo en interiores*. NC ISO 8995/CIE S 008:2003.
40. Norma Cubana. Requisitos de diseño para la eficiencia energética—parte 3: Sistemas y equipamiento de calefacción, ventilación y aire acondicionado. NC-TS 220-3: 2005.
41. Oportunidades de Proyectos MDL en Cuba. 2003.

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

Sítios Webs visitados:

<http://www.clefer.com/2007>

[www.ctio.nao.edu/light pollution/1999](http://www.ctio.nao.edu/light%20pollution/1999).

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

<http://www.stilar.Net>.

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

<http://www.energuia.com> 1995.

<http://www.energuia.com> 1999.

www.domodesk.com.

<http://www.ca21.com/2007>

<http://www.atpiluminacion.com/2008>

www.eiba.com.

www.inty.com.

www.dinitel.es.

www.camba.com.

www.lsde-ing.com

Anexos.

Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 1									
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Total de Lámparas	Total W Instalado
1	111	1	1	1	1	1		28	504 W
	112	1	1	1	1				
	113	1	1	1	1	1			
	114	1	1	1	1	x			
	115	1	1	1	1	1			
	116	1	1	1	1	1			
2	121	1	1	1	1			23	414 W
	122	1	x	1	1				
	123	1	1	1	1				
	124	1	1	1	1				
	125	1	1	1	1				
	126	1	1	1	1				
3	131	1	1	1	1	1		26	468 W
	132	1	1	1	1	x			
	133	1	1	1	1				
	134	1	1	1	1	1			
	135	1	1	1	1	1			
	136	1	1	1					
4	141	1	1	1	1			25	450 W
	142	1	1	1	1				
	143	1	2	1	1				
	144	1	1	x	1				
	145	1	1	1	1	1			
	146	1	1	1	1				
FEU								3	54 W
TOTAL								105	1890 W

Anexo 1 Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 1

Nombre y Apellidos

Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 3										
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámparas	Total W Instalado
3	331	X	X	X	1					
	332	1		1	1	2				
	333	X	X	X	1	2				
	334	1	1	1	2	3				
	335	1	1	1	2	2				
	336	1	1	2	2	2				
	337	1	1	1	2	2				
	338	1	1	1	2	3	2	2	52	936 w
4	341	2	1	1	1	1				
	342	1	1	1	1	2				
	343	1	2	1	1	2				
	344	1	1	1	1	2				
	345	1	1	1	1	1				
	346	1	1	1	1	2				
	347	1	1	1	1	1				
	348	1	1	2	2	2	1	X	49	882 w
5	351	1	1	1	1	1				
	352	1	1	1	1	1				
	353	2	1	1	1	1				
	354	1	1	1	1	2				
	355	1	1	1	1	1				
	356	1	1	2	1	1				
	357	1	1	1	1	1				
	358	1	1	2	1	1		X	44	792 w
2	Depart de Cultura Física		Sala de Videos		Sala de Historia		Sala de Arte			
	X		X		1		1		2	36 w
1	Almacón		Carpintería		Cafetería					
	3		X		6				9	162 w
TOTAL									150	2808 w

Anexo 2 Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 3

Nombre y Apellidos

Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 4														
	Cuarto	Cub. 1	Cub. 2	Cub. 3	Cub. 4	Cub. 5	Cub. 6	Cub. 7	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámpara	Total W Instalado
1	411	1	1	1	1	1	1	1	2	4				
	Enfermería		x	x		x	x		1					
	413	1	1	1	1	1	1		2	1				
	414	x	x	x	x	x	x		x	x				
	415	1	1	1	1	1	1	x	x			x	29	522 W
2	421	1	1	1	1	1	1	x	x					
	422	1	1	1	1	1	1		1	1				
	423	x	x	1	x	x	x		1					
	424	1	1	1	1	1	1		2	1				
	425	1	1	1	1	1	1		1	3		x	35	630 W
3	431	1	1	1	1	1	1		1					
	432	x	x	1	1	2	1	2	2	1				
	433	1	1	1	1	1	1		1	2				
	434	x	1		1	x	1		1					
	435	1	1	1	1	1	1	1	1		x	x	38	684 W
4	441	1	1	1	1	1	1	x	1	1				
	442	1	1	1	1	1	1		1					
	443	1	1	1	1	1	1		1	1				
	444	1	1	1	1	1	1		1	1				
	445	1	1	1	1	1	1	x	1	1		x	39	702 W
TOTAL													141	2538 W

