



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO PARA UNA SOLUCIÓN DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL
EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO DE LA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Br. Jhon Ronald Dávila Rivas

Mérida, Marzo 2018



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO PARA UNA SOLUCIÓN DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL
EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO DE LA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Trabajo de grado presentado en cumplimiento parcial para optar al título de Ingeniero Electricista.

Br. Jhon Ronald Dávila Rivas
Tutor: Prof. Luz Stella Moreno

Mérida, Marzo 2018

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO PARA UNA SOLUCIÓN DE
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ILUMINACIÓN DEL
EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO DE LA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

Br. Jhon Ronald Dávila Rivas

Trabajo de Grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de Los Andes por el siguiente jurado.

Prof. Jesús Velazco
Jurado

Prof. María Urriola
Jurado

Prof. Luz Stella Moreno
Tutor

DEDICATORIA

Al culminar esta etapa tan anhelada de mi vida quiero dedicar este logro a todas y cada una de las personas que me apoyaron y estuvieron presentes de una u otra manera en mi vida universitaria.

Principalmente a **Dios Todopoderoso** por acompañarme en cada momento de mi vida, por iluminarme, darme la fortaleza, sabiduría y ser mi guía para poder culminar esta etapa profesional con éxito.

A mis queridos padres: **Olivo Dávila** y **Marixa Rivas**. Han sido mi principal apoyo, ejemplo de vida y de lucha, quienes con su gran amor, dedicación, paciencia y confianza en mí, me han motivado a seguir adelante y hacer posible este gran logro. Doy gracias a Dios por tener unos Padres tan maravillosos y especiales. LOS AMO.

A mi hermano: **Jesús Olivo**, con quien compartí gran parte de mi carrera universitaria y que siempre me brindó apoyo incondicional en cada momento, con sus consejos, ocurrencias y bromas. Muchas gracias por todo. TE QUIERO MUCHO.

A mis **Seres Queridos**, que estuvieron muy presentes en mi experiencia académica y me ayudaron en momentos difíciles, quienes siempre contribuyeron a forjarme una carrera profesional como medio de superación personal y legado familiar; a todos con cariño dedico esta meta lograda.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a **Dios Todopoderoso**, fuente de inspiración y sabiduría. Por bendecirme cada día, guiarme por un buen camino y permitirme culminar esta etapa tan grata de mi vida, por permitirme vivir momentos inigualables, con personas con un sueño en común.

A mis padres: **Olivo Dávila** y **Marixa Rivas**, por todo el apoyo, comprensión, amor; ustedes han sido el pilar fundamental en el logro de esta meta.

A la **Ilustre Universidad de Los Andes**, por darme la oportunidad de vivir y compartir experiencias de aprendizaje guiados por un cuerpo docente, con calidad profesional y mística de trabajo.

Al **Gran Profesorado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica**, gracias por comunicar sabiamente sus conocimientos y dedicar su tiempo en la orientación profesional de las nuevas generaciones de ingenieros; labor que hoy se materializa al culminar con éxito la realización del trabajo especial de grado.

A mi **Tutora Dra. Luz Stella**, gracias por hacerme participe de sus conocimientos y experiencia profesional, empatía que hizo posible la realización satisfactoria de esta experiencia investigativa.

A todo el personal Docente, Obrero y Administrativo del **Edificio Central del Rectorado de la Universidad de los Andes** y de la **Facultad de Odontología**, por su colaboración y apoyo.

Br. Jhon Ronald Dávila Rivas. **Propuesta y Estudio para una Solución de Eficiencia Energética en la Iluminación del Edificio central del Rectorado de la Universidad de Los Andes.** Universidad de Los Andes. Tutor: Dra. Luz Stella Moreno Martín. Marzo 2018.

RESUMEN

Un adecuado sistema de iluminación debe cumplir con ciertas normas y requerimientos de modo de garantizar un confort visual y de optimizar su rendimiento y eficiencia. Es con esta finalidad que se realizó un estudio exhaustivo del sistema de iluminación actual, recopilando información mediante encuestas realizadas al personal que elaboran en la institución, estudiantes y profesores, así como también la medición de los niveles de iluminación actuales en cada área del Edificio Central Del Rectorado por medio de un instrumento llamado Luxómetro, que permite medir la iluminancia real y no subjetiva del ambiente. Teniendo en cuenta estos valores medidos, se procedió a comparar estos niveles de iluminación con los valores descritos y recomendados en la norma venezolana COVENIN 2249-93 y con los cuales se determinó que el sistema actual no cumple con los niveles de iluminación recomendados, por lo cual se realiza una propuesta utilizando lámparas LED, simulando las distintas áreas mediante el programa DIALux evo y así garantizar que cumpla con los niveles de iluminación necesarios y a su vez que permita contribuir con la eficiencia energética.

Descriptores: Iluminancia, LED, Índice de Eficiencia Energética, Luxómetro, Luminarias, DIALux.

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICES GENERAL.....	vii
ÍNDICES DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICES DE TABLAS.....	xv
ÍNDICES DE GRÁFICOS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

Contenido	pp.
CAPITULO I.....	3
PROBLEMÁTICA ACTUAL.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.5 ALCANCE.....	6
1.6 LIMITACIONES.....	6
CAPITULO II.....	7
MARCO TEORICO.....	7
2.1 PROPIEDADES DE LA LUZ.....	7
2.1.1 Naturaleza de la Luz.....	7
2.1.2 Espectro Electromagnético.....	7

2.1.3 Control de la Luz	8
2.2 VISIÓN Y PERCEPCIÓN VISUAL.....	9
2.2.1 Capacidades Visuales	10
2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN	13
2.3.1 El Tamaño	13
2.3.2 El Contraste	13
2.3.3 El Tiempo	13
2.3.4 Deslumbramiento	13
2.4 EL COLOR.....	14
2.4.1 Características cromáticas de las fuentes de luz.....	15
2.5 FOTOMETRÍA	17
2.5.1 Luminotecnia.....	18
2.5.2 Angulo Sólido.....	18
2.5.3 Flujo luminoso.....	18
2.5.4 Intensidad luminosa.....	19
2.5.5 Iluminancia	19
2.5.6 Iluminancia media	19
2.5.7 Luminancia	20
2.5.8 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa	20
2.5.9 Eficiencia energética.....	21
2.6 FUENTES DE LUZ	21
2.6.1 Características fundamentales de las fuentes de luz artificiales	22
2.6.2 Fuentes de luz usadas en el edificio central del rectorado.....	24
2.7 LUMINARIAS	25
2.8 SISTEMA DE ALUMBRADO	26
2.8.1 Iluminación general	26
2.8.2 Iluminación general localizada.....	26
2.8.3 Iluminación localizada.....	26
2.9 RECOMENDACIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO.....	27
2.9.1 Iluminacion en oficinas administrativas	27

2.9.2 Iluminación en dependencias de la Facultad de Odontología	30
2.9.3 Iluminación en espacios con actividad visual elevada	32
2.9.4 Iluminación en Museo	33
2.9.5 Iluminación en el Aula Magna	35
2.9.6 Iluminación en el Paraninfo.....	35
2.9.7 Iluminación del Salón Rojo	36
2.10 TIPOS DE LUMINARIAS USADAS EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO.....	36
2.11 NORMA COVENIN 2249-93. ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO	39
2.11.1 Recomendaciones para obtener los niveles de iluminación en un ambiente según NORMA COVENIN 2249 – 93.	40
CAPITULO III	41
ANÁLISIS DE ENCUESTA.....	41
3.1 ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESORES Y PERSONAL QUE LABORAN EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO.....	42
3.2 ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA.....	49
CAPITULO IV	53
ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO.....	53
4.1 CLÍNICAS DENTALES	54
4.2 AULAS.....	58
4.3 OFICINAS.....	60
4.4 BIBLIOTECA	67
4.5 SALONES DE USO PROTOCOLAR.....	68
4.6 MUSEO	70
4.7 LABORATORIOS	72
4.8 PASILLOS	72
4.9 DEMANDA DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL	74
4.9.1 Cantidad de lámparas usadas actualmente en el Edificio Central del Rectorado.....	76
4.10. ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS ÁREAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL.....	77

CAPITULO V	79
PROPUESTA DEL NUEVO DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACION EFICIENTE ..	79
5.1 CLÍNICAS DENTALES	79
5.2 AULAS	82
5.3 OFICINAS	84
5.4 BIBLIOTECA	90
5.5 SALONES DE USO PROTOCOLAR	92
5.6 MUSEO	93
5.7 LABORATORIOS	93
5.8 PASILLOS	94
5.9 POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO	95
5.10 ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y EL SISTEMA PROPUESTO PARA EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO	96
5.11 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y PROPUESTO DEL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO	98
5.11.1 Calculo del costo anual uniforme equivalente (CAUE)	99
5.12 COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTO	100
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105

INDICES DE FIGURAS

	pp.
Figura 2.1 Espectro electromagnético de la luz.....	8
Figura 2.2 Campo visual Horizontal.....	12
Figura 2.3 Campo visual Vertical.....	12
Figura 2.4 Longitud de onda según el color.....	14
Figura 2.5 Representación de la temperatura de color (°K).....	15
Figura 2.6 Colores cálidos y fríos.....	17
Figura 2.7 Depreciación luminosa.....	23
Figura 4.1 Clínica de Operatoria.....	55
Figura 4.2a Clínica de Cirugía.....	57
Figura 4.2b Iluminación Clínica de Cirugía.....	57
Figura 4.2c Quirófano I Clínica de Cirugía.....	57
Figura 4.2a Anatomía Dentaria.....	59
Figura 4.3a Oficina Despacho Rector.....	59
Figura 4.3b Dirección del Rectorado.....	66
Figura 4.5a Paraninfo.....	66
Figura 4.5b Salón Rojo.....	69
Figura 4.5c Aula Magna.....	70
Figura 4.6a Sala Permanente del Museo.....	71

Figura 4.6b Laboratorio Arqueológico.....	71
Figura 4.7a Pasillos Museo.....	74
Figura 4.7 b Pasillos Odontología.....	74
Figura 5.1 Propuesta del quirófano 1 de la clínica de operatoria.....	80
Figura 5.2 Curvas isocólicas del Quirófano I de la Clínica de Operatoria.....	81
Figura 5.3 Propuesta de iluminación del aula 2 de clases de la Facultad de Odontología.....	83
Figura 5.4 Curvas isocólicas aula 2 de clases de la Facultad de Odontología.....	83
Figura 5.5 Propuesta de iluminación de la oficina del Rector.....	85
Figura 5.6 Curvas isocólicas de la propuesta de la oficina del Rector.....	85
Figura 5.5 Propuesta de iluminación de la Biblioteca de la Facultad de Odontología.....	90
Figura 5.6 Curvas isocólicas de propuesta de la Biblioteca.....	91

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICES DE TABLAS

	pp.
Tabla 2.1 Apariencia de color de la luz.....	15
Tabla 2.2 Índice de rendimiento de color.....	16
Tabla 2.3 Valores límite de eficiencia energética en iluminación (VEEI).....	21
Tabla 2.4 Requerimientos técnicos de los tipos de oficinas.....	29
Tabla 2.5 Temperatura de color dependiendo del tipo de actividad.....	29
Tabla 2.6 Temperatura de Color en centros educativos.....	32
Tabla 2.7 Niveles de iluminancia recomendados según los materiales.....	34
Tabla 2.8 Valores de exposición a la luz recomendados.....	35
Tabla 2.9 Tipos de luminarias recomendadas en oficinas.....	36
Tabla 2.10 Tipos de luminarias recomendadas en centros educativos.....	38
Tabla 2.11 Iluminancias recomendadas de acuerdo a las dependencias del Edificio Central del Rectorado.....	39
Tabla 3.1 Encuesta realizada a estudiantes de la Facultad de Odontología.....	49
Tabla 4.1 Características de la iluminación en la clínica de Operatoria.....	55
Tabla 4.2 Características de la medición en la clínica de operatoria.....	55
Tabla 4.3 Característica de medición de las clínicas dentales de la Facultad de Odontología.....	56
Tabla 4.4 Característica de medición de las aulas de la Facultad de Odontología en el Edificio Central del Rectorado.....	58
Tabla 4.5 Característica de medición de las oficinas y cubículos del Edificio Central	

del Rectorado.....60

Tabla 4.6 Característica de medición de la iluminancia media en la biblioteca de la facultad de Odontología en el Edificio Central del Rectorado.....67

Tabla 4.7 Característica de medición de la iluminancia media en salones de uso protocolar del Edificio Central del Rectorado.....68

Tabla 4.8 Característica de medición de la iluminancia media en el museo en el Edificio Central del Rectorado.....71

Tabla 4.9 Característica de medición de la iluminancia media en el museo en el Edificio Central del Rectorado.....72

Tabla 4.10 Característica de medición de la iluminancia media en los pasillos del Edificio Central del Rectorado.....73

Tabla 4.11 Característica de la carga conectada por iluminación.....75

Tabla 4.12 Índice de eficiencia energética.....77

Tabla 5.1 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación del quirófano I de clínica de operatoria.....80

Tabla 5.2 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las clínicas dentales.....81

Tabla 5.3 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación para la aula 2 de la Facultad de Odontología.....82

Tabla 5.4 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las aulas.....83

Tabla 5.5 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de la oficina del Rector.....84

Tabla 5.6 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las oficinas.....85

Tabla 5.7 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de la biblioteca.....91

Tabla 5.8 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en los salones de uso protocolar.....92

Tabla 5.9 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en el museo.....93

Tabla 5.10 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en los laboratorios.....93

Tabla 5.11 Pasillos.....	94
Tabla 5.12 Consumo de potencia del sistema de iluminación propuesto.....	95
Tabla 5.13 Precio del consumo anual del sistema de iluminación actual y propuesto del edificio.....	96
Central del Rectorado.....	97
Tabla 5.14 Precio de las luminarias que se encuentran instaladas en el Rectorado.....	98
Tabla 5.15 Precio de las luminarias del sistema de iluminación propuesto en el Rectorado.....	98
Tabla 5.16 Índices de Eficiencia Energética del sistema actual y el propuesto.....	100

www.bdigital.ula.ve

ÍNDICES DE GRÁFICOS

	pp.
Gráfico 3.1 Resultados de la pregunta 1 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	43
Gráfico 3.2 Resultados de la pregunta 2 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	44
Gráfico 3.3 Resultados de la pregunta 3 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	44
Gráfico 3.4 Resultados de la pregunta 4 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	45
Gráfico 3.5 Resultados de la pregunta 5 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	46
Gráfico 3.6 Resultados de la pregunta 6 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	47
Gráfico 3.7 Resultados de la pregunta 7 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	48
Gráfico 3.8 Resultados de la pregunta 8 realizada a profesores y personal del Rectorado.....	48
Gráfico 4.1 Porcentaje de lámparas en funcionamiento respecto a las lámparas instaladas en el sistema de iluminación actual.....	76

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de iluminación deben proporcionar la cantidad de luz necesaria para mantener un entorno visual óptimo, suficiente y confortable que permita el desarrollo adecuado de las actividades que se realizan en el mismo y garantice un uso eficiente de la energía eléctrica. Esto implica que las instalaciones de alumbrado deben cumplir con las normas y requisitos mínimos de iluminación proporcionados por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN).

El Edificio del Rectorado de la Universidad de los Andes constituye una de las obras emblemáticas de la ciudad de Mérida e imagen representativa de nuestra Alma Mater. Declarado patrimonio artístico e histórico de la nación el 4 de agosto de 1980. Esta edificación ocupa un área de una manzana, diagonal a la Plaza Bolívar, delimitada por las avenidas Obispo Lora y 3 Independencia, y por las calles 23 Vargas (Boulevard de los Pintores) y 24 Rangel. Es imprescindible que las instalaciones del Rectorado cuenten con una iluminación eléctrica que proporcione las condiciones óptimas para el correcto desarrollo de las actividades. Esto es importante porque en el Edificio se encuentra la sede del Rectorado, Vicerrectorado Académico y la secretaria de la universidad, además la Facultad de Odontología, el museo Arqueológico “Gonzalo Rincón Gutiérrez”, la Oficina de Relaciones Interinstitucionales y la oficina de Prensa de la universidad. El edificio Incluye el Teatro “Cesar Rengifo”, el Paraninfo y el Salón Rojo del Rectorado. En estas áreas se desarrollan diversas actividades específicas, las cuales requieren diferentes exigencias en el sistema de iluminación de las mismas.

El presente proyecto tiene como objetivo analizar y estudiar las instalaciones de alumbrado de las diferentes áreas que componen el Edificio del Rectorado y diseñar un nuevo sistema de

iluminación que cumpla con las normas estipuladas por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y garantice un uso eficiente de la energía eléctrica

Este proyecto está compuesto por cinco capítulos descritos de la siguiente manera:

En el Capítulo I se definirá la problemática a tratar, así como los objetivos, alcance y limitaciones del proyecto. También se contemplará la metodología que abordará.

Las bases teóricas y definición de términos básicos se encontrarán incluidas en el Capítulo II, el cual especificará el marco teórico que sustenta el proyecto.

El Capítulo III describe el diseño de investigación y su metodología, donde se efectuará el análisis de encuestas realizadas a personas que hacen uso de las diversas áreas del edificio del Rectorado.

Asimismo, en el Capítulo IV se hace un análisis y estudio del sistema de iluminación actual del Edificio, donde se evaluarán sus condiciones y se constatará si cumplen con las normas y especificaciones COVENIN.

Por último, en el Capítulo V de este proyecto, se propondrá el diseño de un nuevo sistema de iluminación que se pretende implementar, de acuerdo con las observaciones obtenidas en los capítulos anteriores y ajustados a las normas y especificaciones COVENIN, además de garantizar un uso eficiente de la energía eléctrica.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA ACTUAL

En el edificio central del Rectorado de la Universidad de los Andes se debe contar con una iluminación artificial que garantice las condiciones necesarias para el correcto desarrollo de las actividades que tienen lugar en las instalaciones del mismo, a fin de optimizar los procesos productivos y el empleo de los recursos energéticos para un manejo eficiente de la energía eléctrica. A continuación, se describirá el problema objeto de estudio y el enfoque que engloba la investigación en dicho edificio, ubicado en el municipio Libertador, estado Mérida.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El edificio central del Rectorado de la Universidad de los Andes cuenta con instalaciones como: oficinas, consultorio de prácticas, aulas de clases, museo, aula magna, sala de reuniones, sala de lectura, entre otros; donde la iluminación de dichas áreas desempeña un papel importante sobre las actividades que se efectúan en las mismas. De esta forma, surge la necesidad de garantizar las óptimas condiciones de iluminación y manejo eficiente de la energía eléctrica para el desarrollo efectivo de las actividades que tienen lugar en el edificio, como lo son: administrativas, eventos especiales, prácticas, clases, lectura etc.; las cuales demandan esfuerzos visuales y requieren de una adecuada iluminación.

Para asegurar una buena iluminación en el edificio objeto de estudio, se debe efectuar un estudio y verificación del sistema de iluminación con el que cuenta, a modo de determinar si las instalaciones cumplen con los requisitos mínimos de iluminación dictados por la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). De acuerdo a las condiciones reales del

edificio, se propondrá un nuevo sistema de iluminación que implemente tecnologías actuales que aseguren y faciliten una mejora de la eficiencia energética y el cumplimiento de las normas necesarias para el óptimo desempeño de las actividades que se efectúan en el edificio.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Es muy importante lograr una buena iluminación, para que el proceso de intercambio de información sea efectivo. Algunas actividades pueden realizarse sin el apoyo de la visión o permiten estrategias alternativas, pero, en la mayor parte de los casos el proceso visual es fuente de grandes ventajas para la ejecución de cualquier actividad.

Actualmente con el auge de la eficiencia energética, se tiene una mayor preocupación por el consumo eficiente de la energía, con la finalidad de optimizar los procesos productivos y el empleo de los recursos produciendo más con menos energía. En el caso de la iluminación tanto de exteriores como de interiores, se tiene como objetivo iluminar mejor consumiendo menos electricidad. Y de esta manera se reduce costos y se promueve la sostenibilidad económica, política y ambiental. Esto se puede lograr por medio de que la tecnología en el ámbito de la iluminación ha evolucionado de una forma impresionante en los últimos años: sistemas de iluminación más eficientes, sistemas de control que permiten adaptar las necesidades lumínicas a las demandas en cada momento, permiten reducir de una forma muy importante el consumo energético de las instalaciones sin perjuicio en las prestaciones visuales de la misma.

La iluminación en instalaciones de aulas de clases, oficinas, salas de teatro, aula magna, sala de reuniones, sala de lectura, consultorios de prácticas, etc. Debe tener como objetivos fundamentales: el garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las diversas actividades que en él se realiza, como: administrativas, atención al cliente, de lectura, uso del computador, eventos especiales, clases, prácticas, actividades de alta concentración y esfuerzos visuales elevados. Teniendo en cuenta que al ser una instalación de la universidad de los Andes en donde se realiza una gran variedad de actividades, que van desde clases, prácticas y teóricas,

obras de teatros (Teatro Cesar Rengifo), eventos especiales (Aula Magna del Rectorado) es primordial el garantizar una máxima eficiencia energética posible.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVOS GENERALES

- Analizar los sistemas de alumbrado de las diversas áreas del edificio del Rectorado.
- Analizar las prestaciones lumínicas, confort y economía de los sistemas de alumbrado usados en dicho ambiente.
- Diseñar un nuevo sistema de iluminación, que cumpla con lo estipulado en la eficiencia energética en iluminación.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la eficiencia de dichos sistemas de alumbrado.
- Determinar el confort que dichos sistemas de alumbrado brinda a los usuarios.
- Definir los niveles de prestación necesarios para asegurar, en función de las características distintivas de cada recinto, un nivel de servicio adecuado.
- Determinar si en realidad los actuales sistemas de alumbrado proporcionan las condiciones de confort y calidad.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología que se plantea en este trabajo de grado es de tipo combinada donde se recolectó información por medio de encuestas que van dirigida al personal que elabora en el Edificio Central del Rectorado el cual integra a profesores, obreros, estudiantes de la facultad de odontología y usuarios en general de dichas instalaciones. Además se realizó un estudio de las condiciones actuales en las que se encuentra el nivel de iluminación del rectorado,

mediante las mediciones con un luxómetro en cada una de las áreas del recinto universitario, la cual nos permitió verificar la iluminancia media y así realizar un análisis comparativo con los niveles de iluminación que establecen las normas COVENIN para iluminancias en tareas y áreas de trabajo.

1.5 ALCANCE

Los aspectos puntuales de este trabajo de investigación están referidos a realizar una propuesta de diseño del sistema de alumbrado de las instalaciones del Edificio Central del Rectorado con el fin de optimizar y mejorar de manera eficiente la energía que se consume por efecto de iluminación. Es importante resaltar que la eficiencia energética busca reducir el consumo de energía, no se trata del ahorro de iluminación, sino iluminar mejor con menos electricidad.

Otro aspecto importante es el aprovechamiento de la luz natural en algunas partes de las instalaciones del recinto universitario con el fin de ahorrar energía de esa manera.

Con la recolección de información mediante las encuestas, se busca determinar cuál es el efecto que produce el nivel de iluminación actual en el personal y en los estudiantes de la facultad de odontología.

1.6 LIMITACIONES

- Dificultad en la recolección de medidas en algunas áreas tales como aulas de clases y clínicas dentales, ya que se encontraban en uso y al momento de culminar las actividades permanecían cerradas.
- Problemas al realizar mediciones de iluminación debido a presencia de personas las cuales producen sombras e interfieren con la precisión del instrumento de medición.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 PROPIEDADES DE LA LUZ

2.1.1 Naturaleza de la Luz

La luz es una perturbación de carácter electromagnético, llamada energía radiante, que se transmite en el vacío sin necesidad de tener un material de soporte y que produce sensibilidad en el ojo humano. La energía radiante fluye en forma de ondas y es visible cuando interactúa con la materia. (Moreno, 2012, P5)

2.1.2 Espectro Electromagnético

La luz visible representa una parte del espectro electromagnético, que se alarga desde los rayos gamma de menor longitud de ondas hasta de mayor longitud de ondas, como son las ondas de radio, si bien las diferentes ondas electromagnéticas son iguales por naturaleza, los efectos son particulares en cada una de ellas. (Moreno, 2012, P5)

Los rayos visibles son ondas luminosas capaces de incitar al ojo humano; a diferencia de los demás rayos que no pueden ser distinguidos por la visión del ser humano. El espectro visible toma colores definidos que se descomponen con la ayuda de cuerpos cristalinos y va entre un intervalo de longitud de onda entre los 400 nanómetros hasta 700 nanómetros aproximadamente. (Moreno, 2012, P5) (Ver figura 2.1)

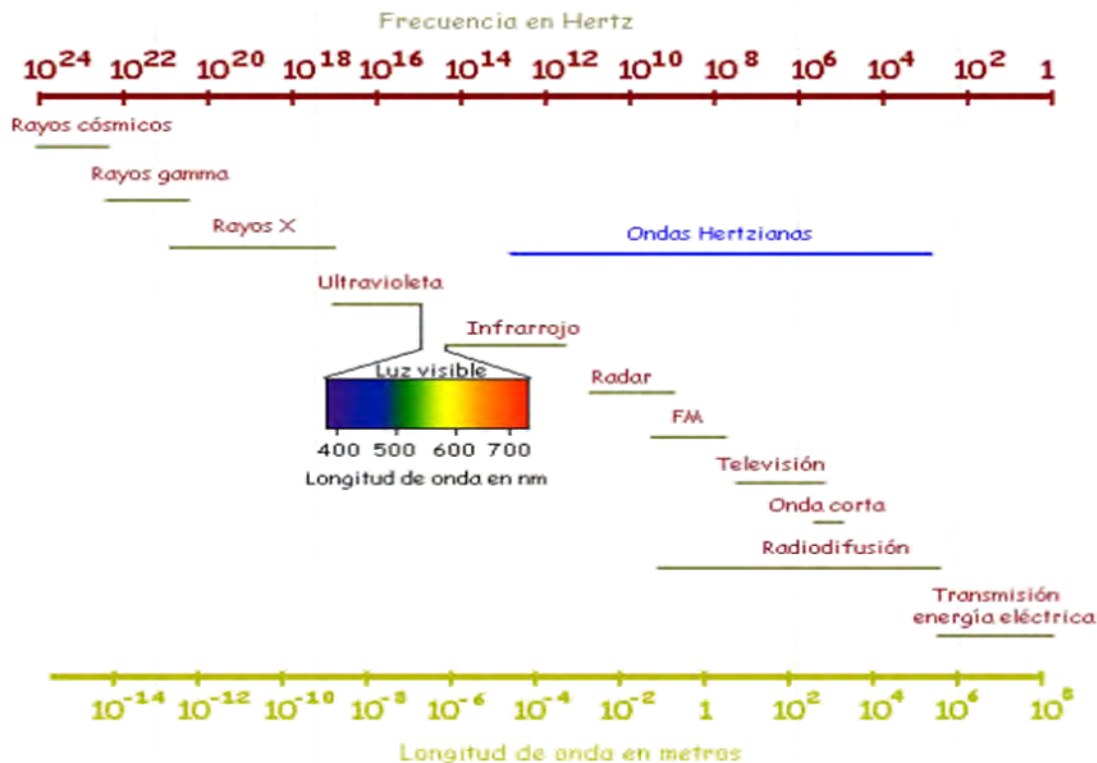


Figura 2.1 Espectro electromagnético de la luz

Fuente (Moreno, 2015)

2.1.3 Control de la Luz

Un aspecto muy importante en la luminotecnia es la conducción del flujo luminoso de la lámpara. Con ello se busca conseguir la distribución luminosa adecuada, ya que la mayoría de las fuentes luminosas actuales poseen gran luminancia, por lo tanto es necesario dispositivos que controlen o modifiquen la luz que emiten las fuentes luminosas. Existen algunos fenómenos físicos que pueden modificar las características luminosas para así garantizar una eficiencia de luz emitida, como son:

Reflexión: En este caso la luz se refleja en un medio homogéneo e isotrópico y según la reflectancia de dicho medio se refleja total o parcialmente. La reflexión puede ser, difusa que se produce cuando la luz incide en superficie opaca y que presenta una serie de

irregularidades, reflexión especular que se origina en superficies brillantada al igual que ocurre con los espejos. Y reflexión semi dirigida. (Moreno, 2012, P10)

Refracción: Es la modificación que experimenta la dirección de propagación de la luz al pasar la superficie de dos medios homogéneos e isotrópicos de diferentes densidades. Un Ejemplo claro es cuando la luz atraviesa capas de aire a distintas temperaturas. (Moreno, 2012, P11)

Transmisión: Es similar a la refracción pero esta ocurre cuando la luz se propaga en cuerpos transparentes o translucidos y esta puede ser dirigida o difusa. Si la propagación de la luz pasa perpendicularmente por una superficie transparente y plana y no sufre desviación, se dice que es dirigida, a diferencia de la difusa que la luz se propaga en distintas direcciones. (Moreno, 2012, P11)

Absorción: Cuando la luz blanca incide con un objeto o superficie, una parte de los colores de la cual está compuesta es absorbida por la superficie y resto son reflejados. La parte reflejada determina el color que se percibe y depende de la constitución del material que lo compone. Si la superficie es negra u opaca, la absorción de la luz es completa, y se transforma en calor. (Moreno, 2012, P11)

Difusión: Se basa en el esparcimiento en todas las trayectorias del espacio del flujo luminoso debido a la aspereza del tipo de material de la superficie donde incide el rayo de luz. (Moreno, 2012, P12)

2.2 VISIÓN Y PERCEPCIÓN VISUAL

El ojo humano es un órgano sensible 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. En el cerebro se realiza el proceso de reconstruir las distancias, colores, movimientos y formas de los objetos que nos rodean. La existencia de dos ojos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica. (Moreno, 2012, p.14).

2.2.1 Capacidades Visuales

En el proceso de la capacidad visual varía en cada ser humano, ya que no todos pueden observar e interpretar de igual la información recibida, en relación a la forma, color, la dimensión y perspectiva de lo observado, debido a las propias limitaciones del sentido de vista del ser humano y la posibilidad de distorsión. (Moreno, 2012, P18) Entre las capacidades se tienen:

Sensibilidad: En la visión a la luz de día o con suficiente luz artificial el ojo es capaz de distinguir formas y colores, debido a que intervienen elementos fotorreceptores llamados conos y bastones, los primeros son muy sensibles a los colores y casi insensible a la luz y los segundos son muy sensibles a la luz y casi insensibles a los colores. A este tipo de visión se le conoce como visión fotópica. A medida que disminuye la luz el ojo no es capaz de distinguir los colores debido a que los conos dejan de funcionar por deficiencia de energía radiante y cantidad de luz considerable y por lo tanto se activan solo los bastones, durante su funcionamiento se tiene la capacidad de distinguir formas y movimientos. A la visión nocturna se le conoce como visión escotópica. (Moreno, 2012, P19)

Acomodación: Es la facultad que tiene el ojo para enfocar automáticamente a las diferentes distancias de los objetos y así obtener imágenes nítidas en la retina. Este ajuste lo efectúa variando la curvatura del cristalino. Si el objeto se encuentra cerca, la curvatura del cristalino se hace mayor que cuando se encuentra lejos. A medida que pasan los años esta capacidad se va perdiendo debido a la pérdida de elasticidad que sufre el cristalino; se le conoce como

presbicia o vista cansada y hace que aumente la distancia focal y la cantidad de luz mínima necesaria para que se forme una imagen nítida.

Adaptación del ojo: Es la capacidad que tiene el ojo de ajustarse automáticamente a los cambios de niveles de iluminancia. Este ajuste ocurre por la capacidad que tiene el iris para regular la abertura de la pupila y a cambios fotoquímicos de la retina. El proceso de adaptación total a la oscuridad (adaptación escotópica) requiere en general cerca de una hora; en el caso contrario cuando se pasan de ambientes oscuros a luminosos (adaptación fotópica) esta adaptación se establece mucho más rápida. (Moreno, 2012, P19).

Agudeza Visual: Es la capacidad que tiene el ojo de distinguir los detalles de los objetos, con nitidez y precisión bajo buenas condiciones de iluminación. Esta capacidad visual está estrechamente relacionada con la densidad de fotorreceptores por unidad de superficie. En los exámenes de la vista es muy común realizarse la prueba de agudeza visual. (Moreno, 2012, P20).

Visión Binocular: Es la capacidad visual que permite una percepción del entorno en tres dimensiones, situar los objetos en el espacio, tener la sensación de profundidad, el cálculo de distancias, así como determinar el relieve de los objetos. El ojo es un órgano par, el proceso de la visión se realiza con ambos ojos de manera simultánea, pero cada ojo presenta un ángulo distinto. (Moreno, 2015, p21).

Campo Visual: Es la porción del campo visual que abarca el ojo, cuando se fija y mira hacia adelante. En horizontal se calcula que el ángulo visual es de 150° y en vertical un ángulo de 130° aproximadamente; un campo visual de 60° hacia arriba y 70° hacia abajo. (Moreno, 2012, P22).

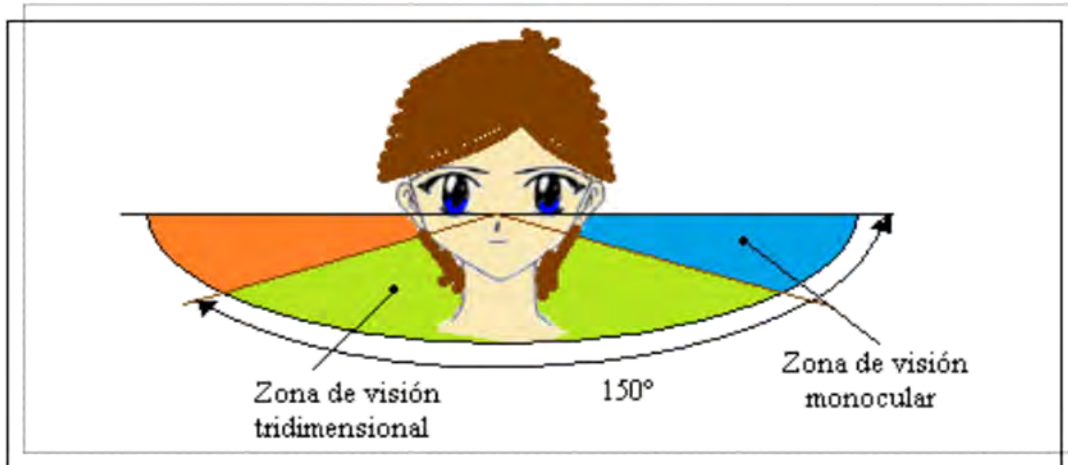


Figura 2.2 Campo visual Horizontal
Fuente: (Moreno, 2012)

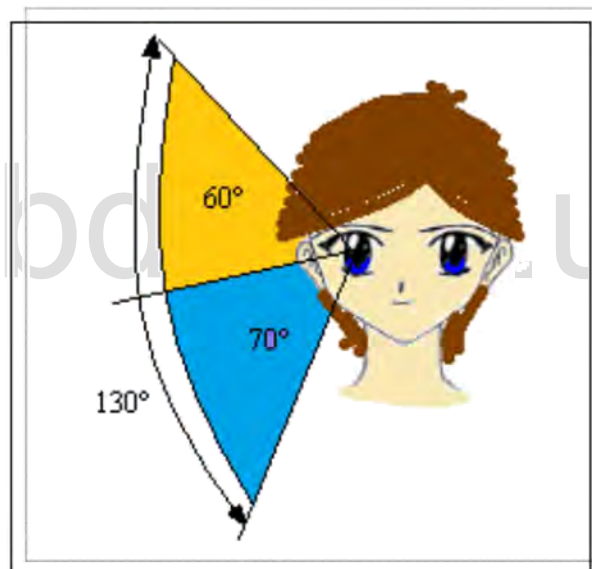


Figura 2.3 Campo visual Vertical
Fuente: (Moreno, 2012)

Percepción Cromática: Es la capacidad visual que permite no solo distinguir las formas y movimientos, sino los colores. Las características del tono, la saturación o la claridad, incluso los aspectos psicofísicos, entran en juego con aspectos físicos como la longitud de onda dominante, la pureza y la luminancia. (Moreno, 2015, p23).

El color depende de la fuente de luz que los ilumina y varía de acuerdo a la capacidad de cada individuo.

2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN

2.3.1 El Tamaño

El tamaño de un cuerpo es un factor importante para distinguirlo con rapidez con respecto a otros en su entorno, si es de gran tamaño es más fácil de percibir, a diferencia de un objeto de menor tamaño que puede requerir de lentes de aumento o un microscopio. (Moreno, 2012, P24)

2.3.2 El Contraste

Se conoce como la diferencia de luminancia de un cuerpo en relación a su fondo. Mientras mayor sea la diferencia, más fácil será el contraste de distinguir y menor agudeza visual. Donde no existe buena condición de contraste, se necesita mayor cantidad de iluminación para así compensar el pobre contraste. Si se ubica un objeto claro dentro de un fondo oscuro se dice que su contraste es positivo, ahora si se ubica un objeto oscuro con fondo claro su contraste es negativo. (Moreno, 2012, P24)

2.3.3 El Tiempo


La percepción de las imágenes no es instantánea; requiere de cierto tiempo para enfocar la imagen y transmitirla hasta su interpretación cerebral. Mientras mayor tiempo se tenga, se puede apreciar los detalles mucho mejor, sobre todo si la iluminación es escasa. Las tareas visuales de contraste alto y de alto tamaño requieren menos tiempo que las de bajo tamaño y de menores contrastes. (Moreno, 2012, P25)

2.3.4 Deslumbramiento

Es un fenómeno de la visión que ocurre cuando sobre los ojos incide una intensidad luminosa mayor que la que el ojo puede soportar produciendo molestia e incomodidad de percibir, afectando la retina del ojo, ocasionando una enérgica reacción fotoquímica.

2.4 EL COLOR

Es una propiedad de la percepción visual, que se asocia a las diferentes longitudes de ondas del espectro electromagnético visible, de la cual el color se origina por la alteración de la frecuencia cuando son interceptadas por elementos opacos; ellas absorben algunas frecuencias y reflejan otras. Los elementos no poseen color determinado, sino poseen propiedades ópticas de reflejar, refractar y absorber los colores de la luz que reciben. Es decir; las sensaciones luminosas o imágenes que se perciben son enviadas al cerebro e interpretadas como un conjunto de sensaciones monocromáticas, que dependen de la composición espectral de la luz usada para iluminar al objeto y de las propiedades ópticas del objeto para reflejar, refractar o absorber.



Color	Longitud de onda
violeta	~ 380-450 nm
azul	~ 450-495 nm
verde	~ 495-570 nm
amarillo	~ 570-590 nm
naranja	~ 590-620 nm
rojo	~ 620-750 nm

Figura 2.4 Longitud de onda según el color.
 Fuente: <http://teslatronica.blogspot.com/p/color.html>

2.4.1 Características cromáticas de las fuentes de luz

Temperatura de color: Se define como una medida donde se compara el color emitido por la fuente de luz dentro del espectro luminoso con la luz que emite un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. La temperatura de color mide la tonalidad de una fuente de luz, el cual se caracteriza por el grado de frialdad o calidez. La relación que existe entre dicha temperatura y la tonalidad se describe que a menor temperatura mayor sensación de calidez y a mayor temperatura mayor sensación de frialdad, cabe destacar que no refleja una medida de temperatura del ambiente. Su medida se expresa en Kelvin (K).

1.500K	2.700K	3.000K	4.000K	5.700K	8.500K
Amber	Very Warm	Warm	Neutral	Frio	Very Cold
<i>Ámbar</i>	<i>Muy Cálido</i>	<i>Cálido</i>	<i>Neutro</i>	<i>Cold</i>	<i>Muy Frío</i>



Figura 2.5 Representación de la temperatura de color (°K).

Fuente: <http://teslatronica.blogspot.com/p/color.html>

Tabla 2.1 Apariencia de color de la luz

Fuente:(Moreno, 2012)

Iluminancia (lux)	Apariencia de color de la luz		
	Cálida T < 3.300 K	Intermedia	Fría T > 5.300 K
≤ 500	Agradable	Neutra	Fría
500 - 1.000			
1.000 - 2.000	Estimulante	Agradable	Neutra
2.000 – 3.000			
≥3.000	No natural	Estimulante	Agradable

Índice de rendimiento de color (IRC o Ra): Es la capacidad que posee una fuente de luz de reproducir los colores fielmente en comparación con una fuente de luz natural, siendo la referencia el sol. El IRC se mide en una escala de 0 a 100. El 0 indica una distorsión total de los colores mientras que 100 nos indica una reproducción cromática excelente. La norma DIN 5035-2 (1979) divide los niveles de rendimiento de color en 5 categorías:

Tabla 2.2 Índice de rendimiento de color
Fuente:(Moreno, 2012)

Índice de reproducción cromática (IRC) %	Grupo	Cálido < 3.300 K	Neutro 3.300-5.000K	Frio >5.000K	Criterio de aplicación
90-100 Muy Buena	1 A	-Halógenas, fluorescencia lineal y compacta. -Halogenuros metálicos y cerámicos.	-Fluorescente lineal y compacta.	-Fluorescente lineal y compacta.	Igualaciones de color, exploraciones clínicas y galerías de artes.
80-90 Bueno	1 B	-Fluorescencia lineal y compacta. -Sodio blanco. -Halogenuros metálicos y cerámicos.	-Fluorescencia lineal y compacta, Halogenuros e Inducción.	-Fluorescente lineal y compacta.	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, hospitales, escuelas, imprenta, industria de pintura y textiles.
70-80 Deficiente	2 A	-Halogenuros metálicos.	-Halogenuro metálico.	-Halogenuro metálico	Trabajo Industria, iluminación pública.
< 70 Mala	2B, 3	-Mercurio y sodio.	-Mercurio.		Iluminación pública.

Efectos psicológicos de la luz: El color condiciona la percepción de la luminosidad de las estancias, el cual provoca reacciones psíquicas y emocionales en las personas en factores tales como la concentración o el confort.

Existe una clasificación de los colores que está representado por tonos de colores cálidos y fríos, el cual se describe en el siguiente círculo cromático de la siguiente figura 2.6.

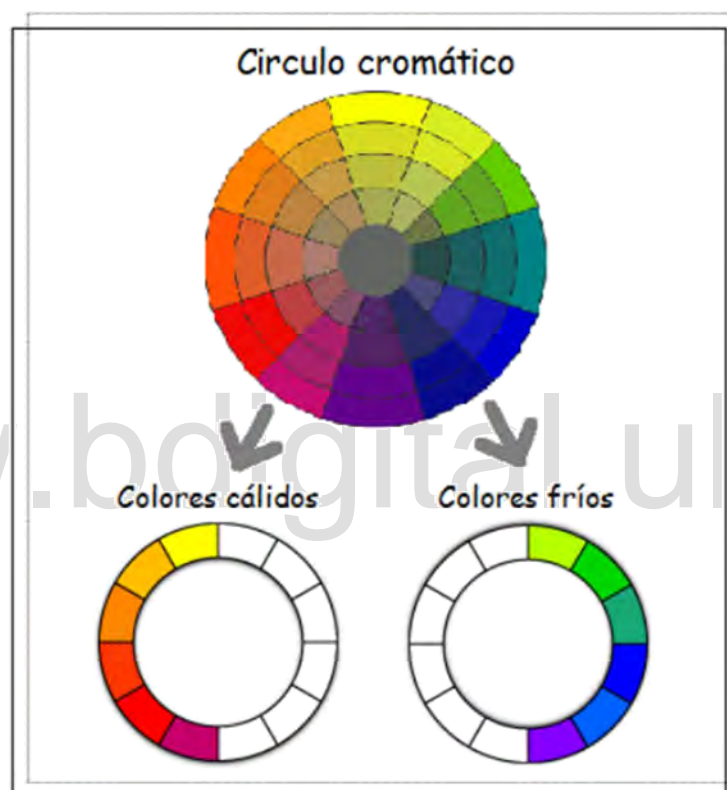


Figura 2.6 Colores cálidos y fríos.
Fuente: (Moreno, 2012)

Colores Cálidos: tales como el rojo, naranja, amarillo, expresan cualidades positivas, provocan sensación de alegría, actividad, energía y confianza.