Anexo 3 Levantamiento de Luminarias de 18 W - Edificio No. 4

Nombre y Apellidos

Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 1									
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Total de Lámparas	Total W Instalado
1	111						3	4	152 W
	112								
	113								
	114					1			
	115								
	116								
2	121							1	38
	122		1						
	123								
	124								
	125								
	126								
3	131							1	38 W
	132					1			
	133								
	134								
	135								
	136								
4	141							1	38 W
	142								
	143								
	144			1					
	145								
	146								
FEU								1	38 W
TOTAL								8	304 W

Anexo 4. Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 1

Nombre y Apellidos

Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 3										
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámparas	Total W Instalado
3	331	2	2	1						
	332									
	333	2	1	1						
	334									
	335									
	336									
	337									
	338								9	342 W
4	341									
	342									
	343									
	344									
	345									
	346									
	347									
	348							2	2	76 W
5	351									
	352									
	353									
	354									
	355									
	356									
	357									
	358							2	2	76 W
2	Depart de Cultura Física	Sala de Video		Sala de Historia		Sala de Arte				
	1	6		6		1		14	532 W	
1	Almacén	Carpintería		Cafetería						
	2	5		4				11	418 W	
TOTAL									38	1444 W

Anexo 5. Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 3

Nombre y Apellidos

Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 4														
	Cuarto	Cub. 1	Cub. 2	Cub. 3	Cub. 4	Cub. 5	Cub. 6	Cub. 7	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámpara	Total W Instalado
1	411													
	Enfermería		2	1		2	3							
	413													
	414	2	2	2	2	2	2		2	1				
	415							1	1		1	1	27	1026 W
2	421							1	1					
	422													
	423	1	1		1	2	1							
	424													
	425												8	304 W
3	431													
	432	1	1											
	433													
	434	2				1								
	435										1		6	228 W
4	441							2						
	442													
	443													
	444													
	445							2					4	152 W
TOTAL												45	1710 W	

Anexo 6. Levantamiento de Luminarias de 38 W - Edificio No. 4

Nombre y Apellidos

Mediciones de Luminancia (lux)- Edificio No. 1							
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo
1	111	33.4	32.6	44.6	53.7	60.6	
	112	57.2	32.9	48.9	30.4		
	113	35.9	40.9	49	35.9	55.4	
	114	51.4	44.8	35.1	62.1	113	
	115						
	116						
2	121	28.8	30.6	31.1	37.8		
	122	33.8	202	35.4	54.8		
	123	50.4	48.4	51.4	39.4		
	124	47.6	46.4	58.2	37.7		
	125						
	126						
3	131	60.4	58.1	58.9	57.7	59	
	132	53.5	50	28.4	47.4	108.2	
	133	58.3	58.4	59	49.3		
	134	63.6	59.9	56.8	56.6	42.1	
	135						
	136						
4	141	50.6	44.3	52.6	57.1		
	142	47.3	41.7	39.3	52.3	57.3	
	143	48.2	84.2	49.3	55.7		
	144	54.4	33.2	128.5	62.9		
	145						
	146						
FEU						74.1	
TOTAL							