Colores fríos: son los colores que van desde el azul al verde, pasando por los morados. Los colores fríos suelen dar sensación de tranquilidad, calma, seriedad y profesionalidad.

2.5 FOTOMETRÍA

La Fotometría es la ciencia que estudia la estimulación óptica que logra la radiación electromagnética dentro del rango visible, la cual mide la capacidad de la luz para estimular el ojo humano. A continuación se presentan las siguientes magnitudes luminosas:

2.5.1 Luminotecnia

Es la ciencia que estudia las distintas características y formas de producción de la luz, así como su control y aplicación.

2.5.2 Angulo Sólido

Es en ángulo espacial que engloba un cuerpo visto desde un punto dado, que se corresponde con la zona del espacio acotado por una superficie cónica y mide el tamaño aparente del objeto. La unidad de medida es el estereorradián (sr). La Ecuación se describe de la siguiente manera:

$$\omega = \frac{s}{r^2} \text{ esteroradian}[sr] \quad (2.1)$$

Dónde ω corresponde al ángulo sólido, s la superficie de la proyección del objeto sobre la esfera y r el radio de la esfera centrada en el punto de vista.

2.5.3 Flujo luminoso

Es la cantidad de energía emitida por una fuente de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible por unidad de tiempo. Se mide en lúmenes (lm) y su símbolo es Φ . Cuando la fuente de luz es una lámpara no se reparte de manera uniforme.

2.5.4 Intensidad luminosa

Es la relación entre el flujo luminoso de una fuente de luz, emitido por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección. Su unidad es Candela (cd). (Obralux, p151) La ecuación es la siguiente:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \text{ [cd]} \quad (2.2)$$

Donde **I** es la intensidad luminosa, **Φ** flujo luminoso y **ω** el ángulo sólido.

2.5.5 Iluminancia

Se define como la cantidad de luz o flujo luminoso que incide en un área de una superficie. El nivel de iluminación es una magnitud muy utilizada para evaluar la cantidad de luz en diversas áreas de trabajo. Para ello se toma como referencia las normas COVENIN 2249- 93 donde se establecen un nivel de iluminancia para cada área de uso y actividad. La iluminancia depende de la distancia de la fuente de luz con respecto a la superficie que se desee iluminar. Su símbolo es E y su unidad de medida es el Lux (lx). Un lux es un lumen por metro cuadrado. (Obralux, p151). Su ecuación es la siguiente:

$$E = \frac{\Phi}{s} \quad (2.3)$$

Donde **E** la iluminancia (lx), **Φ** es el flujo luminoso (lm) y **s** es la superficie expresada en m^2 .

2.5.6 Iluminancia media

Es el valor promedio de medidas del nivel de iluminación (lux) en una superficie iluminada. Mediante el proceso de medición de iluminancia punto por punto en una superficie

determinada, se puede determinar la iluminancia media sumando dichos valores y dividiendo entre la cantidad de puntos tomados en la medición. (Obralux, p151).

$$Em = \frac{\sum Ei}{N} \quad (2.4)$$

Donde Em es la iluminancia media, Ei los valores de iluminaciones tomados en una superficie determinada y N el número de mediciones.

2.5.7 Luminancia

Es la intensidad luminosa reflejada por una superficie aparente que el ojo puede percibir en una dirección determinada. También se puede describir como el brillo que una superficie produce en el ojo. Su símbolo es L y unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m^2). (Obralux, p151).

$$L = \frac{I}{S_{aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} \left[\frac{cd}{m^2} \right] \quad (2.5)$$

Donde L es el valor de la luminancia expresado en (cd/m^2), I es la intensidad luminosa y $S_{aparente}$ es la superficie vista desde una dirección determinada a la proyección de una superficie S sobre un plano perpendicular a dicha superficie. α Es el ángulo que forma la superficie S y $S_{aparente}$.

2.5.8 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa

La eficiencia luminosa es la capacidad que tiene una fuente luminosa para aprovechar la energía que consume y convertirla en energía visible. Se expresa como la relación entre el flujo luminoso emitido y la potencia consumida por la fuente. Se representa por la letra griega ϵ y su unidad es lm/W .

2.5.9 Eficiencia energética

Es el índice que evalúa la eficiencia energética VEEI de una instalación y se aplica con el objetivo de reducir el consumo de energía de las instalaciones de iluminación, y así poder optimizar y disminuir costos. Su unidad de medida es $\left(\frac{W}{m^2 \cdot lux}\right) * 100$. Para cada zona se determina por la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{\text{Potencia(lamparas+equipo electrico auxiliar)}}{\text{Superficie iluminada (m}^2\text{)}} * \frac{100}{\text{Iluminacion media (lux)}} \quad (2.6)$$

Los valores límite de eficiencia energética se establece en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Valores límite de eficiencia energética en iluminación (VEEI)
(Moreno, 2015)

Zona de Actividad	VEEI Límite
Administrativo en general	3
Aulas y laboratorios	3
Sala de diagnósticos	3.5
Bibliotecas, museos y galería de arte	5
Salones de actos, auditorios, y sala de usos múltiples y convenciones.	8
Sala de ocio o espectáculos, sala de reuniones y salas de conferencias	8

2.6 FUENTES DE LUZ

Se conoce como fuentes luminosas a todo aquello capaz de iluminar y emitir luz a su entorno. Se consideran las fuentes de luz natural (el sol) y las fuentes de luz de tipo artificial

(una lámpara) creadas por el hombre desde la antigüedad y que ha ido evolucionando con el avance de la tecnología, existiendo una numerosa cantidad de fuentes luminosas de diversos tipos.

2.6.1 Características fundamentales de las fuentes de luz artificiales

Distribución espectral: Con el fin de poseer el mayor rendimiento posible, es necesario que las pérdidas de potencia por efecto joule o radiación no visible de una lámpara sean despreciables, es por ello que la longitud de onda de la fuente de luz debe contener un espectro continuo donde contenga todos los colores desde el violeta hasta el rojo, tomando en cuenta la sensibilidad máxima del ojo, es recomendable una longitud de onda alrededor de 555 nanómetros en cuanto a rendimiento luminoso. (Moreno, 2012, p84)

Distribución de la intensidad luminosa: En una fuente de luz ideal su flujo luminoso es radialmente uniforme, y su intensidad luminosa es igual en todas direcciones. En la práctica se da una distribución espacial irregular del flujo luminoso, que va condicionada por la disposición de los medios de luz y por lo tanto cada lámpara tiene una distribución propia de su intensidad luminosa. (Moreno, 2012, p84)

Depreciación luminosa: El flujo luminoso de una fuente de luz disminuye gradualmente a lo largo de su vida útil, debido al uso, disminución de los lúmenes de la lámpara y falta de mantenimiento. Se expresa en porcentaje (%) del flujo inicial. También se puede expresar en forma gráfica Horas/Flujo. Algunos factores que influyen en este tipo de pérdidas es debido a mal funcionamiento de los componentes de la lámpara, poco mantenimiento, envejecimiento de las lámparas, variaciones de temperaturas elevadas, fallas eléctricas, etc. (Moreno, 2012, p86)

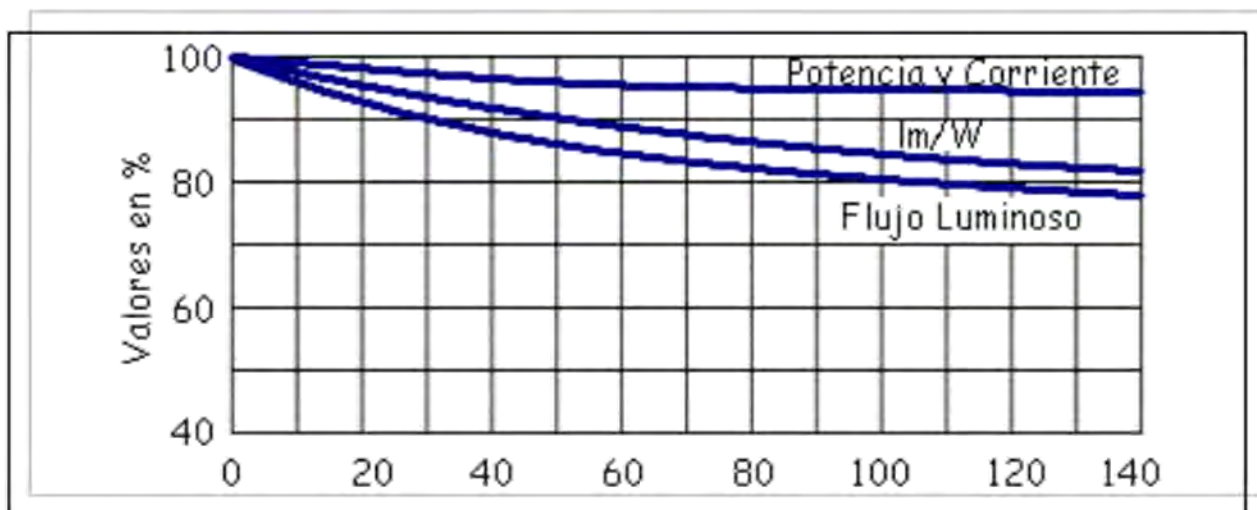


Figura 2.7 Depreciación luminosa
Fuente: (Moreno, 2.012)

Vida Media: Es el tiempo transcurrido en horas de duración de una lámpara hasta que falla, bajo condiciones de pruebas específicas de las lámparas de un mismo lote. La vida media se obtiene cuando el 50 % de las lámparas dejan de funcionar. Su unidad se expresa en horas de trabajo. (Moreno, 2012, p86)

Vida Útil: Es el número de horas en las cuales, trabajando en condiciones reales, es recomendable proceder al cambio, ya que dicha lámpara sufre depreciaciones del flujo luminoso alrededor del 30 % y puede llegar a ser perjudicial a las personas que hacen uso de dicho ambiente iluminado, además de ser poco rentable dejarlas en funcionamiento con una eficacia tan baja. Este valor es indicado por el fabricante. (Moreno, 2012, p87)

Tiempo de encendido: Las lámparas de descarga y de inducción no alcanzan el nivel máximo de iluminación en el momento de conexión de la red, debido a algunos componentes que se activan al momento de que la fuente de luz se calienta y el flujo luminoso incrementa hasta alcanzar el máximo nivel de iluminación. Este tiempo de encendido se expresa en segundos o minutos. (Moreno, 2012, p87)

Tiempo de reencendido: Luego de apagar una lámpara y pretender volverla a encender, es necesario de unos segundos o minutos para que la lámpara pueda tener el proceso de enfriamiento y así luego pueda alcanzar su nivel máximo de iluminación, ya que las características eléctricas de arranque de una lámpara de descarga o de inducción no son las mismas. (Moreno, 2012, p87)

2.6.2 Fuentes de luz usadas en el edificio central del rectorado

Lámparas Fluorescente-vapor de mercurio baja presión: Son lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, el cual con un gas inerte (argón o neón) producen un efecto luminoso que se basa en el fenómeno de la fluorescencia, el cual es una propiedad de algunas sustancias transforman las radiaciones no visibles (radiaciones ultravioletas) que inciden sobre ellas en radiaciones visibles. Estas lámparas están constituidas por un tubo de descarga recubierta de polvos fluorescentes, que aísla el gas de relleno del medio ambiente. En cada extremo del tubo se encuentra un electrodo hecho de tungsteno que al calentarse contribuye a la ionización de los gases, esto gracias a un equipo complementario compuesto por un cebador que provoca el calentamiento de los electrodos y un balasto electromagnético que suministra una tensión superior para encender la lámpara fluorescente. (Moreno, 2012, p112)

Las lámparas fluorescentes tienen una vida media entre 5.000 - 7.500 horas, su rendimiento luminoso varía entre 50 y 90 lm/watt, temperatura de color oscila entre 3.000 y 6.500 K. este tipo de lámpara es usada en gran parte del recinto universitario, en su presentación (T8) de 26mm de diámetro.

Lámparas Fluorescentes con halogenuro: También se le conoce como halógenas, son lámparas incandescentes perfeccionadas, se fabrican con un cristal de cuarzo como recubrimiento para evitar su deterioro. Requiere para su funcionamiento temperaturas muy

elevadas. Posee los mismos componentes de las lámparas incandescente convencionales y se divide en dos grupos según la presión de gas. (Moreno, 2012, p106).

Lámpara fluorescente compacta: Estas lámparas representan un importante avance en la tecnología fluorescente. Debido a su pequeño tamaño y variedad de formas y potencias, las lámparas fluorescentes compactas además de brindar un alto rendimiento de luz, son un gran sustituto de las lámparas incandescente sin necesidad de hacer grandes cambios en la instalación de las luminarias. Su principio de funcionamiento es similar a las lámparas fluorescentes convencionales, por lo general tienen una reactancia integrada en la base de la lámpara. Las tonalidades emitidas por las lámparas varían desde el blanco cálido (3.000 K) hasta (6.500 K) la luz de día. El rendimiento puede llegar hasta los 80 lm/watt y su vida media de las lámparas con equipo convencional es de 8.000 horas y 15.000 con equipo electrónico. La vida útil es de 6.000 horas con equipo convencional y 9.000 horas las de equipo electrónico. (Moreno, 2012, p121)

Lámparas Incandescentes: Las lámparas incandescentes fueron la primera forma en generar luz a partir de la energía eléctrica. Su principio de funcionamiento se basa en el paso de corriente por un filamento metálico (wolframio) originando calentamiento por efecto Joule hasta que alcanza una temperatura tan elevada que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Se fabrica en diferentes tipos: clara, mate, coloreada, etc. La tonalidad emitida por esta lámpara es de 2.600 K, con un índice de reproducción del color de 100 Ra, la eficacia de estas lámparas es de 10 lm/W y su vida útil es igual a su vida media de 1.000 horas. (Moreno, 2012, p98)

2.7 LUMINARIAS

Las luminarias son equipos de soporte, conexión y protección de las lámparas que distribuye el flujo luminoso emitido por una o varias lámparas, proporcionando una iluminación adecuada a un ambiente. (Moreno, 2012, p261)

2.8 SISTEMA DE ALUMBRADO

En cada área de trabajo es necesario tener en cuenta la distribución del flujo luminoso emitido por una lámpara, ya que de esto depende en gran parte el buen desenvolvimiento de las funciones correspondientes a las distintas actividades que se realizan en el Edificio Central del Rectorado.

2.8.1 Iluminación general

Proporciona una iluminación uniforme, ya que gran parte del flujo de las lámparas irradia hacia el suelo. Este tipo de iluminación no necesita coordinación con la ubicación de los puestos de trabajo, pues las luminarias se distribuyen de forma regular por todo el techo del local. El alumbrado general es muy usado en aulas, oficinas y zonas administrativas. (Moreno, 2012, p267)

2.8.2 Iluminación general-localizada

Consiste en focalizar la iluminación cerca de la tarea visual que requiere niveles altos de iluminación para realizar un trabajo concreto. Proporciona una distribución no uniforme de las lámparas. (Moreno, 2012, p269)

2.8.3 Iluminación localizada

Se emplea en situaciones donde se necesita una iluminación suplementaria cerca del área de trabajo y el nivel de iluminación que se requiere es de 1.000 Lux o superior. Por ejemplo una lámpara de escritorio. En las clínicas dentales son muy frecuentes. Para estos sistemas de iluminación se requiere conocer la ubicación futura de cada puesto de trabajo con antelación a la fase del diseño. (Moreno, 2012, p268)

2.9 RECOMENDACIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO

Las diversas áreas que conforman el Edificio Central del Rectorado deben de tener un sistema de iluminación que cumpla con las condiciones reglamentarias de alumbrado que pueda garantizar el buen desenvolvimiento de las actividades que se desarrollan. Es importante destacar áreas tales como las clínicas dentales, el museo, biblioteca, donde es necesaria una iluminación equilibrada para poder evaluar el trabajo correctamente y con precisión, ya que son áreas muy sensibles al color. En otras áreas tales como aulas de clases, oficinas, se requiere un nivel de iluminación media, mientras que en pasillos, baños, escaleras en nivel de iluminación es bajo.

2.9.1 Iluminación en oficinas administrativas

Las condiciones del ambiente de trabajo están relacionadas con el rendimiento de los trabajadores y la iluminación es un factor clave, ya que puede favorecer de forma positiva el desempeño a la hora de realizar una actividad o afectando negativamente en la productividad.

El diseño de iluminación en oficinas debe cumplir con ciertos objetivos para brindar seguridad, confort y crear un ambiente armónico con el firme propósito de elevar la productividad y el desarrollo de las actividades. Es importante tener en cuenta el tipo de oficina, según las funciones que se realizan en ellas, estas son:

Oficina tipo Colmena: Se caracteriza por el trabajo individual, de procesos sistemáticos y repetitivos, en el cual cada empleado tiene tareas claramente definidas. El tiempo de actividad está entre 8 a 12 horas diarias y se recomienda una iluminación general, general localizada. Por ejemplo oficinas de administración, atención al público. (Moreno, 2012, p283)

Oficina tipo Celda: El diseño de esta oficina está orientado a desarrollar trabajos de gran concentración, y por lo tanto es muy importante respetar los niveles de iluminación recomendados para facilitar que se realice las actividades sin grandes esfuerzos visuales. Se recomienda iluminación general-localizada. Es importante el ahorro energético, mediante el uso adecuado de la luz natural, con elementos que eviten el deslumbramiento molesto. (Moreno, 2012, p286)

Oficina tipo Reunión: Están destinadas principalmente con el fin de optimizar el proceso de una comunicación efectiva. Estas oficinas se encuentran en sala de reuniones especiales, salas de conferencias y mesas de recepción. Su uso es moderado, el tiempo de actividad es de 1 a 3 horas. Este tipo de oficinas se requiere un estudio bastante detallado según las necesidades de cada proyecto, con el fin de obtener el mayor beneficio a las salas de reuniones. (Moreno, 2012, p286).

Se recomienda establecer un nivel entre (500 – 1.000) lux, con una temperatura de color entre los (3000 – 4000) K y un rendimiento en color superior a los 80 con una uniformidad alta.

Oficina tipo Club: La característica de este tipo de oficina es la integración de la tarea de comunicación y trabajo de concentración. Los integrantes de estos grupos multidisciplinarios se reúnen frecuentemente. Se recomienda una iluminación general- localizada. Dichas oficinas son una combinación de oficinas tipo colmena y reunión. Se recomienda luminarias eficientes en las zonas de mayor uso, así como control de alumbrado, para la adaptación de diferentes áreas, además de asegurar el ahorro energético. (Moreno, 2012, p286).

Oficina tipo Lobby: Está presente en empresas y organizaciones públicas y privadas. Es un espacio compartido por los empleados de función representativa, sirve de transporte entre varias salas y departamentos, la importancia de comunicación es escasa. Las actividades visuales en estas oficinas es baja, en ellas se pueden representar: los pasillos, vestíbulos, escaleras, comedores, zonas de espera y paso. (Moreno, 2012, p287)

Tabla 2.4 Requerimientos técnicos de los tipos de oficinas**Fuente: (Moreno, 2015)**

	Colmena	Celda	Reunión	Club	Lobby
Nivel General (lux)	500 - 1000	500 - 750	300 - 1000	300 - 1000	200 - 500
Temperatura De color (K)	3000 - 4000	3000 - 4000	2700 - 4000	2700 - 4000	2700 - 5300
Rendimiento en color	Ra > 80	Ra > 80	Ra > 80	Ra > 80	Ra > 80
Uniformidad	Alta	Moderada	Moderada	Alta	Moderada

Tabla 2.5 Temperatura de color dependiendo del tipo de actividad**Fuente: (Moreno, 2015)**

Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos < 3000 k	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso Salas de espera Oficina tipo celda Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimientos Bajos niveles de iluminación
Temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos neutros 3300 - 5000 k	Lugares con importante aportación de luz natural Tareas visuales de requisitos medios Oficina tipo colmena Oficina tipo Celda
Tonos fríos > 5000 k	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica Tareas visuales de alta concentración.

2.9.2 Iluminación en dependencias de la Facultad de Odontología

Al estudiar el diseño de las distintas áreas de que conforman el recinto universitario se puede observar las distintas tareas que requieren de un tratamiento específico, de acuerdo a sus actividades.

Iluminación en Aulas: Las aulas o salones de clases son dependencias dedicadas a la enseñanza donde desarrollan actividades niños, jóvenes y adultos. Las instalaciones de iluminación deben garantizar una buena iluminación que proporcione un entorno visual confortable y estimulante que permita el buen desarrollo de las variadas actividades sin demandar de ellos un esfuerzo visual.

Si se aplica calidad de diseño, y un correcto mantenimiento de las instalaciones de iluminación, se obtendrán excelentes resultados de confort visual que se requieren, además de garantizar una máxima eficiencia energética y por lo tanto, menos costos por consumo eléctrico.

Al momento de llevar a cabo un proyecto de iluminación en aulas de clases, se requiere adaptar una serie de factores en la iluminación de tal manera que permita una perfecta visión. Los cuales son:

- Los niveles de iluminación existentes en espacios ocupados, deben guardar armonía que permita una correcta visión, evitando diferencias significativas entre ellos.
- Aprovechamiento de la luz natural proveniente de las ventanas.
- Uniformidad horizontal en alumbrado de acuerdo al tipo de actividad que se realiza.
- Iluminación específica para el pizarrón, de modo de evitar deslumbramientos y brillos molestos.

- El color de temperatura que emite de las lámparas tiene una gran importancia en el comportamiento de los alumnos en el aprovechamiento de las actividades académicas. La luz fría proporciona un ambiente de aire libre y por lo tanto evita la sensación de permanencia de varias horas en un recinto cerrado, y por lo tanto es recomendado para este tipo de actividad, mientras que la luz cálida produce una sensación de ambientes relajados y sociables.

Iluminación en clínicas dentales: Las salas de tratamiento dental requieren ser iluminadas de manera especial, se suele combinar las fuentes de luz artificial y la luz natural que se filtra por las ventanas. Es muy importante que estas áreas tengan una iluminación equilibrada y con una excelente reproducción cromática para garantizar el desarrollo óptimo de las actividades dentales. Se recomienda establecer un mínimo de 5.000 lux con un tipo de iluminación general- localizada en el sillón dental y 500 lux en toda la sala. En áreas tales como la bandeja de instrumentos entre 500 y 1.000 Lux. (Norma COVENIN 1993)

Iluminación en Biblioteca: Estas áreas pueden abarcar desde un simple salón de lectura con estanterías, hasta múltiples espacios funcionales en los que es necesario poder adaptarlos para organizar distintas actividades. Se requiere una iluminación uniforme en el área de lectura de material impreso y para el área de las estanterías una iluminación vertical para la correcta visión de los libros. Es importante tener en cuenta la disposición de los puntos de luz natural para su aprovechamiento según lo exigen las tareas diarias de la biblioteca. Es importante tener en cuenta el nivel de iluminación establecido para cada área de la biblioteca, que abarca desde 500 a 1.000 Lux para el área de lectura, con un tipo de iluminación Localizado. En áreas de reparación, encuadernación y estanterías entre 200 a 500 lux, iluminación localizado. (Norma COVENIN 1993)

En la tabla 2.6 especifica la temperatura de color en las diversos tipos de actividades en centros educativos de acuerdo a las características que cada área.

Tabla 2.6 Temperatura de Color en Centros Educativos
Fuente: (Moreno, 2015)

Temperatura de Color	Tipo de Actividad o de Iluminación
Tonos cálidos < 3000 k	Entornos decorados con tonos claros Áreas de descanso Salas de espera Zonas con usuarios de avanzada edad Áreas de esparcimientos Bajos niveles de iluminación.
Tonos neutros 3300 - 5000 k	Lugares con importante aportación de luz natural Tareas visuales de requisitos medios.
Tonos fríos > 5000 k	Entornos decorados con tonos fríos Altos niveles de iluminación Para enfatizar la impresión técnica Tareas visuales de alta concentración

2.9.3 Iluminación en espacios con actividad visual elevada

Aulas de enseñanza práctica: Requieren ser iluminadas de manera especial, en donde se requiere de fuentes de luz con buena reproducción cromática. Se recomienda iluminación localizada con fuentes de luz direccionales y se requiere tener cuidado con las reflexiones de luz directas (de fuentes de luz o ventanales) e indirectas (pizarra, monitor de computador). En estos espacios se suele aprovechar la luz natural. La luz de tonos fríos favorece mucho la enseñanza y aprendizaje ya que proporciona un ambiente de aire libre.

Laboratorios: La iluminación debe ser óptima, de modo que permita y asegure obtener los mejores resultados. No se recomienda la luz natural, se requiere de zonas oscuras para experimentos ópticos y lámparas con buena reproducción de color.

2.9.4 Iluminación en Museo

En el contexto de la museografía, la iluminación está definida en función de dos factores de gran importancia: por una parte, la calidad de la experiencia visual buscada por el visitante, por otra la conservación de los objetos de colección. Para lograr este equilibrio, es necesario tomar en cuenta una serie de factores que determinan un correcto proyecto de iluminación de obras de arte.

Selección de la fuente a utilizar

Luz natural: Su amplio espectro cromático y agradable sensación de espacialidad que brinda, es un dispositivo de luz que además de contribuir con el ahorro energético, crea un escenario de luz suave, siempre y cuando no incida directamente sobre las obras. La luz diurna por ser un elemento muy dinámico por su variación en intensidad y orientación, es necesario la combinación con fuentes de luz artificiales.

La luz natural se puede aprovechar de varias maneras en los museos, la luz lateral es la que proviene de ventanas y muros, la luz cenital que proviene de lucernarios y tragaluces. Otra manera es por luz indirecta que se basa en el principio de introducir la luz por reflexión.

Luz artificial: En los museos se suelen usar fuentes difusas con el objetivo de bañar las superficies sobre las cuales se colocan las obras de artes. Las Fuentes de luz puntuales crean un énfasis necesario para darle protagonismo a la obra e incorporar valores cromáticos definidos para los objetos.

Cantidad de luz o iluminancia (E): En los museos se deben considerar los valores de cantidad de lux que se proyectan sobre las obras, para no contribuir con el deterioro de las mismas. Hay valores de iluminancia máxima recomendada, que se han establecido por la sensibilidad de las obras, radiaciones térmicas y visualización. En la siguiente tabla 2.7 se muestra los valores de iluminancia recomendados según el material.

Tabla 2.7 Niveles de iluminancia recomendados según los materiales
Fuente: (Moreno, 2012)

Niveles de iluminancia máxima recomendada		
Grupo	Materiales	Iluminancia (lux)
A	Acuarela, telas, papel, grabados, tapices, etc.	50
B	Oleos, temperas, huesos, marfil, cuero, etc.	200
C	Piedra, metal, cerámica, fotos en blanco y negro.	300

Duración de exposición a la luz: El efecto de degradación de una obra es igual al producto del nivel de iluminación sobre la obra por el tiempo de exposición a la que es sometida. Esto quiere decir que una obra sufre igual degradación si esta iluminada a 50 lux durante 4000 horas, a una que esta iluminada a 100 lux durante 2000 horas. Si se puede controlar este aspecto, es posible que se pueda incrementar el nivel de iluminación en ciertas ocasiones, compensando con la reducción de exposición al público. En la tabla 2.8 se muestran los valores acumulativos máximos recomendados para reducir el daño y mantener en condiciones adecuadas. (COVENIN 1993)

Tabla 2.8 Valores de exposición a la luz recomendados

Fuente: (Moreno, 2012)

Valores acumulativos de exposición máximos recomendados		
Grupo	Materiales	Valores lux-h/año
A	Acuarela, telas, papel, grabados, tapices, etc.	50 000
B	Oleos, temperas, huesos, marfil, cuero, etc.	600 000
C	Piedra, metal, cerámica, fotos en blanco y negro.	--

2.9.5 Iluminación en el Aula Magna

El Aula Magna es utilizada para realizar actos de grados, y para actos académicos, científicos y culturales de gran tendencia universitaria, además es cedido en algunas ocasiones a institutos públicos para celebración de grados. Se recomienda una iluminación general con una iluminancia mínima de 200 y máxima de 500 lux. (COVENIN 1993)

2.9.6 Iluminación en el Paraninfo

Es utilizado para entrega de distinciones que otorga la universidad y otros actos especiales. En el interior de la sala hay una galería con oleos de rectores y personajes ilustres de la vida política y cultural de la ciudad. Se recomienda una iluminación general con una iluminancia mínima de 200 y máxima de 500 lux. (COVENIN 1993)


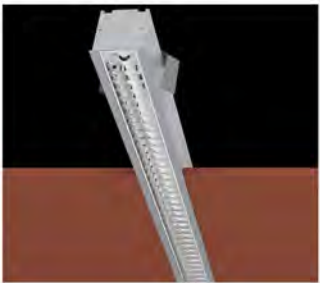
2.9.7 Iluminación del Salón Rojo

Utilizado para actos de graduación por secretaría, en la juramentación de Directores y Coordinadores de la Universidad, firma de convenios, actos protocolares y recibimiento de delegaciones nacionales y extranjeras. Se recomienda una iluminación general con una iluminancia mínima de 200 y máxima de 500 lux. (COVENIN 1993)

2.10 TIPOS DE LUMINARIAS USADAS EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO

Con el fin de obtener el mejor rendimiento en el diseño de iluminación existe un gran variedad de luminarias para cada área y actividad que se realiza. Entre ellas se tienen :

Tabla 2.9 Tipos de luminarias recomendadas en oficinas
Fuente: (Moreno, 2.012)

Luminaria	Descripción de luminaria	Tipo de luminaria
	Luminarias de adosar con ópticas de aluminio especular o semimate para lámparas fluorescentes lineales, compactas o tubos LED.	Usada en iluminación general en oficinas tipo colmena y club.
	Luminarias de adosar/suspender con ópticas especulares, mate para lámparas fluorescentes lineales, compactas o tubos LED.	Usadas en iluminación localizada en oficinas tipo club, colmenas, celdas y reunión. Se usa óptica especular donde hay problema de deslumbramiento.

Luminaria	Descripción de luminaria	Tipo de luminaria
	<p>Luminarias de adosar en techo o pared con ópticas especulares no difusas para lámparas fluorescentes lineales, compactas o tubos led.</p>	<p>Usadas en iluminación con ópticas especulares, en oficinas tipo club y colmena y con óptica difusa en oficinas tipo lobby y celdas.</p>
	<p>Luminaria Directa (Downlight) de empotrar para lámparas fluorescente. LED o lámparas de descarga.</p>	<p>Usadas con ópticas decorativas en áreas de entrada, cafetería, pasillos, etc. Y con óptica antideslumbramiento en oficinas tipo club, celda y colmena.</p>
	<p>Luminarias con alto grado de estanqueidad para fluorescentes lineales o tubos LED.</p>	<p>Usadas en iluminación general de almacenes, cocina, archivos, etc.</p>
	<p>Luminarias con alto grado de estanqueidad de interior o zonas cubiertas para lámparas de descarga elipsoidal mate o campanas LED.</p>	<p>Usadas en iluminación general de almacenes, talleres, etc.</p>

Tabla 2.10 Tipos de luminarias recomendadas en centros educativos
Fuente: (Moreno, 2.012)

Luminaria	Descripción de luminaria	Tipo de luminaria
	Luminarias de adosar con celosías especulares o difusas para lámparas fluorescentes lineales, compactas o tubos LED.	Usadas en iluminación general con celosías especulares en aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. con celosías difusas en áreas de utilización general.
	Luminarias de adosar/suspender con celosías especulares o difusa para lámparas fluorescentes lineales o tubos LED.	Usadas en iluminación general con celosías especulares en aulas con ordenador, lectura, áreas administrativas, etc. con celosías difusas en áreas de utilización general.
	Luminaria directa downligh de empotrar para lámparas fluorescente compactas o LED.	Usadas en zonas de entrada, cafeterías, pasillos, etc.
	Luminarias con alto grado de estanqueidad con lámpara elipsoidal mate o campanas LED.	Usadas en iluminación general de almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos, etc.
	Luminarias con alto grado de estanqueidad con lámpara elipsoidal mate o campanas LED.	Usadas en iluminación general de almacenes, talleres, gimnasios, etc.
	Luminaria tipo proyector para lámpara de descarga elipsoidal mate y tubular mate o focos LED.	Usadas en iluminación general de zonas deportivas, almacenes, talleres, gimnasios, polideportivos cubiertos, etc.

2.11 NORMA COVENIN 2249-93. ILUMINANCIAS EN TAREAS Y ÁREAS DE TRABAJO

La Norma Venezolana COVENIN establece los valores de iluminancia media para la obtención de un desempeño visual eficiente, en las diversas áreas de trabajo y para tareas visuales específicas bajo condiciones de iluminación artificial. (COVENIN, 1993).

Tabla 2.11 Iluminancias recomendadas de acuerdo a las dependencias del Edificio Central del Rectorado.

Fuente: (COVENIN, 1993)

AREA	TIPO DE ILUMINACION	ILUMINANCIA (lx)		
		Mínima	Media	Máxima
Biblioteca				
Áreas de lectura	Localizada	500	700	1.000
- Estanterías - Reparación y encuadernación	Localizada	200	300	500
Consultorio dental				
- General	General	200	300	500
- Bandeja de instrumentos	Localizada	500	750	1.000
- Cavidad oral	General- Localizada	5.000	7.500	10.000
Museo				
- Objetos no sensibles a la luz	Localizada	200	300	500
- Objetos sensibles a la luz			50	
- Altamente susceptibles (seda, papel)	Localizada	500	750	1.000
- Áreas generales				
- Restauración				
Salón de reuniones	General	100	150	200
Sala de conferencias	General	200	300	500

AREA	TIPO DE ILUMINACION	ILUMINANCIA (lx)		
		Mínima	Media	Máxima
Oficina	Localizada	500	750	1.000
Sala de espera y Recepción	General	100	150	200
Área de Trabajo	General	200	300	500
Laboratorio	Localizada	500	1.500	2.000
Pizarrones	Localizada	500	750	1.000
Pasillos	General	100	150	200
Sanitarios	General	100	150	200
Escaleras	General	100	150	200

2.11.1 Recomendaciones para obtener los niveles de iluminación en un ambiente según NORMA COVENIN 2249 – 93.

Al realizar un estudio de iluminación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Se debe utilizar un luxómetro para medir los niveles de iluminación.
2. Se deben encender las luminarias y se dejar en funcionamiento durante 10 minutos, para estabilizar el nivel de iluminación del sector.
3. Se procede a realizar una malla de la superficie, la cual tendrá una distancia de punto a punto entre 50 cm a 60 cm y se procede a tomar las mediciones en cada punto de la malla.
4. Se recomienda evitar el paso de personas en el sector ya que crean sombra y pueden interferir en el resultado de la medida.
5. La medida en cada punto del área de trabajo se debe tomar a una a la altura aproximadamente de 80 centímetros del piso.
6. Se debe evaluar el tipo de luminaria, número de luminarias, potencia instalada, potencia en uso, color de pared / piso y mobiliario.

CAPITULO III

ANÁLISIS DE ENCUESTA

Con el fin obtener mayor información acerca del sistema de iluminación en el Edificio Central del Rectorado se realizó una consulta a través de encuestas, tanto al personal docente y administrativo, como a los estudiantes de la facultad de Odontología, con el fin de conocer la perspectiva sobre el actual sistema de iluminación, siendo estas encuestas parte de la metodología aplicada para desarrollar la propuesta de diseño y tomar en cuenta la opinión de las personas que laboran y hacen uso este recinto universitario.

En el Edificio Central del Rectorado se realizaron dos tipos de encuestas; una dirigida al personal docente y administrativo que elaboran allí, y otra a los estudiantes de la Facultad de Odontología. Dichas encuestas están diseñadas con un cuestionario de preguntas sobre el sistema de iluminación actual y las respuestas son de opciones de selección simple.

Para determinar la cantidad de personas a encuestar, fue necesario calcular mediante la ecuación de la campana de gauss, el tamaño de la muestra a consultar y con eso asegurar que el grado de credibilidad de la encuesta sea efectivo.

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{(e^2 \times N) + k^2 \times P \times Q} \quad (3.1)$$

Dónde:

n Representa el tamaño de la muestra

Z es un constante que depende del nivel de confianza que se asigna, este indica la probabilidad de que los resultados de la investigación sean ciertos.

P es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato generalmente es desconocido y se suele suponer $P=Q=0.5$ que es la opción más segura.

Q es la proporción de individuos que no poseen esa característica, es decir $1-P$.

N es el tamaño de la población o universo.

e error de estimación.

3.1 ENCUESTA DIRIGIDA A PROFESORES Y PERSONAL QUE LABORAN EN EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO.

De acuerdo al personal que labora en la administración del Rectorado como el personal y profesores de la facultad de Odontología se determinó que 330 personas cada día desarrollan trabajo en el Edificio Central del rectorado, por lo que para saber el tamaño de la muestra se aplica la ecuación (3.1) donde se maneja un grado de confianza de 90% ($Z=1.65$), con un error de estimación de 7% obteniendo como resultado la siguiente muestra de la población:

$$n = \frac{165^2 \times 05 \times 05 \times 330}{(007^2 \times 330) + 165^2 \times 05 \times 05}$$

$$n = 97.76$$

La encuesta fue aplicada a 98 personas entre profesores y personal del Rectorado y Facultad de Odontología y los resultados son los siguientes:

1.) ¿Cómo considera Usted la iluminación en su puesto de trabajo?

a) Buena b) Regular c) Mala

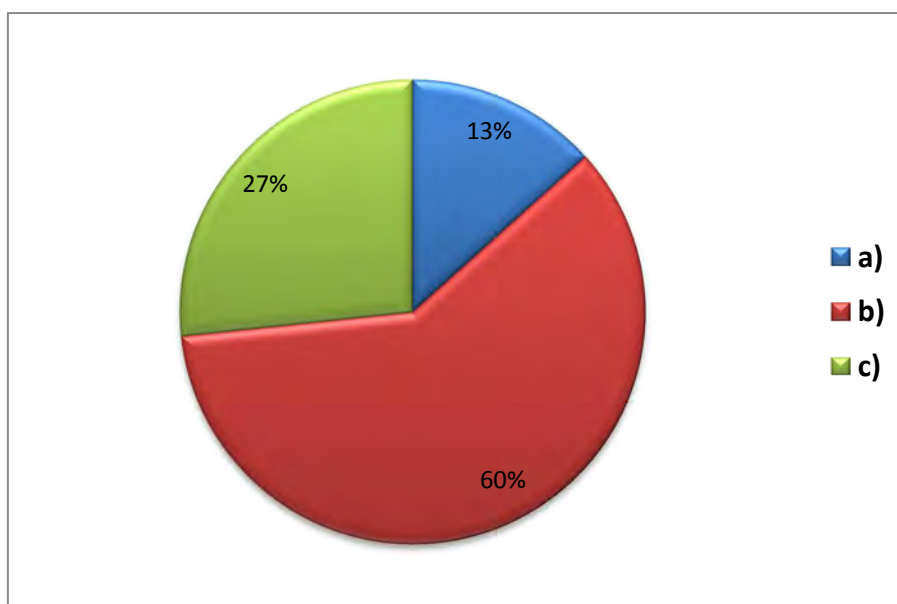


Gráfico 3.1 Resultados de la pregunta 1 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

Se puede observar en el gráfico que el 60% que corresponde 59 personas consideran que el nivel de iluminación de su puesto de trabajo es regular, el 27% que corresponde a 27 personas considera que la iluminación es deficiente o mala y un 13% (13 personas) que la iluminación es su puesto de trabajo es buena. Estos resultados demuestran la necesidad de mejorar el nivel de iluminación en las diversas áreas de trabajo, ya que afecta tanto la productividad, como la salud, generando fatiga ocular y otros problemas que a la larga conlleva a la pérdida de visión.

2.) ¿Ha sentido dificultad en la realización de sus actividades por falta de iluminación?

a) Si

b) No

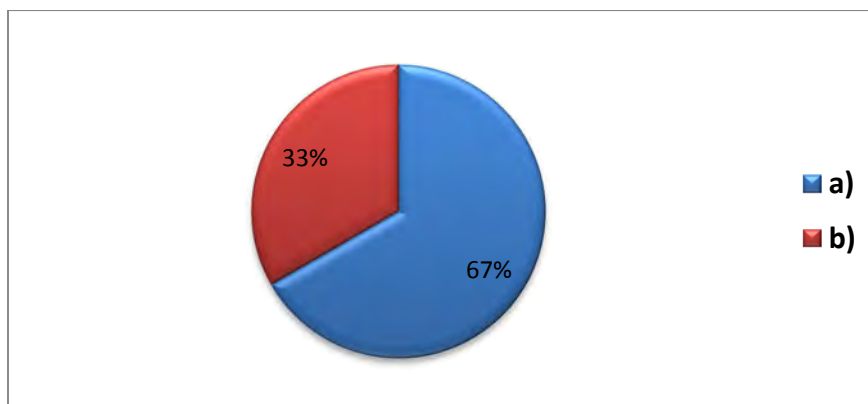


Gráfico 3.2 Resultados de la pregunta 2 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

Como resultado se obtiene que el 67% equivalente a 66 de las personas encuestadas manifestaran dificultades para realizar sus actividades en sus puestos de trabajo debido a la falta de iluminación, un 33% que corresponde a 33 personas han mostrado conformidad con el nivel de iluminación en sus puestos de trabajo. Es importante tener en cuenta que una buena iluminación genera bienestar y confort a la hora de realizar las diversas actividades.

3.) ¿Ha sentido deslumbramiento o cansancio visual en su área de trabajo?

a) Si

b) No

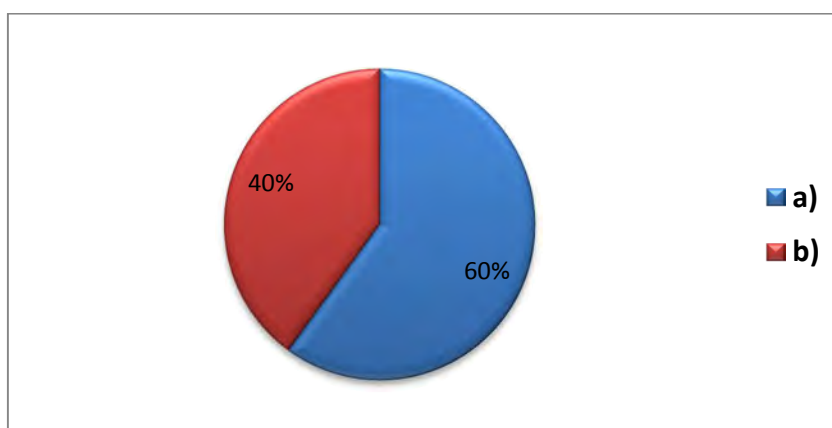


Gráfico 3.3 Resultados de la pregunta 3 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

En la gráfica 3 se puede observar que el 60% del personal encuestado ha tenido problemas de visión al momento de realizar sus actividades, debido a que algunas áreas donde la luz natural que incide por las ventanas no tiene ningún tipo de apantallamiento que evite el deslumbramiento. El 40% del personal encuestado no han tenido problema de deslumbramiento ni cansancio visual. Es necesario tener en cuenta, al momento de diseñar las áreas de trabajo que exista una correcta iluminación, aprovechando la luz natural pero corrigiendo los problemas de deslumbramiento.