Anexo 7. Mediciones de Luminancia (lux)- Edificio No. 1

Nombre y Apellidos

Mediciones de luminancia (lux) - Edificio No. 3										
Planta	Cuarto	Cubículo No. 1	Cubículo No. 2	Cubículo No. 3	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámparas	Total W Instalado
3	331	183.2	186.1	114.5	43.2					
	332	42.6	42.4	45.6	40.5	71.6				
	333	179.6	109.8	117.3	45.2	63.4				
	334	33.3	39.6	38.2	52.7	54.9				
	335	41.3	38.6	40.8	57.1	43.9				
	336	38.1	37.5	59.1	25.2	40.8				
	337	33.2	26.9	27.4	19.6	24.3				
	338	22	40.6	36.8	21.4	27.7		30.9		
4	341	73.2	47.3	51.4	39.6	32.1				
	342	44.3	47.7	50.0	46.7	71.1				
	343	39.7	71.6	29.9	37.5	48.6				
	344	46.9	49.3	48.9	27.3	58.2				
	345	36.4	35.3	47.4	40.1	38.5				
	346	37.6	39.1	43.7	19.6	24				
	347	42.8	43.1	39.8	36.2	43.8				
	348	43.1	57.2	70.2	55.7	47.0				
5	351	46.7	41.6	49.1	52.7	40.2				
	352	41.1	60.7	51.4	67.0	102.5				
	353	60.6	52.6	48.6	54.5	23.7				
	354	43.0	59.1	52.6	34.2	47.2				
	355	47.0	45.6	50.7	25.5	66.4				
	356	44.9	47.7	71.2	55.8	39.4				
	357	42.4	48.7	45.1	38.5	35.1				
	358	64.2	49.1	78.5	52.7	75.0				
2	Depart de Cultura Física		Sala de Video		Sala de Historia		Sala de Arte			
	98.3		118.4		46.3		42.7			
1	Almacén		Carpintería		Cafetería					
	27.1		52.4		30.4					
TOTAL										

Anexo 8. Mediciones de Luminancia (lux)- Edificio No. 3

Mediciones de luminancia (lux) - Edificio No. 4														
	Cuarto	Cub. 1	Cub. 2	Cub. 3	Cub. 4	Cub. 5	Cub. 6	Cub. 7	Baño	Sala de Estar	Pasillo	Sala de Estudio	Total de Lámpara	Total W Instalado
1	411	52.3	51.2	54.5	53.4	54.2	51.5	53.6	48.3	95.8				
	Enfermería		189.2	112.3		179.6	198.4		42.3					
	413	51.2	51.4	52.3	55.3	53.2	47.9		48	27.9				
	414	165.3	195.7	176.4	188.5	184.8	186.3		106	90.1				
	415	40.9	45.8	56.4	50.2	47.6	42.4	112.3	65.9			112.4		
2	421	41.5	46.3	46.2	71.5	38.4	45.6	113.4	68.8					
	422	76.7	57.3	56.7	56.3	64.4	68.4		33.6	38.7				
	423	52.2	117.3	49.9	115.1	219	116.8		30.6					
	424	54.6	52.4	53.4	51.3	53.6	53.9		40	22.4				
	425	43.6	41.3	42	40.5	41.4	42.5		31.2	23.5				
3	431	34.2	39.7	42.8	44.1	53.3	45		34.2					
	432	141.6	109.2	46.6	41.8	72.2	51.4	69.4	42.5	24.6				
	433	29	32.5	46.9	42.6	33.9	48.8		40.8	44.4				
	434	176	51.9		49.7	128.2	47.4		24.9					
	435	56.1	51.6	54.2	50.3	52.5	53.4	51.6	31.6					
4	441	47.3	48.1	50.2	49.1	46.4	45.7	181.3	40.6	35.8				
	442	48.5	51.2	49.1	47.6	48.3	49.7		39.4					
	443	48.3	48.9	50.3	49.9	48.6	49.5		34.6	28.3				
	444	49.6	49.8	47.6	51.1	48.9	50.1		32.4	31.2				
	445	50.1	48.8	50.5	48.2	49.3	50.6	171.4	37.2	27.5				
TOTAL														

Anexo 9. Mediciones de Luminancia (lux)- Edificio No. 4

Nombre y Apellidos