4.) ¿Ha observado Lámparas en mal estado en su sitio de trabajo?

a) Si

b) No

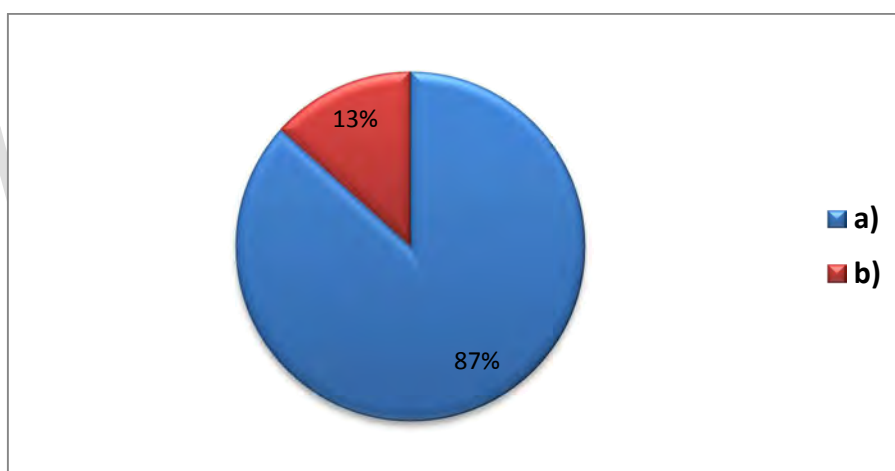


Gráfico 3.4 Resultados de la pregunta 4 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

Como resultado de la pregunta 4 se obtuvo que el 87% que equivale a 86 personas encuestadas manifestaran que en su área de trabajo existen lámparas en mal estado, mientras que el 13% que equivale a 13 personas no han visto lámparas dañadas en su lugar de trabajo. Estos resultados demuestran que existe falta de mantenimiento, ya que según los comentarios del personal y profesores, las lámparas no son reparadas ni reemplazadas en periodos cortos de tiempo.

5.) A que le atribuye Ud. La falta de iluminación

- a) Falta de luminarias b) Falta de mantenimiento c) Superan el tiempo de vida útil
- d) Ninguna de las anteriores

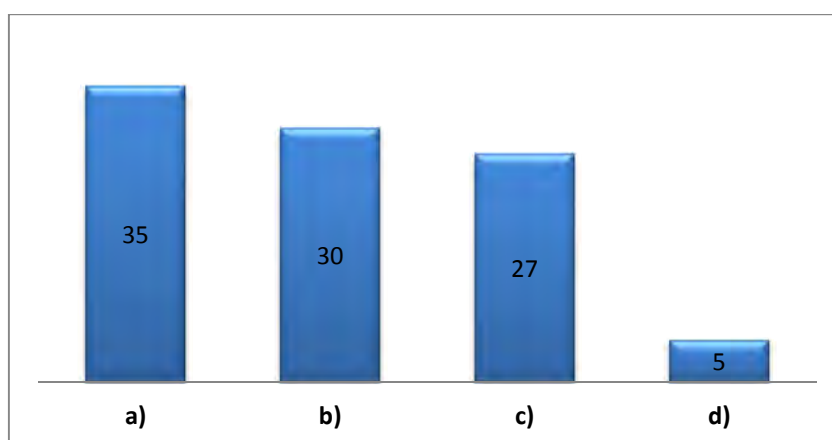


Gráfico 3.5 Resultados de la pregunta 5 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos arrojan que, el 38% (37 personas) considera que existe un déficit de luminarias en su área de trabajo; el 30% (30 personas) opinan que la falta de iluminación es debido al poco mantenimiento que se le realiza a las luminarias; el 27% (27 personas) concuerdan que muchas de las luminarias que están en uso, su flujo luminoso es muy pobre (luz opaca) debido a que han superado el tiempo de vida útil; el 5% (5 personas) consideran que no existe falta de iluminación en su área de trabajo.

6.) Mencione una o varias zonas donde considera que la iluminación es crítica

- a) Oficina b) Aulas c) Clínicas d) Pasillos e) Escaleras
- f) ninguna

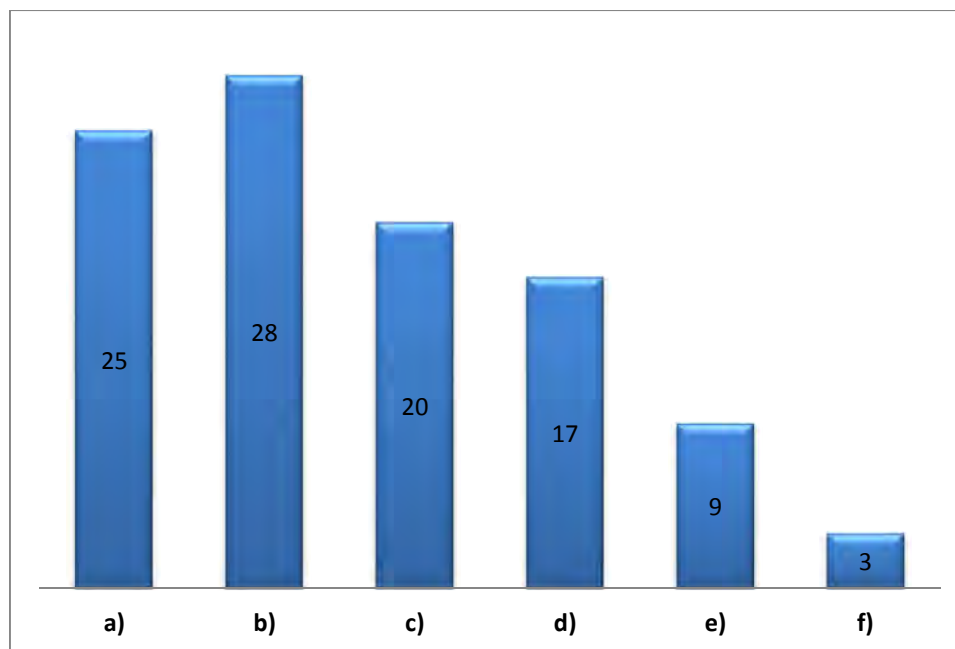


Gráfico 3.6 Resultados de la pregunta 6 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

De las 98 personas encuestadas, se deduce por el gráfico que el 28% del personal que corresponde a 29 personas consideran que las aulas tienen una iluminación artificial crítica; sin embargo la luz natural que penetra por las ventanas, en algunas aulas ayudan a tener claridad durante gran parte del día, el 25% (24 personas) opinan que la iluminación artificial en oficinas y cubículos es grave, el 20% de los encuestados, que corresponde a 19 personas, consideran que en las clínicas dentales existe deficiencia de iluminación, necesaria para realizar sus actividades, el 17% que equivale a 17 personas opinan que en pasillos existe necesidad de mejorar las fuentes de iluminación, el 9% (9 personas) consideran que el área de las escaleras presenta un alto déficit de iluminación artificial, lo que puede ocasionar accidentes, el 3% considera que la iluminación es la adecuada.

7.)¿Cómo valoraría el mantenimiento en el sistema de iluminación?

- a) Bueno b) Regular c) Malo

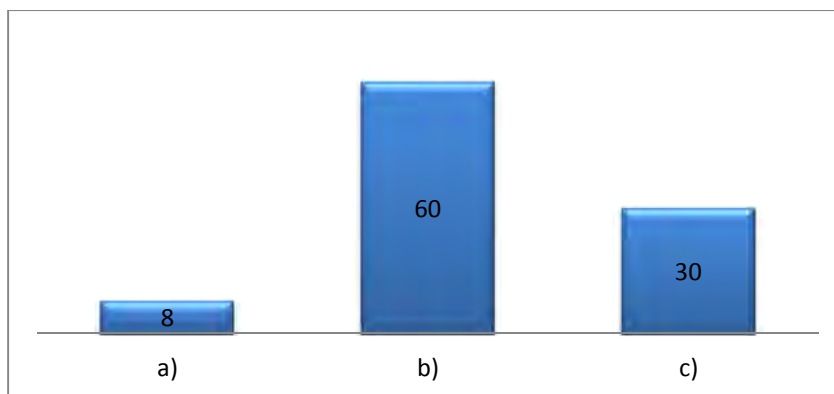


Gráfico 3.7 Resultados de la pregunta 7 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

Dentro de los resultados obtenidos el 60 % (60 personas) consideran que el mantenimiento en las áreas del Rectorado es regular, ya que no se realiza periódicamente, mientras que el 30% que corresponde a 30 personas considera que es malo y el 8% considera que es bueno. Es necesario mantener las luminarias en buen estado y darle el mantenimiento necesario a fin de prevenir daños a las lámparas y prolongar el tiempo de vida útil, ya que su flujo luminoso no es el apropiado para el alumbrado.

8.)¿Estaría de acuerdo con el reemplazo del actual sistema de iluminación por uno más eficiente y que contribuya con el ahorro energético?

a) Si

b) No

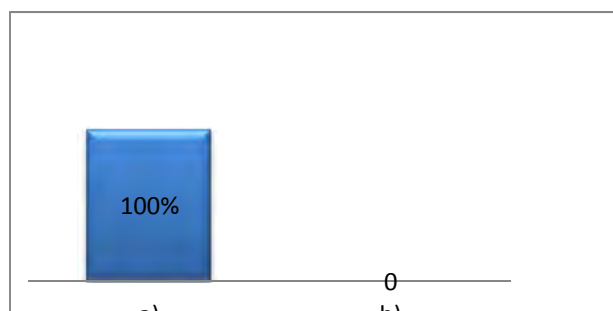


Gráfico 3.8 Resultados de la pregunta 8 realizada a profesores y personal del Rectorado.

Fuente: Autor

El gráfico muestra que el 100 % de del personal que corresponde a 98 personas están de acuerdo que se implemente un nuevo sistema de iluminación más eficiente y que permita el ahorro de energía, además de que cumpla con una correcta iluminación que le facilite desenvolver las actividades en sus respectivas áreas de trabajo.

3.2 ENCUESTA DIRIGIDA A ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA.

Según el decanato de la Facultad de Odontología, el número de estudiantes es de 710 Bachilleres y para determinar el tamaño de la muestra se aplicó la ecuación (3.1) donde se usó un nivel de confianza de 90% ($Z=1.65$) con un error de estimación de 5 % y se obtuvo el siguiente valor:

$$n = \frac{165^2 \times 05 \times 05 \times 710}{(005^2 \times 710) + 165^2 \times 05 \times 05}$$

$n = 19679$

La encuesta fue aplicada a 197 estudiantes de la Facultad de Odontología, en su mayoría a bachilleres que están en curso en laboratorios y clínicas dentales, con el fin de que la encuesta fuese más acertada en sus respuestas. Los resultados son los siguientes:

Tabla 3.1 Encuesta realizada a estudiantes de la Facultad de Odontología

Fuente: Autor

Pregunta	Selección	Opinión de las encuestados	% de Opinión
1. ¿Cómo valoraría Usted la iluminación en aulas de la Facultad de Odontología?	Buena	8	3,84
	Regular	121	61,53
	Mala	69	34,61

Pregunta	Selección	Opinión de las encuestados	% de Opinión
2. Considera Usted que el nivel de iluminación en las clínicas dentales y sitios de trabajo es:	Buena	8	3,84
	Regular	99	50
	Mala	91	46,15
3. ¿Cree que la iluminación influye en el diagnóstico y tratamiento del paciente?	Si	196	99,49
	No	1	0,507
4. ¿Ha sentido deslumbramiento o cansancio visual en su área de estudio o trabajo?	Si	167	84,61
	No	30	15,39
5. ¿Ha sentido dificultad en la realización de sus actividades por falta de iluminación?	Si	137	69,23
	No	60	30,77
6. Mencione una o varias zonas donde considere que la iluminación sea crítica	Aulas	144	73,07
	Clínicas	114	57,69
	Biblioteca	30	15,38
	Escaleras	30	15,38
	Pasillos	99	50,00
	Laboratorios	38	19,23
	Ninguna	0	0,00
a. A que le atribuye Ud. La falta de iluminación	Falta de luminarias	68	34,61
	Lámparas dañadas	106	53,84
	Pérdida del flujo luminoso de las lámparas	144	73,00
	Ninguna	0	0,00
8. ¿Cómo considera el mantenimiento en el sistema de iluminación?	Buena	8	3,84
	Regular	38	19,23
	Mala	151	76,92
9. ¿Estaría de acuerdo en el reemplazo del actual sistema de iluminación por uno más eficiente y que contribuya con el ahorro energético?	Si	197	100
	No	0	0,00

En la tabla 3.1 se puede observar que en la pregunta 1 el 61,53% de los estudiantes evaluaron como regular el nivel de iluminación en las aulas de clases, el 34,61% la considera como poco aceptable; mientras que el 3,84% considera que la iluminación es el adecuado. Es necesario tener en cuenta que una buena iluminación, ayuda a mejorar la concentración de los estudiantes en las aulas y por lo tanto resulta un mejor aprendizaje.

Para la pregunta 2 el 50% de los estudiantes encuestados opinaron que la iluminación artificial en las clínicas dentales es regular; el 46,1 de los encuestados expresa que existe una mala iluminación en esta área; un 3,84% considera que es existe buen alumbrado. La iluminación en las clínicas dentales debe estar ajustada a las necesidades y exigencias que se requieren, ya que en estas áreas se llevan a cabo cirugías y tratamientos dentales y por lo tanto se considera la iluminación como una parte vital para realizar un buen diagnóstico y tratamiento quirúrgico.

En el análisis correspondiente de la pregunta 4 se puede observar que el 84,6% de los estudiantes encuestado manifestaron haber tenido deslumbramiento en su área de estudio debido a la luz que incide por las ventanas, ya que en algunas aulas y clínicas no cuenta con ningún tipo de apantallamiento solar que permita controlar la luz natural y/o redireccionamiento de la misma. El 15,3% no han tenido problemas con deslumbramiento en sus actividades.

Para la pregunta 4 el 69,2 % de los encuestados han tenido inconvenientes tales como: cansancio visual al momento de tomar notas en clases, hacer algún tipo de diagnóstico en las clínicas dentales, la visión se ve comprometida en algunos pasillos con poca iluminación. El 30% manifestaron no haber tenido inconvenientes por falta de iluminación.

El 73% de los encuestados han mostrado su inconformidad con respecto a la iluminación en las aulas de clases, el 57,6% de los estudiantes consideran que existe una falta de alumbrado en clínicas dentales; en 50% opinan que es necesaria una mejor iluminación en

pasillos, sobre todo en horas de la tarde. En las escaleras y biblioteca el porcentaje fue de 30% que estiman como deficiente el sistema de iluminación.

Los resultados obtenidos de la pregunta 7 se observa que un 73% de los encuestados consideran que el problema de iluminación es debido a la depreciación del flujo luminoso de las lámparas; un 53,8% opinan que la deficiencia del sistema de iluminación es debido a lámparas dañadas, y un 34,6% de los encuestados considera que es necesario instalar nuevas lámparas mayormente en aulas y clínicas dentales.

En la pregunta 8 el 76,8% considera que el mantenimiento del sistema de alumbrado es malo, ya que el mantenimiento de las lámparas y luminarias no se realiza de forma periódica; el 19,23% considera que el mantenimiento es regular, y un 3,8% considera que el mantenimiento es bueno.

Finalmente en la pregunta 9 el 100% de los estudiantes encuestados manifestaron que están de acuerdo en reemplazar el sistema de iluminación actual por uno más eficiente, que cumpla con los estándares establecidos y que favorezca el rendimiento en las áreas de estudio y de trabajo.

CAPITULO IV

ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALUMBRADO DEL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO

En el presente capítulo se describe el estado actual del sistema de alumbrado del Edificio Central del Rectorado y se especifica los detalles del tipo de luminaria que se encuentra instalado en cada área de trabajo y sus respectivos valores de iluminancia media.

En la elaboración de este estudio fue necesario el uso de un instrumento llamado luxómetro, el cual mide el nivel de iluminancia real de manera rápida y sencilla. Su unidad de medida es lux (lx). Teniendo el luxómetro se realizaron las mediciones en cada área determinada, definiendo los puntos de medición de acuerdo a la actividad y superficie a evaluar (malla de puntos) a una distancia de 50 cm entre punto y punto. El equipo se dispone a una altura de 80 cm por encima del nivel del suelo (plano de trabajo estimado), con el sensor de luz hacia arriba, teniendo precaución de no cubrir o hacer sombras a la célula foto eléctrica para evitar una lectura errónea.

Al momento de hacer las mediciones se tomó en consideración el tipo de luminaria, número de lámparas instaladas por luminaria, potencia instalada, potencia en uso, colores de las paredes, piso y techo de cada área, así como el mobiliario.

Luego de realizar dichas mediciones se determinó el valor promedio de los puntos recolectados de la iluminancia en cada área de Edificio Central del Rectorado, donde

posteriormente se compararon con los valores de iluminancia medio que establece la norma COVENIN 2249-93 para cada área de trabajo y se determinaron si cumple con los valores de la norma.

El sistema de iluminación del Edificio Central del Rectorado cuenta con luminarias de lámparas de Fluorescente T12 3x17 W, T8 3x32 W, T12 2x40W, T12 2x75 W, T12 4x40W, T12 3x40W color blanca y lámparas incandescente tipo vela de 40 W y 60 W los cuales trabajan con un voltaje nominal de 120 V y frecuencia de 60 Hz.

A continuación se describe el sistema de iluminación de cada área del Edificio Central del Rectorado.

4.1 CLÍNICAS DENTALES

a. Clínica de Operatoria

En esta área clínica se ofrece tratamiento para pacientes que requieren de algún tipo de restauración dental, la cual es realizada por estudiantes de 3er y 4to año de Odontología. La clínica de operatoria cuenta con un área aproximada de 261.93 m², 30 unidades de sillas odontológicas, las cuales prestan servicio durante la mañana y tarde de acuerdo a las horas de práctica de los bachilleres. La descripción de la clínica es la siguiente; paredes de tonalidad verde claro, techo blanco y piso de granito, cuenta con un sistema de iluminación general. Cada sillón odontológico consta de una lámpara de luz intraoral de alta intensidad, con alto poder de reflexión que concentra el haz de luz en el interior de la cavidad oral. Dicha lámpara es halógena de 12V de 50W y 60W, con brazo articulado orientable.

En las áreas clínicas existen tres métodos de iluminación; iluminación general (200 a 500 lx), la cual proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área clínica, iluminación localizada (500-1.000 lx) la cual es requerida en el área de la silla odontológica y mesa de

instrumentos y la iluminación general-localizada (5.000-10.000 lx) la cual se concentra específicamente en el área de la cavidad oral.



Figura 4.1 Clínica de Operatoria

Fuente: Autor

Tabla 4.1 Características de la iluminación en la clínica de Operatoria

Fuente: Autor

Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Cant. de luminarias	Cant. de lámparas	Cant. lámparas en uso	Potencia Instalada (W)	Potencia usada (W)
Lámpara Fluorescente superficial	Tubo fluorescente T12 2x75W	12	24	18	1800	1350

Tabla 4.2 Características de la medición en la clínica de operatoria

Fuente: Autor

Número de puntos medidos	Localizada	184
	General –Localizada	14
Iluminancia máxima (lx)	Localizada	191
	General –Localizada	30000
Iluminancia media (lx)	Localizada	75.9
	General –Localizada	28000
Iluminancia mínima (lx)	Localizada	10
	General –Localizada	25000

Comparando los valores obtenidos en la medición de la tabla 4.2 con los valores establecidos por la norma COVENIN 2249-93, se observó que los niveles de iluminación no se encuentran dentro del rango establecido por la norma, por lo que se recomienda mejorar la iluminación para garantizar un adecuado diagnóstico y tratamiento del paciente.

Tabla 4.3 Característica de medición de las clínicas dentales de la Facultad de Odontología

Fuente: Autor

Clínica	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Clínica de Periodoncia	13/03/17 11:10AM	Blanca Beige Blanco	5 de 3x32W	6	94	138	Localizada 500-1.000
Clínica de Corona y Puentes	01/11/17 3:50 PM	Blanca Granito Blanco	8 de 2x75W	10	64	237	Localizada 500-1.000
Clínica Integral del Adulto	14/03/17 2:00PM	Blanca Granito Blanco	5 de 3x40W 3 de 2x40W	6 4	62	190	Localizada 500-1.000
Clínica de Postgrado	09/11/17 3:20PM	Blanco/ Verde Granito Blanco	4 de 4x40W	12	38	215	Localizada 500-1.000
Clínica de Cirugía	01/11/17 3:35 PM	Blanco Granito Blanco	6 de 2x40W	12	66	172	Localizada 500-1.000
Clínica de Endodoncia	01/11/17 4:35 PM	Blanco Granito Blanco	6 de 3x32W	18	39	384	Localizada 500-1.000
Clínica Integral del Adulto III	13/03/17 11:40AM	Blanco Granito Blanco	11 de 2x75W	18	179	156	Localizada 500-1.000
Preclínica de Operatoria Dental	18/04/17 10:20Am	Blanca Granito Blanco	11 de 3x40W	30	116	218	Localizada 500-1.000
Preclínica de Totales y Parciales I	01/11/17 2:45PM	Blanca Granito Blanco	11 de 3x40W	33	49	539	Localizada 500-1.000
Preclínica de Totales y Parciales II	01/11/17 3:15PM	Blanco Granito Blanco	6 de 3x32W	18	30	503	Localizada 500-1.000

Clínica	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia a media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Clínica de cirugía Quirófano I	01/11/17 9:50AM	Blanco Granito Blanco	2 de 2x40W	1	15	39	Localizada 500-1.000
Clínica de cirugía Quirófano II	01/11/17 10:35AM	Blanco Granito Blanco	1 de 45W	1	14	68	Localizada 500-1.000

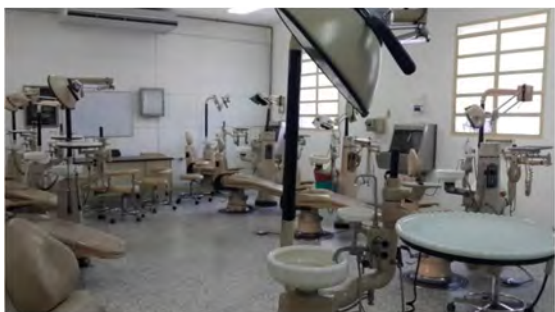


Figura 4.2a Clínica de Cirugía
Fuente: Autor



Figura 4.2b Iluminación Clínica de Cirugía
Fuente: Autor

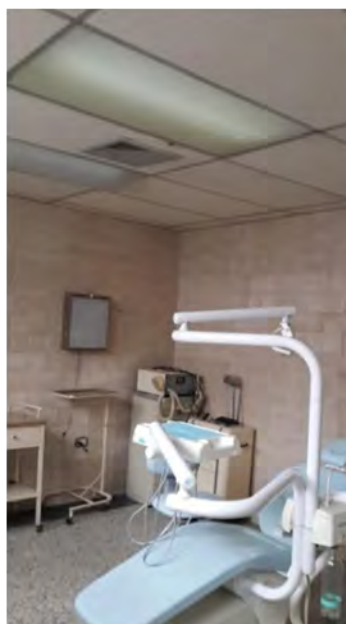


Figura 4.2c Quirófano I Clínica de Cirugía
Fuente: Autor

En las áreas clínicas de la tabla 4.3 se encuentran instaladas lámparas de tubo fluorescente de 3x40W, 4x40W, 2x40W, 2x75W y 3x32W. Los niveles de iluminación general en la mayoría de estas áreas clínicas no están dentro del rango que establece la Norma COVENIN 2249-93. Los niveles de iluminación alrededor de la silla odontológica y la mesa de instrumentos es la misma iluminación general, por lo que se recomienda una iluminación adecuada en el área de trabajo de modo de tener condiciones óptimas para el desarrollo de la tarea visual exigente. Es importante destacar que en muchas de las áreas clínicas existe iluminación natural que es aprovechada, pero que también produce deslumbramiento directo y que por lo tanto resulta molesto a la vista, por lo que se recomienda corregirse empleando un sistema de apantallamiento en las ventanas u oscurecimiento mediante persianas o cortinas.

4.2 AULAS

El aula es un espacio donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje formal, la norma COVENIN 2249-93 establece que para las aulas una iluminancia mínima de 500 lx, media de 750 y máxima de 1.000 lx.

Tabla 4.4 Característica de medición de las aulas de la Facultad de Odontología en el Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medid os	Iluminanc ia media (lx)	Iluminancia recomendad a (lx)
Aula 2	14/03/17 11.0 AM	Verde C Granito Blanco	9 de 4x40W	26	218	82	500-1.000
Aula 4	10/03/17 11.15AM	Blanca/ verde gris Blanca	8 de 4x40W	22	93	178	500-1.000
Aula 3	09/03/17 11:30AM	Verde C Granito Blanco	6 de 4x40W	12	130	50	500-1.000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Aula 5	14/03/17 12.0 AM	Verde c Granito Blanco	8 de 4x40W	17	134	115.03	500-1.000
Ortodoncia	31/03/17 9:20AM	Blanco Granito Blanco	2 de 2x75W 2 de 2x40W	4	67	109	500-1.000
Anatomía Dentaria	06/03/17 3:15PM	Blanco Crema Blanco	9 de 3x32W	22	98	110	500-1.000
Anatomía Patológica	09/03/17 10:30AM	Blanca/ azul Granito Blanco	6 de 2x40W	12	95	163	500-1.000
Clínica de Postgrado 2	09/11/17 4:40PM	Verde Granito Blanco	2 de 4x40W	8	17	178.24	500-1.000



Figura 4.2a Anatomía Dentaria
Fuente: Autor

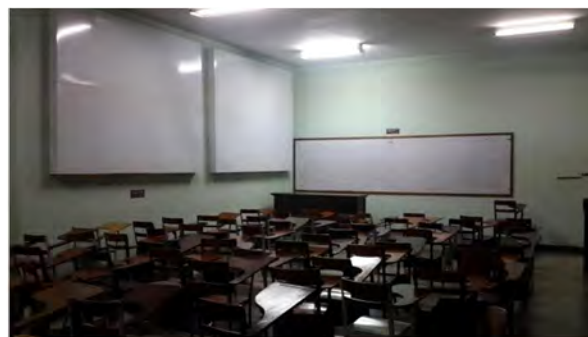


Figura 4.2b Aula 3
Fuente: Autor

Las aulas de la Facultad de Odontología de la tabla 4.4 el tipo de iluminación es general, con luminarias de lámparas de tubos fluorescente de 2x40W, 4x40W, 2x75W y 3x32W. Al tomar las mediciones se obtuvieron que los resultados de los niveles de iluminación se encuentren muy por debajo de los valores recomendados por la NORMA COVENIN 2249-93-

por lo que se recomienda mejorar la iluminación y reemplazar las lámparas en mal estado a fin de conseguir un mejor confort y concentración en las horas de clases.

4.3 OFICINAS

Los valores de iluminancia recomendados por la norma COVENIN 2249-93 para estas áreas de trabajo son las siguientes: iluminancia máxima es de 500 lx, iluminancia media 300 lx e iluminancia mínima 200 lx.

Tabla 4.5 Característica de medición de las oficinas y cubículos del Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Oficina	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de lumina- rias	Nro. de lámpara en buen estado	Nro. de puntos medidos	Ilumina- ncia media (lx)	Iluminancia recomien- dada (lx)
Recepción (Secretaria Ula)	14/11/17 2:30 PM	Amarillo Granito Blanco	2 de 4x40W	4	24	154	200-500
Secretaria (Secretaria Ula)	14/11/17 2:30 PM	Amarillo Granito Blanco	5 de 4x32W	20	32	146	500-1000
Oficina del Secretario Ula	14/11/17 3:00 PM	Amarillo Granito Blanco	5 de 4x32W	12	48	170	500-1000
Despacho Rectoral (Oficina del Rector)	28/06/17 10:30 AM	Blanca Granito Blanca	6 de 4x32W	20	50	213	500-1000
Despacho Rectoral (Secretaria del Rector)	28/06/17 10:30 AM	Blanca Granito Blanca	2 de 4x40W	4	18	171	500-1000
Despacho Rectoral (Archivo)	28/06/17 10:30 AM	Blanca Granito Blanca	1 de 4x40W	4	24	99	500-1000
Despacho Rectoral (Secretaria Ejecutiva)	28/06/17 10:30 AM	Verde/ Marrón Granito Blanca	2 de 4x40W	8	22	160	500-1000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de lumina- rias	Nro. de lámpa- ras en buen estado	Nro. de puntos medi- dos	Iluminan- -cia media (lx)	Iluminancia recomenda- da (lx)
Despacho Rectoral (Lobby del despacho)	28/06/17 10:30 AM	Blanca/ Marrón Granito Blanco	3 de 4x40W	10	26	87	200-500
Despacho Rectoral (Secretaria)	28/06/17 10:30 AM	Blanca Granito Blanca	1 de 4x40W	4	14	125	500-1000
Despacho Rectoral (Periodista)	28/06/17 10:45 AM	Blanca Granito Blanca	1 de 4x40W	2	13	52	500-1000
Despacho Rectoral (Cocina)	28/06/17 11:30 AM	Blanca Granito Blanca	1 de 4x40W	1	6	17	200-500
Vicerrecto- rado Académico (Secretaria)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	3 de 4x40W	6	27	122	200-500
Vicerrecto- rado Académico (Despacho)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	4 de 3x40W	12	24	205	500-1000
Vicerrecto- rado Académico (Prensa)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	18 de 18W	6	35	30	500-1000
Vicerrecto- rado Académico (Administra- ción)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Granito Blanco	8 de 4x40W	12	31	59	500-1000
Vicerrecto- rado Académico (Coordina- ción del Académico)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	4 de 4x40W	9	40	89	500-1000
Vicerrecto- rado Académico (cocina)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	1 de 2x40W	2	14	35	200-500
Vicerrecto- rado Académico (Recepción)	31/03/17 11:40 AM	Blanco Madera Blanco	2 de 4x40W	4	29	73	200-500

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Servicios Jurídicos	06/04/17 9:35 AM	Blanca/ verde gris Blanca	10 de 3x40W	27	88	155	500-1000
Administración de Rectorado	25/05/17 10:00AM	Blanca granito Blanca	1 de 4x40W	4	15	120	500-1000
Administración de rectorado (Informática)	25/05/17 10:00AM	Blanca granito Blanca	2 de 4x40W	4	77	64.1	200-500
Administración de rectorado (mantenimiento)	18/04/17 3:00PM	Blanca Granito Blanco	2 de 2x40W	3	19	51.2	200-500
Dirección de coordinación del rectorado (Oficina)	06/04/17 4:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	6	24	116	500-1000
Dirección de coordinación del rectorado (Recepción)	06/04/17 4:20PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	8	25	100	200-500
Departamento de Medicina Oral	18/04/17	Blanca/ Azul Granito Blanco	2 de 3x40W	3	61	61	500-1000
Departamento de prensa (Oficina)	29/06/17 2:15PM	Blanco/ Marrón Granito Blanco	2 de 4x40W	4	22	114	500-1000
Departamento de prensa Redacción Cubículo #1	29/06/17 2:15PM	Blanco Granito Blanco	1 de 4x40W	2	10	25	500-1000
Departamento de prensa Redacción Cubículo #2	29/06/17 2:20PM	Blanco Granito Blanco	1 de 4x40W	2	11	79	500-1000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #3	29/06/17 2:15PM	Blanco Granito Blanco	1 de 4x40W	1	10	85	500-1000
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #5	29/06/17 2:45PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	4	8	52	500-1000
Departamento de prensa Redacción (Recepción)	29/06/17 2:15PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	2	16	28	200-500
Revista Odontológica	18/04/17 11.50AM	Blanco Granito Blanco	2 de 2x40W	4	54	75	500-1000
DIORI (Administración)	25/05/17	Blanca granito Blanca	1 de 4x40W	4	15	94	500-1000
DIORI Recepción	25/05/17	Blanca granito Blanca	2 de 4x40W	4	77	64.1	200-500
DIORI (Archivo)	18/04/17	Blanca/ Azul Granito Blanco	2 de 2x40W	3	19	51.2	200-500
DIORI Recodo(Apoyo de las redes)	18/04/17	Blanco/ verde Granito Blanco	2 de 3x40W	3	42	48	500-1000
Cubículo Radiología	07/12/17	Blanco Granito Blanco	3 de 4x40W	10	26	102	500-1000
Cubículo Odontología Restauradora	18/04/17	Blanco/ verde Granito Blanco	2 de 3x40W	3	42	48	500-1000
Cubículo #1 Anatomía Dentaria	06/03/17	Blanco Granito Blanco	1 de 3x32W	3	13	129	500-1000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de lumina- rias	Nro. de lámpar- as en buen estado	Nro. de puntos medi- dos	Ilumina- ncia media (lx)	Iluminancia recomenda- da (lx)
Cubículo #2 Anatomía Dentaria	06/03/17 9.45AM	Blanco Granito Blanco	1 de 3x32W	3	13	107	500-1000
Cubículo #3 Anatomía Dentaria	06/03/17 10:25AM	Blanco Granito Blanco	1 de 3x32W	3	13	145	500-1000
Cubículos Clínica de Cirugía	01/11/17 2:19 PM	Blanco Granito Blanco	4 de 2x40W	6	48	115	500-1000
Lobby Clínica de Cirugía	01/11/17	Blanco Granito Blanco	2 de 2x40W	2	18	129	200-500
Faena Cubículo de Cirugía	01/11/17 11:15 AM	Blanco Granito Blanco	1 de 2x40W	1	12	101	200-500
Esteriliza- ción Instrumental	01/11/17 10:14AM	Blanco Granito Blanco	1 de 2x40W	2	14	125	200-500
Preclínica de totales y parciales II Materiales	28/11/17 9:00AM	Blanco Granito Blanco	1 de 3x32W	3	8	473	500-1000
Anatomía patológica (cubículo)	09/03/17 10:30 AM	Blanco/ Azul Granito Blanco	4 de 2x40W	6	39	88	500-1000
Centro de estudiante Odontología	28/11/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	4	14	92	200-500
CIO (Pesaje)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	1 de 32W 1 de 16W 2 de 40W	1 1 1	12	96.22	500-1000
CIO (Cuarto de cultivo)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 40W	1	8	25	500-1000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de lumina- rias	Nro. de lámpar- as en buen estado	Nro. de puntos medi- dos	Iluminan- -cia media (lx)	Iluminancia recomen- dada (lx)
CIO (Electrofo- resis)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 40W	2	12	97	500-1000
CIO (Área de trabajo)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 75W 3 de 40W	2 3	18	166	200-500
CIO (Recepción)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	5 de 40W	4	18	80	200-500
CIO Esteriliza- ción	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 40W	2	8	58	200-500
CIO (Secretaria)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	6	13	72	200-500
CIO (Dirección)	31/03/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	1 de 3x40W	3	9	60	200-500
CIO (Área Clínica)	31/03/17 2:20PM	Blanco Granito Blanco	4 de 75W	4	132	168	500-1000
Histología (Cubículo)	31/03/17 4:25PM	Blanco Granito Blanco	3 de 2x75W 2 de 2x40W	6 4	198	282	500-1000
Oficina Central de Grados	08/11/17 11:00AM	Blanco Granito Blanco	4 de 45W	4	94	86	500-1000
Archivo (Oficina Central de Grados)	08/11/17 11:00AM	Blanco Granito Blanco	2 de 45W 3 de 1x32W	5	42	67	500-1000
Oficina de Grados	08/11/17 11:00AM	Blanco Granito Blanco	1 de 1x45W	1	31	70	500-1000

Aula	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Oficina central de grados (Administración)	08/11/17 11:30AM	Blanco Granito Blanco	2 de 1x45W	2	38	89	500-1000
Anexo Oficina de grados	08/11/17 2:00PM	Blanco Granito Blanco	2 de 4x40W	8	22	166	500-1000
Servicios Jurídicos	19/09/17 10:30AM	Blanca/ verde gris Blanca	10 de 3x40W	27	88	155	500-1000
Archivo Clínico	19/09/17 11:30AM	Blanco/ Verde Granito Blanco	1 de 4x40W 1 de 4x32W	2 4	19	165	500-1000



Figura 4.3a Oficina Despacho Rector
Fuente: Autor

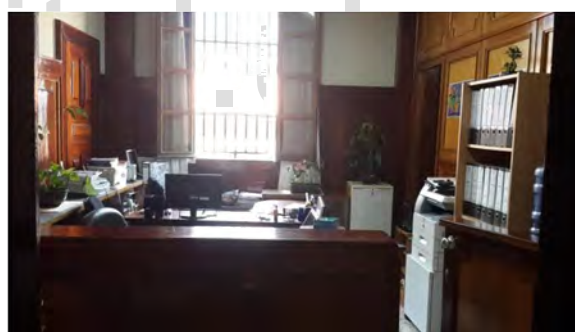


Figura 4.3b Dirección del Rectorado
Fuente: Autor

En la tabla 4.5 se puede observar que en la mayoría de las oficinas, los niveles de iluminancia no cumplen con los valores establecidos por la norma COVENIN 2249-932, por lo que se recomienda mejorar el sistema de iluminación, con el fin de alcanzar los valores recomendados, y así garantizar una buenas condiciones de trabajo, ya que las personas que laboran en esas áreas de trabajo, realizan trabajo de escritorio, hacen uso de computadoras y realizan actividades de escritura, las cuales exigen tener buenos niveles de iluminancia y así evitar problemas de visión. Cabe destacar en muchas de estas oficinas se aprovecha de la luz

natural que incide por las ventanas, pero en su mayoría no posee algún tipo de apantallamiento que controle dichos rayos y que producen deslumbramiento y molestia visual. El tipo de lámparas usado en esta área son lámparas tubo fluorescente T12 de 2x40W, T12 4x40W, T12 2x45W y T8 3x32W.

4.4 BIBLIOTECA

Los valores de iluminación recomendados para el área de biblioteca, específicamente en el área de lectura son los siguientes: iluminancia mínima 500 lx, iluminancia media 700 e iluminancia máxima 1.000 lx y para el área de estanterías y reparación la NORMA COVENIN 2249-93 establece una iluminancia mínima entre 200 lx e iluminancia máxima de 500lx. En esta área el sistema de iluminación es de tipo general y cuenta con luminarias de 4 lámparas de tubo fluorescente T12 de 40W.

Tabla 4.6 Característica de medición de la iluminancia media en la biblioteca de la facultad de Odontología en el Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminan- cia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Sala de lectura y Préstamo	16/03/17 4:10PM	Blanca/ verde gris Blanca	16 de 4x40W	49	284	120	500-1.000
Publicaciones Periódicas	31/03/17 11.40 AM	Blanco Madera Blanco	4 de 2x75W	8	76	133	500-1000
Oficina	31/03/17 11.40 AM	Blanco Madera Blanco	2 de 4x40W	6	24	190	500-1000

Como se puede apreciar en la tabla 4.6 los valores de iluminancia para biblioteca y salones de lectura se encuentran muy por debajo de los valores establecidos por la norma. Es necesario tener en cuenta y garantizar los niveles necesarios para que los estudiantes y personal que laboran en esa área no tengan inconveniente en sus actividades y labores de estudio.

4.5 SALONES DE USO PROTOCOLAR

En estos salones emblemáticos de nuestra ilustre Universidad de los Andes, donde se desarrollan importantes actividades académicas, científicas y culturales, los valores que establece la NORMA COVENIN 2249-93 son: una iluminancia mínima de 200 lx, iluminancia media de 300 lx, y una iluminancia máxima de 500lx. El actual sistema de iluminación es de tipo general y cuenta con luminarias decorativas con lámparas incandescente tipo vela de 60W.

Tabla 4.7 Característica de medición de la iluminancia media en salones de uso protocolar del Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de lumina- rias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminan- cia media (lx)	Iluminancia recomenda- da (lx)
Aula Magna (Estrado)	31/03/17 11.40 AM	Rojo/ Gris Rojo Blanco	3 de 10x60W	27	45	120	200-500
Aula Magna (Graduandos)	31/03/17 11.40 AM	Gris / Rojo Granito Blanco	4 de 20x60W 4 de 1000W	80 3	113	150	200-500
Aula Magna (Público)	31/03/17 11.40 AM	Gris / Rojo Granito Blanco	4 de 20x60W	80	99	95	200-500
Aula Magna (Palco derecho)	31/03/17 2:00PM	Gris / Rojo Granit Blanco	5 de 6x60W	30	38	66	200-500

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Aula Magna (Palco Izquierdo)	31/03/17 2:00PM	Gris / Rojo Granito Blanco	5 de 6x60W	30	38	62	200-500
Cesar Rengifo (Lobby)	29/11/17 10:00A M	Blanco Granito Blanco	2 de 5x60W 14 Ojos de buey 40W 28 de 60W	6 6 20	114	62	200-500
Cesar Rengifo (Cubículos)	29/11/17 10:30A M	Blanco Granito Blanco	12 de 100W	6	18	120	200-500
Cesar Rengifo (Balcón)	29/11/17 11:00A M	Blanco Granito Blanco	24 de 40W	6	14	25	200-500
Paraninfo	11/11/17 2:00PM	Blanco/ Marrón Rojo Marrón	2 de 12x60W 2 de 10x60W 14 de 5x60W	114	15	45	200-500
Salón Rojo	28/06/17 3:15PM	Blanca/ verde gris Blanca	3 de 5x60W	15	38	50	200-500



Figura 4.5a Paraninfo
Fuente: Autor

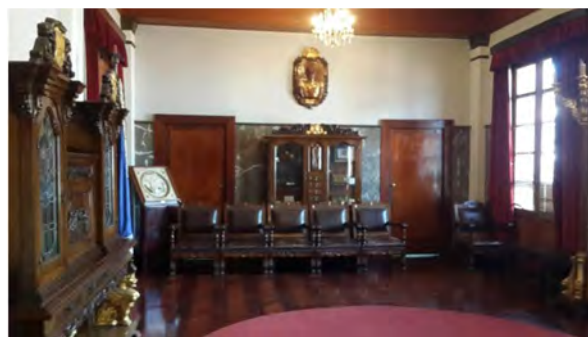


Figura 4.5b Salón Rojo
Fuente: Autor



Figura 4.5c Aula Magna
Fuente: Autor

En la tabla 4.7 Se describe las características de los niveles de iluminancia de los salones de uso protocolar. Se puede observar que al comparar los valores medidos no están en el rango de los valores normalizados. Las lámparas incandescentes tienen una eficacia lumínica muy baja, alrededor de 15 lm/W. El uso de este tipo de lámparas ha tenido como consecuencia el deterioro y recalentamiento de estas luminarias decorativas, por lo que se recomienda implementar lámparas más eficientes pero con la temperatura de color apropiada, entre 2.600K-2.700 K de modo que se adecue a estos salones.

4.6 MUSEO

Los niveles de iluminación recomendados por la norma COVENIN 2249-39 para objetos no sensibles a la luz están entre un rango de 200 a 500 lx; objetos sensibles a la luz tales como seda, arte en papel, documentos antiguos una iluminación de 50 lx y para talleres y laboratorios de restauración o conservación una iluminancia entre 500 y 1.000 lux.

Tabla 4.8 Característica de medición de la iluminancia media en el museo en el Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Registro de Inventario	31/03/17 11.40 AM	Blanca/ verde gris Blanca	3 de 4x40W	5	21	46	200-500
Lab. de Conservación	31/03/17 10.55 AM	Blanco Madera Blanco	3 de 4x40W	7	32	G 112 L 212	200-500 500-1.000
Lab. Arqueológico	06/12/17 9:45AM	Blanco Blanco/ Negro Blanco	3 de 4x40W 2 de 16W	7 2	19 8	G 233 L 1520	200-500 500-1.000
Sala Permanente	06/12/17 10:00AM	Blanco/ Marrón Blanco/ Negro Blanco	10 Ojos de buey 35W 5 de 1x32W	10 5	109 28	G 32 L 53	100-200 50
Biblioteca	06/12/17 10:00AM	Blanco Blanco/ Negro Blanco	3 de 4x40W	12	21	215	200-500

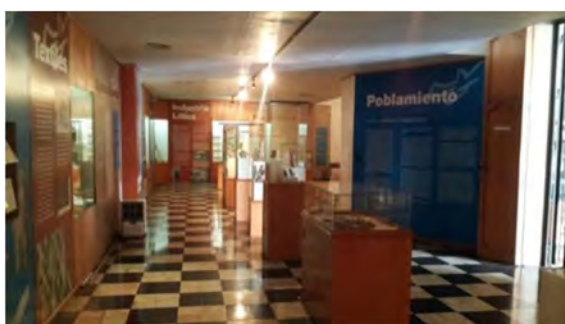


Figura 4.6a Sala Permanente del Museo
Fuente: Autor



Figura 4.6b Laboratorio Arqueológico
Fuente: Autor

4.7 LABORATORIOS

Para estas áreas la norma establece un tipo de iluminancia localizada, con una iluminancia mínima de 500 lx, iluminancia media de 750 lx y una iluminancia máxima de 1.000 lx.

Tabla 4.9 Característica de medición de la iluminancia media en el museo en el Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomenda- da (lx)
Laboratorio Central	28/03/17 10:00AM	Blanca Granito Blanco	14 de 2x40W 3 de 1x40W	14 1	57	230	500-2.000
Laboratorio Clínica de Postgrado	28/0317 11:15AM	Blanco Granito Blanco	1 de 4x40W	4	15	242	500-2.000

En la tabla 4.9 se puede observar que los valores de iluminancia medidos no corresponden al rango de iluminancia para estas áreas descritas en la norma COVENIN 2249-93, sin embargo la iluminación natural es aprovechada en estas áreas debido a los grandes ventanales que facilitan el trabajo en los laboratorios. Se recomienda apantallamiento que reduzca o controle los niveles de iluminación a fin de evitar deslumbramiento en las áreas de trabajo. El tipo de lámparas usadas son tubos fluorescentes T12 de 2x40W, 4x40W y 1x40W.

4.8 PASILLOS

Los niveles de iluminación recomendados por la norma COVENIN 2249-93 para pasillos son de una iluminancia mínima de 100 lx, iluminancia media de 150 lx y máxima de 200 lx.

Tabla 4.10 Característica de medición de la iluminancia media en los pasillos del Edificio Central del Rectorado.

Fuente: Autor

Área	Fecha Hora	Color Pared Piso Techo	Nro. de luminarias	Nro. de lámparas en buen estado	Nro. de puntos medidos	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Planta Nivel Sótano (Odontología)	01/11/17 4:15PM	Amarillo Granito Blanco	22 de 1x40W	15	57	75	100-200
Nivel Planta Baja (Odontología)	01/11/17 3:30PM	Amarillo Granito Blanco	26 de 1x40W 8 de 3x40W	22 8	15	120	100-200
Nivel Planta baja (Aula Magna)	01/11/17 4:50PM	Amarillo Granito Blanco	5 de 8x40W	30	28	110	100-200
Nivel Planta Baja (Entrada Principal)	01/11/17 5:15PM	Amarillo Granito Blanco	5 de 3x60W 3 de 60W 6 de 8x60W	10 3 48	115	96	100-200
Nivel Planta Baja (Museo)	01/11/17 5:45PM	Blanco Blanco/ Negro Blanco	21 de 18W	14	98	150	100-200
Planta Nivel Primer Piso (Odontología)	01/11/17	Amarillo Granito Blanco	11 de 1x40W	8	96	110	100-200
Primer Piso (Corredor Salón Rojo)	02/11/17 4:40PM	Amarillo Granito Blanco	9 de 3x40W	16	54	102	100-200
Primer Piso Corredor Vicerrectorado	02/11/17 5:20PM	Blanco Granito Blanco	17 de 40W	12	29	118	100-200
Planta Baja (lobby)	02/11/17 3:45PM	Amarillo Granito Blanco	6 de 8x60W	48	40	113	100-200
Primer Piso Despacho Rectoral	02/11/17 4:00PM	Amarillo Granito Blanco	10 de 2x40W	14	15	115	100-200

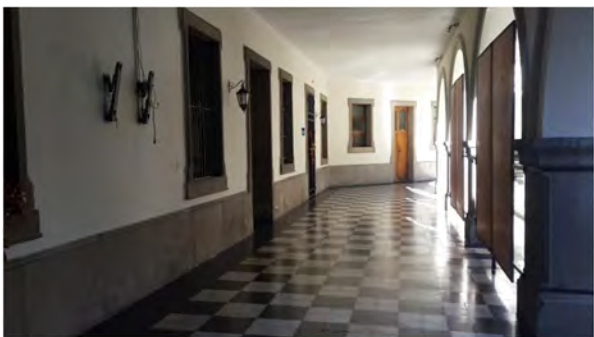


Figura 4.7a Pasillos Museo
Fuente: Autor

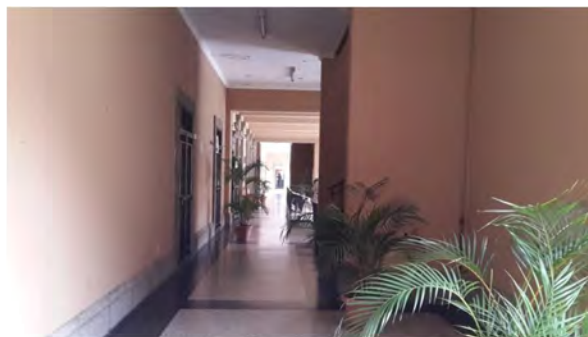


Figura 4.7b Pasillos Odontología
Fuente: Autor

En la mayoría de estos pasillos de la tabla 4.10 se aprovecha la luz natural y los niveles de iluminación cumplen con la norma, y por lo tanto durante el día se mantienen apagadas, sin embargo existen pasillos, específicamente en el nivel sótano y primer piso donde los niveles no son los apropiados y por lo tanto se recomienda mejorar la iluminación a fin de evitar algún tipo de incidente por esta causa. Es importante destacar que las lámparas instaladas en estas áreas son las siguientes: lámparas fluorescente T12 1x40W, T12 2x40W, lámparas incandescente tipo vela de 60W y 40W. Se recomienda el reemplazo de las lámparas incandescente, ya que su eficiencia lumínica es muy baja y por lo tanto el uso de ellas no garantiza una buena eficiencia energética.

4.9 DEMANDA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

La demanda del actual sistema de iluminación del Edificio Central del Rectorado es determinada mediante la sumatoria de las potencias de cada lámpara instalada, el cual consta en su mayoría de lámparas de tubos fluorescentes, fluorescente compacto e incandescente. En la siguiente tabla 4.11 se describe la carga conectada del sistema de iluminación del recinto universitario.

Tabla 4.11 Característica de la carga conectada por Iluminación
Fuente: Autor

Tipo de Lámpara	Nro. de Lámparas	Potencia por lámpara (W)	Potencia Total (W)
Tubo Fluorescente	997	40	43868
Tubo Fluorescente	179	32	6308
Tubo Fluorescente	60	75	4950
Bombillo Tipo vela	64	40	2560
Bombillo Incandescente	12	100	1200
Bombillo Tipo vela	250	60	15000
Fluorescente Compacta	46	18	828
Fluorescente compacta	15	45	675
Halógeno	29	35	1015
Reflector	4	1000	4000
Total			80404

Para el estudio de la demanda máxima se aplicó la siguiente formula:

$$D_{max} = F_{dem} \times \text{carga conectada} \quad (4.1)$$

Dónde:

F_{dem} : Factor de demanda

Carga conectada: Luminarias Instaladas

El código eléctrico nacional (CEN) establece que el factor de potencia en la carga de iluminación para recintos universitarios es de 100%. Al aplicar la ecuación (4.1) se obtiene:

$$D_{max} = 1 * 80404 \text{ (W)}$$

La demanda en voltios-ampere (VA) se obtiene mediante la ecuación (4.2) considerando un factor de potencia ($\cos\phi$) de 0.9 para la carga de las luminarias.

$$D_{max} = \frac{D_{max}(W)}{\cos\phi} \quad (4.2)$$

$$D_{max} = \frac{Dmax(W)}{09} = \frac{80404 W}{09} = 89337 VA$$

4.9.1 Cantidad de lámparas usadas actualmente en el Edificio Central del Rectorado

Se puede observar en el grafico 4.1 que el 60% de las lámparas instaladas en el Edificio Central del Rectorado están en funcionamiento, mientras que el 40% restante presenta fallas, ocasionando así un déficit de iluminación artificial lo que afecta el libre desenvolvimiento del personal en el recinto universitario.

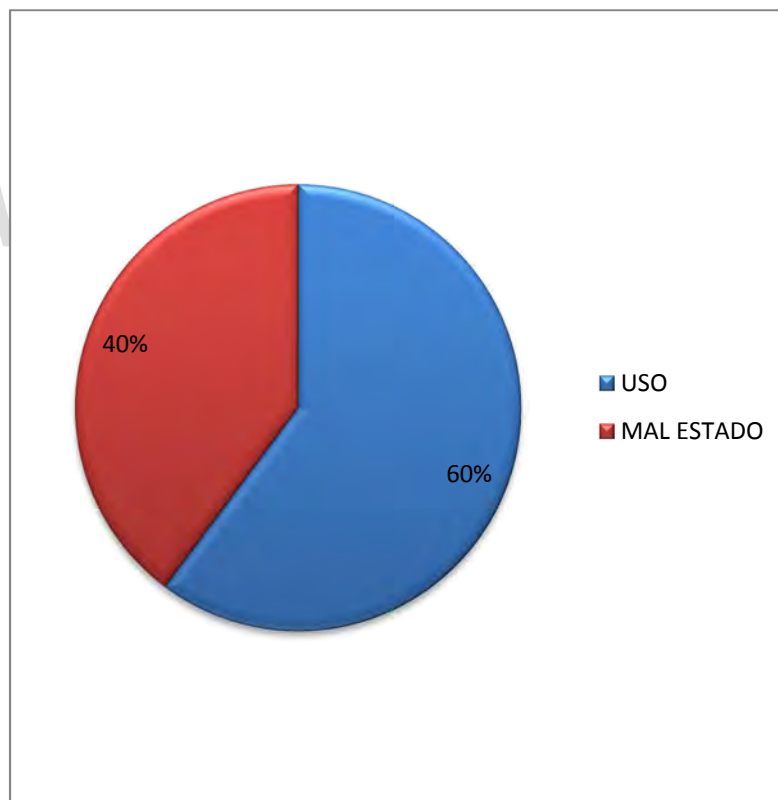


Gráfico 5.1 Porcentaje de lámparas en funcionamiento respecto a las lámparas instaladas en el sistema de iluminación actual.

Fuente: Autor

4.10. ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS ÁREAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL

A continuación se presenta los valores de eficiencia energética calculados donde se aplicó la ecuación 2.6.

Tabla 4.12 Índice de eficiencia energética
Fuente: Autor

Área	Superficie (m ²)	Potencia Instalada (W)	Potencia en uso (W)	Illuminancia media (lx)	IEE(W/m ²) Instalado	IEE(W/m ²) en uso
Clínica de Operatoria	261.93	1800	1350	75.9	9.05	6.79
Clínica del Adulto III	152.01	1650	1350	156	6.95	5.70
Clínica de Cirugía	76.70	480	480	172	3.64	3.64
Clínica de Coronas y Puentes	99.61	1200	750	237	5.08	3.176
Clínica de Endodoncia	70.41	576	576	384	2013	2.13
Clínica Integral del Adulto	95.89	840	400	130	6.74	3.21
Clínica de Periodoncia	55.26	480	192	138	6.29	2.51
Preclínica de Operatoria	75.40	1320	1200	218.6	8.00	7.28
Preclínica de Totales y Parciales I	83.24	1320	1320	539	2.94	2.94
Preclínica de Totales y Parciales II	60.62	576	576	503	1.89	1.89
Despacho Rectoral (Oficina del Rector)	43.86	768	640	213	8.22	6.85

Área	Superficie (m ²)	Potencia Instalada (W)	Potencia en uso (W)	Iluminancia media (lx)	IEE(W/m ²) Instalado	IEE(W/m ²) en uso
Despacho Rectoral (Secretaría del Rector)	15.92	320	160	171	11.75	5.87
Despacho Rectoral (Lobby del despacho)	28.15	480	400	87	19.60	16.33
Despacho Rectoral (Secretaría)	17.42	160	160	125	7.34	7.34
Oficina del Secretario	47.56	640	640	170	7.91	7.91
Vicerrectorado académico (Administración)	82.14	1280	480	59	26.41	9.90
Dirección de Servicios Jurídicos	95.47	1200	1080	155	4.64	4.18
Administración Rectorado						
Biblioteca (Sala de lectura y préstamo)	171.82	2560	1960	93.24	15.97	12.23
Biblioteca (Publicaciones periódicas)	65.61	600	600	133.43	6.85	6.85
Aula 3	89.05	960	480	50	21.56	10.78
Aula 4	80.61	1280	880	178	8.92	6.13
Aula 5	87.62	1280	680	115	12.70	6.74
Archivo Clínico	32.78	288	208	165	5.32	3.84
Departamento de Medicina Oral	22.75	240	120	61	17.29	8.64

En la tabla 4.12 se puede observar que en muchas de las áreas el índice de eficiencia energética superan los valores recomendados, por lo que es importante implementar un diseño que cumpla con los requerimientos a fin de promover una mejor eficiencia energética que permita iluminar mejor consumiendo menos electricidad.

CAPITULO V

PROPUESTA DEL NUEVO DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

A continuación, en el presente capítulo se presenta una propuesta de diseño del sistema de iluminación que tiene como base cumplir con las normas COVENIN 2249-93. Este nuevo diseño se basa en la tecnología LED el cual brinda una iluminación eficiente y que cumple con el ahorro energético.

En la realización de la propuesta se utilizará un software llamado DIALux evo 5.2 que consiste en un programa de diseño luminotécnico, que permite simular efectos luminosos reales de cualquier ambiente de trabajo de manera tridimensional, el cual realiza un análisis cuantitativo de los niveles de iluminación tanto de interiores como exteriores. Las áreas en estudio consistieron en las clínicas dentales, aulas, oficinas, pasillos y salones de uso protocolares tales como Aula Magna, paraninfo y salón rojo, considerando las luminarias a utilizar, color de pisos, techos, paredes y mobiliarios presente en las mismas. Los niveles de iluminación medio calculados por el programa deben cumplir con los valores establecidos por la norma.

5.1 CLÍNICAS DENTALES

En la implementación del nuevo sistema de iluminación en las clínicas dentales y quirófanos de la Facultad de Odontología se implementaron luminarias Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSU 38.5W las cuales ofrecen un elevado ahorro energético y proporcionan

un alto nivel de iluminación. Consume una potencia de 38.5 W, flujo luminoso de 5500 lm, temperatura de color de 3000 K y un índice de reproducción de color de 100.

Tabla 5.1 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación del Quirófano I de Clínica de Operatoria.

Fuente: Autor

Tipo de luminaria	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSU 38.5W
Numero de luminarias	5
Potencia (W)	154
IEE (W/m²)	1.16
Iluminancia media (lx)	Localizada 780
Iluminancia recomendada	Localizada 500 – 1.000

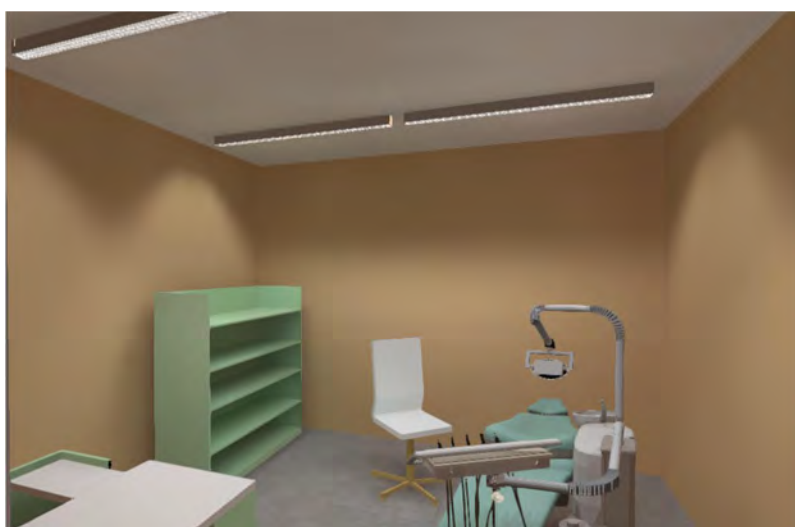


Figura 5.1 Propuesta del quirófano 1 de la clínica de operatoria

Fuente: Autor

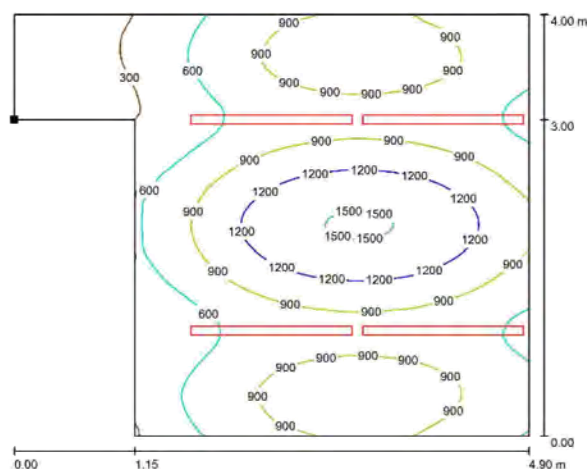


Figura 5.2 Curvas isocólicas del Quirófano I de la Clínica de Operatoria
Fuente: Autor

Tabla 5.2 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las clínicas dentales.
Fuente: Autor

Clínica	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Operatoria	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	24	0.65	1155	750	500-1.000
Cirugía	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	12	0.87	462	762	500-1.000
Corona y Puentes	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	15	0.75	577.5	849	500-1.000
Integral del Adulto	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	14	1.15	539	572	500-1.000
Postgrado	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	9	0.89	346.5	1056	500-1.000
Periodoncia	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	7	0.73	269.5	729	500-1.000
Endodoncia	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	10	0.57	385	1048	500-1.000
Integral del Adulto III	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	23	0.57	885.5	1008	500-1.000
Preclínica Operatoria Dental	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	9	1.08	346.5	638	500-1.000

Clínica	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Preclínica de Totales y Parciales I	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	12	0.88	462	696	500-1.000
Totales y Parciales II	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	10	0.87	385	798	500-1.000
Cirugía Quirófano II	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	3	1.02	115.5	791	500-1.000

5.2 AULAS

Para las aulas de clases se utilizaron luminarias tipo Philips RC120B W60L601xLE34S/830 la cual sustituye fácilmente las luminarias de fluorescencias y son de fácil instalación y mantenimiento. Tiene las siguientes características: potencia de consumo 31 W, flujo luminoso 3400 lm, temperatura de color 3000 K y un índice de reproducción cromático de 100.

Tabla 5.3 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación para la aula 2 de la Facultad de Odontología.

Fuente: Autor

Tipo de luminaria	Philips RC120B W60L601xLE34S/830 3400lm 31.0W
Numero de luminarias	30
Potencia (W)	155
IEE (W/m²)	1.11
Iluminancia media (lx)	Localizada 793
Iluminancia recomendada	Localizada 500 – 1.000

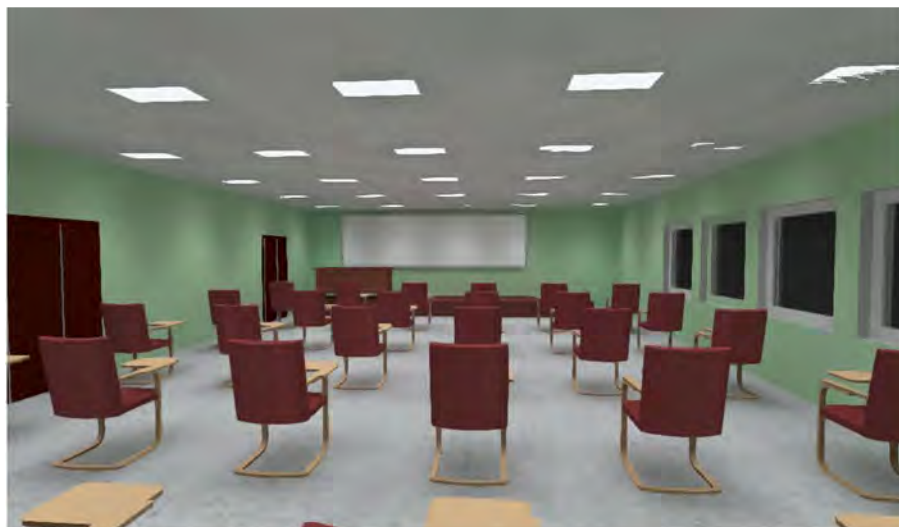


Figura 5.3 Propuesta de iluminación del aula 2 de clases de la Facultad de Odontología
Fuente: Autor

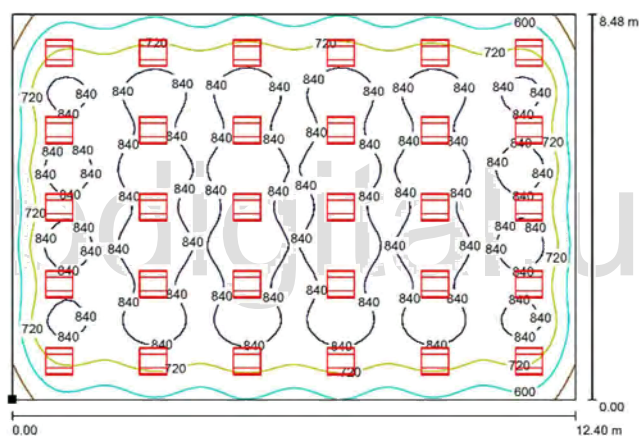


Figura 5.4 Curvas isocintas aula 2 de clases de la Facultad de Odontología
Fuente: Autor

Tabla 5.4 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las aulas

Fuente: Autor

Aulas	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Aula 3	Philips RC120B W60L601xLE34S/83 0 3400lm 31.0W	20	1.12	620	621	500-1.000
Aula 4	Philips RC120B W60L601xLE34S/83 0 3400lm 31.0W	24	1.01	744	915	500-1.000

Aulas	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Aula 5	Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	21	1.07	651	693	500-1.000
Ortodoncia	Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	12	0.73	372	924	500-1.000
Anatomía Dentaria	Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	19	0.90	589	756	500-1.000
Aula clínica Postgrado	Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	6	1.24	186	616	500-1.000

5.3 OFICINAS

Para el diseño de iluminación de las oficinas y cubículos se implementó un sistema de tipo localizado con luminarias Philips Lighting BBS560 1xLED35S/840 AC-MLO; el cual posee un diseño innovador para el alumbrado de oficinas, donde se toma en cuenta el control del deslumbramiento y la reproducción y uniformidad cromática. Tienen una potencia de consumo de 34 W y flujo luminoso de la lámpara de 3.500 lm, temperatura de color de 3.000 K.

Tabla 5.5 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de la oficina del Rector

Fuente: Autor

Tipo de luminaria	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm
Numero de luminarias	10
Potencia (W)	532
IEE (W/m²)	1.17
Iluminancia media (lx)	Localizada 739
Iluminancia recomendada	Localizada 500 – 1.000



Figura 5.5 Propuesta de iluminación de la oficina del Rector
Fuente: Autor

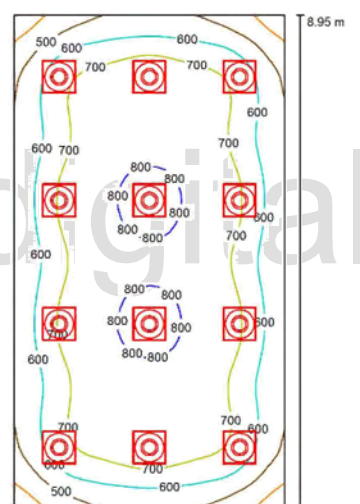


Figura 5.6 Curvas isolineas de la propuesta de la oficina del Rector
Fuente: Autor

Tabla 5.6 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de las oficinas

Fuente: Autor

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Recepción (Secretaria Ula)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.36	68	262	100-200
Secretaria (Secretaria Ula)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	11	1.36	374	510	500-1.000

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Oficina del Secretario Ula	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	12	1.32	408	640	500-1.000
Despacho Rectoral (Secretaria del Rector)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.15	68	560	500-1.000
Despacho Rectoral (Archivo)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.11	68	315	200-500
Despacho Rectoral (Secretaria Ejecutiva)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.09	68	510	500-1.000
Despacho Rectoral (Lobby del despacho)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.03	132	215	100-200
Despacho Rectoral (Periodista)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.15	68	510	500-1.000
Despacho Rectoral (Cocina)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.12	34	300	200-500
Vicerrectorado Académico (Secretaria)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.30	136	500	200-500
Vicerrectorado Académico (Despacho)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.33	204	750	500-1.000
Vicerrectorado Académico (Prensa)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.13	136	515	500-1.000
Vicerrectorado académico (Administración)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.31	204	750	500-1.000
Vicerrectorado académico (Coordinación del Académico)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.34	34	500	500-1.000

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Vicerrectorado Académico (cocina)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.29	34	200	100-200
Vicerrectorado Académico (Recepción)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.18	34	213	100-200
Servicios Jurídicos	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	32	1.33	1088	560	500-1.000
Administración de Rectorado	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	5	1.37	170	752	500-1.000
Administración de Rectorado (Informática)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	5	1.37	170	750	500-1.000
Administración de Rectorado (mantenimiento)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.35	102	255	100-200
Dirección de Coordinación del Rectorado (Oficina)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.40	136	600	500-1000
Dirección de Coordinación del rectorado (Recepción)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.38	102	220	100-200
Departamento de Medicina Oral	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.65	204	543	500-1.000
Departamento de Prensa (Oficina)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.93	102	523	500-1.000
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #1	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.90	34	750	500-1.000
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #2	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.88	34	600	500-1.000

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #3	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.94	64	550	500-1.000
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #4	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.89	34	534	500-1.000
Departamento de Prensa Redacción Cubículo #5	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.93	64	574	500-1.000
Departamento de Prensa Redacción (Recepción)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.90	102	554	500-1.000
Revista Odontológica	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.12	204	669	500-1.000
DIORI (Administración)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.22	204	750	500-1.000
DIORI Recepción	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	8	1.23	272	750	500-1.000
DIORI (Archivo)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.21	136	500	300-500
DIORI Recodo(Apoyo de las redes)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.23	64	512	500-1.000
Cubículo Radiología	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.12	136	741	500-1.000
Odontología restauradora	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.54	204	589	500-1.000
Cubículo #1 Anatomía Dentaria	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.02	34	624	500-1.000
Cubículo #2 Anatomía Dentaria	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.01	34	621	500-1.000
Cubículos Clínica de Cirugía	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.13	136	529	500-1.000

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Lobby Clínica de Cirugía	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.06	64	201	100-200
Faena Clínica de Cirugía	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	0.98	34	185	100-200
Esteriliza- ción Instrumental	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.06	136	762	500-1.000
Preclínica de totales y parciales II Materiales	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.36	136	714	500-1.000
Anatomía patológica (cubículo)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.09	102	519	500-1.000
Centro de estudiante Odontología	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.35	102	485	200-500
CIO (Pesaje)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.26	68	750	500-1.000
CIO (Cuarto de cultivo)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.24	34	730	500-1.000
CIO (Electrofo- resis)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.23	34	755	500-1.000
CIO (Área de trabajo)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	5	1.20	170	750	500-1.000
CIO (Recepción)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	3	1.27	102	434	200-500
CIO Esteriliza- ción	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.26	34	752	500-1.000
CIO (Secretaria)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.04	34	500	200-500
CIO (Dirección)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	1	1.02	34	578	500-1.000
CIO (Área Clínica)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.12	64	714	500-1.000

Oficina	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Histología	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	16	0.94	544	677	500-1.000
Oficina Central de Grados	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	2	1.54	68	625	500-1.000
Archivo (Oficina Central de Grados)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.52	136	601	500-1.000
Oficina de Grados	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	4	1.16	136	750	500-1.000
Oficina central de grados (Administración)	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.29	204	716	500-1.000
Anexo Oficina de Grados	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	6	1.47	204	750	500-1.000
Archivo Clínico	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	9	1.38	306	664	500-1.000

5.4 BIBLIOTECA

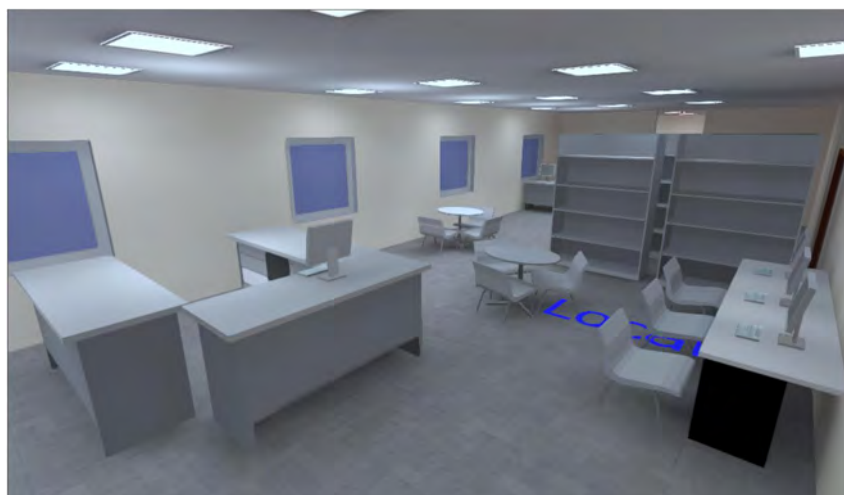


Figura 5.5 Propuesta de iluminación de la Biblioteca de la Facultad de Odontología
Fuente: Autor

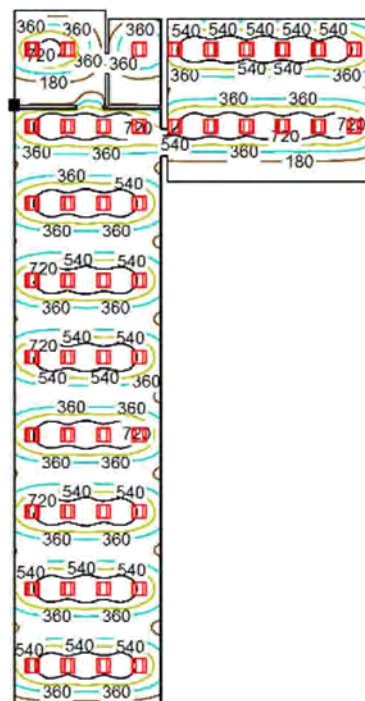


Figura 5.6 Curvas isocurvas de propuesta de la Biblioteca

Fuente: Autor

Tabla 5.7 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación de la biblioteca Fuente: Autor

Fuente: Autor

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámpara	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Sala de Lectura y Préstamo	Philips RC120B W60L601xLED3 4S/840 3400lm 31.0W	30	1.05	930	650	500-1.000
Publicaciones Periódicas	Philips RC120B W60L601xLED3 4S/840 3400lm 31.0W	12	1.03	372	415	200-500
Oficina	Philips RC120B W60L601xLED3 4S/840 3400lm 31.0W	4	1.01	124	515	500-1.000
Baño	Philips RC120B W60L601xLED3 4S/840 3400lm 31.0W	1	1.08	31	210	100-200

5.5 SALONES DE USO PROTOCOLAR

Tabla 5.8 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en los salones de uso protocolar. Fuente: Autor

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Aula Magna (Estrado)	PHILIPS HPK888 P-MB 1xHPI-P400W-BUS R-L	1	2.70	429	330	200-500
Aula Magna (Graduandos)	PHILIPS HPK888 P-MB 1xHPI-P400W-BUS R-L	4	2.70	1716	310	200-500
Aula Magna (Público)	PHILIPS HPK888 P-MB 1xHPI-P400W-BUS R-L	2	2.71	856	289	200-500
Aula Magna (Palco Derecho)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	3	2.12	159	280	200-500
Aula Magna (Palco Izquierdo)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	3	2.12	159	280	200-500
Aula Magna (Palco Principal)	PHILIPS BY151P 1xCDM-TMW210W/942 EB P-WB 227W	2	2.12	454	315	200-500
Cesar Rengifo (Lobby)	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830 11.5W	25	1.15	287.5	190	100-200
Cesar Rengifo (Cubículos)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	6	1.23	231	390	200-500
Cesar Rengifo (Balcón)	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830 11.5W	35	1.12	345	300	200-500
Paraninfo	PHILIPS TPS760 2xTL5-35W HFP AC-MLO	20	2.27	1540	341	200-500

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Salón Rojo	PHILIPS TPS760 2xTL5-35W HFP AC-MLO	6	2.24	462	324	200-500

5.6 MUSEO

Tabla 5.9 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en el museo. Fuente: Autor

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Registro de Inventario	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	8	1.29	272	720	500-1.000
Lab. de Conservación	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	12	1.31	408	780	500-1.000
Lab. Arqueológico	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	10	1.23	340	830	500-1.000
Sala Permanente	GD601B 1xLED17S/827 MB 14W 1700 lm	22	0.74	308	62	50-100
Biblioteca	Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	8	1.14	272	746	500-1.000

5.7 LABORATORIOS

Tabla 5.10 Características técnicas del nuevo diseño de iluminación en los laboratorios.

Fuente: Autor

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Laboratorio Central	PHILIPS TPS760 2xTL5- 35W HFP AC- MLO	10	1.13	350	1220	1.000-2.000

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Laboratorio clínica de Postgrado	PHILIPS TPS760 2xTL5-35W HFP AC-MLO	4	2.04	140	1412	1.000-2.000

5.8 PASILLOS

Tabla 5.11 Pasillos. Fuente: Autor

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Planta Nivel Sótano (Odontología)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	19	1.51	731.5	204	100-200
Nivel Planta Baja (Odontología)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	19	1.52	731.5	206	100-200
Nivel Planta baja (Aula Magna)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	11	1.23	423.5	215	100-200
Nivel Planta Baja (Entrada Principal)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	13	1.14	500.5	256	100-200
Nivel Planta Baja (Museo)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	14	1.12	539	196	100-200
Planta Nivel Primer Piso (Odontología)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	7	1.10	269.5	226	100-200
Primer Piso (Corredor Salón Rojo)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	7	1.15	269.5	246	100-200
Primer Piso Corredor Vicerrectorado	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	14	1.10	539	204	100-200

Área	Tipo de luminaria	Nro. de lámparas	IEE (W/m ²)	Potencia (W)	Iluminancia media (lx)	Iluminancia recomendada (lx)
Planta Baja (lobby)	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	12	1.09	462	208	100-200
Primer Piso Despacho Rectoral	Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSD	7	1.29	269.5	217	100-200

5.9 POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO

En la siguiente tabla 5.12 se describe la potencia de consumo de cada lámpara del sistema de iluminación propuesto y las cantidades de lámparas instaladas.

Tabla 5.12 Consumo de potencia del sistema de iluminación propuesto. Fuente: Autor

Tipo de lámpara	Cantidad de Lámparas Instaladas	Potencia (W) Lámparas	Potencia Total (W)
Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	260	34.0	8840
Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	149	31.0	4619
Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSU 38.5W	283	38.5	10895.5
PHILIPS TPS760 2xTL5-35W HFP AC-MLO	40	35.0	1400
GD601B 1xLED17S/827 MB 14W 1700 lm	22	14.0	308
PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830 11.5W	60	11.5	690
PHILIPS BY151P 1xCDM-TMW210W/942 EB P-WB 227W	2	227	454
PHILIPS HPK888 P-MB 1xHPI-P400W-BUS R-L	7	400	2800
		Total	30006.5

Para el cálculo de la demanda máxima del sistema de iluminación propuesto se aplicó la siguiente ecuación:

$$D_{max} = Fdem \times carga\ conectada \quad (5.1)$$

Utilizando un factor de demanda del 100% para cargas de iluminación se obtiene:

$$D_{max} = 1 * 30006.5\ W$$

La demanda en voltios-ampere (VA) se obtiene mediante la ecuación (5.2) considerando un factor de potencia ($\cos\phi$) de 0.9 para la carga de las luminarias.

$$D_{max} = \frac{D_{max}(W)}{\cos\phi} \quad (5.2)$$

$$D_{max} = \frac{D_{max}(W)}{09} = \frac{300065W}{09} = 333406\ VA$$

5.10 ANÁLISIS ENERGÉTICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y EL SISTEMA PROPUESTO PARA EL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO

En el análisis del costo de energético y económico de ambos diseños, mediante las tablas 4.12 y tabla 5.12 se compara los valores de la demanda máxima para el sistema actual y del sistema correspondiente de la nueva propuesta de iluminación y se estudia el costo anual tomando en cuenta el costo por consumo de la tarifa eléctrica es de 28.36 BsF/kWh según la Gaceta Oficial Nro. 37.415 del 03 de Abril del 2002 para demanda asignada contratada mayor a 10.000 KVA y asumiendo que el uso de la energía es 12 h/día (4380 h/año).

El costo por consumo anual de ambos sistemas se calculó teniendo como referencia el dólar DICOM de la subasta realizada el 30 de agosto del 2017 con un monto de 3445 BsF por dólar, alcanzando un precio por consumo de 0.0082\$/KWh.

Tabla 5.13 Precio del consumo anual del sistema de iluminación actual y propuesto del edificio central del Rectorado. Fuente: Autor

Sistema de Iluminación	Demanda Máxima (W)	Uso de la Energía del Local (h/año)	Consumo Anual (KWh)	Precio por Consumo (\$/KWh)	Precio Anual por Consumo (\$)
Actual	80404	4380	352169.52	0.0082	2887.44
Propuesto	33340.6	4380	146031.82	0.0082	1197.46

Como se puede observar en la tabla 5.13 la propuesta del sistema de iluminación basado en lámparas de tecnología LED, el precio del consumo anual de energía es más bajo que el sistema actual, por lo que dicho diseño propuesto ofrece un importante ahorro económico por consumo de energía.

Es importante destacar que el sistema de tecnología LED también debe cumplir con el análisis de costos de las luminarias, el cual se realiza en base a la evaluación de la inversión y comparación del sistema actual y el sistema propuesto mediante el método del costo anual de uniforme equivalente (CAUE). Dicho método evalúa de manera económica la viabilidad de proyectos de inversión y se toma en cuenta la opción más favorable económicamente. Para realizar el cálculo del CAUE se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$CAUE = Costoinicial \left(\frac{A}{P} \dot{n} \right) + Costoanual \quad (5.3)$$

$$\left(\frac{A}{P} \dot{n} \right) = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.4)$$

Dónde:

Costo inicial: Se refiere al valor monetario de las luminarias instaladas.

Costo Anual: Precio por consumo anual de energía.

N: Número de periodo de vida útil.

i: Tasas de Interés.

5.11 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL Y PROPUESTO DEL EDIFICIO CENTRAL DEL RECTORADO

A continuación en la siguiente tabla 5.14 se describe el costo de las lámparas instaladas en el Rectorado.

Tabla 5.14 Precio de las luminarias que se encuentran instaladas en el Rectorado. Fuente: Autor

Tipo de Lámparas	Cantidad	Precio por Unidad (\$)	Precio Total (\$)
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 2x40 W	70	168.35	11784.5
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 3x32 W	30	169.23	5076.90
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 3x40 W	71	172.55	12251.05
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 2x75 W	43	185.45	7974.35
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 4x40 W	129	196.89	25394.86
Luminaria especular de Tubo Fluorescente 1x40 W	69	50.14	3459.66
Bombillo Tipo vela 40 W	81	1.05	85.05
Bombillo Incandescente 100 W	20	1.05	21.00
Bombillo Tipo vela 60 W	501	1.05	526.05
Fluorescente Compacta 18 W	46	23.50	1081.00
Fluorescente compacta 45 W	7	36.75	257.25
Halógeno 35 W	24	2.5	60.00
Reflector 1000 W	4	185	740.00
		Total (\$)	68711.6

Tabla 5.15 Precio de las luminarias del sistema de iluminación propuesto en el Rectorado. Fuente: Autor

Tipo de Lámparas	Cantidad	Precio por Unidad (\$)	Precio Total (\$)
Philips BBS560 1xLED35S/840 34W, 3500lm	260	61.50	15990.00
Philips RC120B W60L601xLED34S/840 3400lm 31.0W	149	152.05	22655.45
Philips 4MX400 581 1xLED55S/830 PSU 38.5W	283	128.14	30497.32
PHILIPS TPS760 2xTL5-35W HFP AC-MLO	40	133.45	5338.00
GD601B 1xLED17S/827 MB 14W 1700 lm	22	98.00	2156.00
PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/830 11.5W	60	64.28	3856.80
PHILIPS BY151P 1xCDM-TMW210W/942 EB P-WB 227W	2	142.15	284.30
PHILIPS HPK888 P-MB 1xHPI-P400W-BUS R-L	7	225.80	1580.60
		Total (\$)	82358.50

5.11.1 Cálculo del costo anual uniforme equivalente (CAUE)

Para el cálculo del CAUE del sistema de iluminación actual se tiene que la vida útil de las lámparas fluorescentes que se encuentran instaladas en el Edificio Central del Rectorado es de 10.000 horas, las cuales trabajan un promedio de 12 horas al día los 365 días del año (4.380 h/año), por lo que una lámpara puede durar 2.28 años aproximadamente 2 años. La tasa de interés referencial empleada para dicho cálculo es establecida por el Banco Central de Venezuela, la cual es de 24 %; por lo tanto el CAUE es el siguiente:

$$\left(\frac{A}{P}\right)_n \text{ Sistema Actual} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0.24 \times (1+0.24)^2}{(1+0.24)^2 - 1} = 0.6864$$

Para realizar el estudio del CAUE del sistema de iluminación propuesto se tiene que la vida útil de las lámparas LED es de 50.000 horas, las cuales se mantienen en funcionamiento un promedio de 12 horas diarias los 365 días del año (4.380 h/año) una lámpara tendrá una duración de 11.41 años, (aproximadamente 12 años). La tasa referencial de interés se toma de referencia la que proporciona el Banco Central de Venezuela de 24 %; se tiene como resultado del CAUE lo siguiente:

$$\left(\frac{A}{P}\right)_n \text{ Sistema Propuesto} = \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \frac{0.24 \times (1+0.24)^{12}}{(1+0.24)^{12} - 1} = 0.2596$$

$$CAUE_{\text{Sistema Actual}} = 687116 * 0.6864 + 80404 = 127568.00 \$$$

$$CAUE_{\text{Sistema Propuesto}} = 82358.50 * 0.2596 + 33340.60 = 54720.90 \$$$

El resultado es el siguiente:

$$CAUE_{\text{Sistema Actual}} > CAUE_{\text{Sistema Propuesto}}$$

El costo anual uniforme equivalente del sistema propuesto es menor que el sistema actual, por lo tanto se puede concluir que la tecnología LED es viable para realizar dicho proyecto, ya que cumple con las condiciones necesarias para garantizar un menor consumo energético y a su vez es factible económicamente.

5.12 COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL SISTEMA ACTUAL Y PROPUESTO

A continuación se presenta una tabla comparativa sobre los valores de eficiencia energética del sistema actual y del sistema de diseño del sistema de iluminación:

Tabla 5.16 Índices de Eficiencia Energética del sistema actual y el propuesto. Fuente: Autor

Área	Índice de Eficiencia Energética del sistema instalado (W/m ²)	Índice de Eficiencia Energética del sistema en uso (W/m ²)	Índice de Eficiencia Energética del sistema propuesto (W/m ²)
Clínica de Operatoria	9.05	6.79	0.65
Clínica del Adulto III	6.95	5.70	0.57
Clínica de Cirugía	3.64	3.64	0.87
Clínica de Coronas y Puentes	5.08	3.176	0.75
Clínica de Endodoncia	2.01	2.13	0.57
Clínica Integral del Adulto	6.74	3.21	1.15
Clínica de Periodoncia	6.29	2.51	0.73
Preclínica de Operatoria	8.00	7.28	0.65
Preclínica de Totales y Parciales I	2.94	2.94	0.88
Preclínica de Totales y Parciales II	1.89	1.89	0.87
Despacho Rectoral (Oficina del Rector)	8.22	6.85	1.17
Despacho Rectoral (Secretaría del Rector)	11.75	5.87	1.15
Despacho Rectoral (Lobby del despacho)	19.60	16.33	1.03
Despacho Rectoral (Secretaría)	7.34	7.34	1.09
Oficina del Secretario Ula	7.91	7.91	1.32

Área	Índice de Eficiencia Energética del sistema instalado (W/m ²)	Índice de Eficiencia Energética del sistema en uso (W/m ²)	Índice de Eficiencia Energética del sistema propuesto (W/m ²)
Vicerrectorado Académico (Administración)	26.41	9.90	1.31
Dirección de Servicios Jurídicos	4.64	4.18	1.33
Biblioteca (Sala de Lectura y Préstamo)	15.97	12.23	1.05
Biblioteca (Publicaciones Periódicas)	6.85	6.85	1.03
Aula 3	21.56	10.78	1.12
Aula 4	8.92	6.13	1.01
Aula 5	12.70	6.74	1.07
Archivo Clínico	5.32	3.84	1.38
Departamento de Medicina Oral	17.29	8.64	1.65

Los resultados comparativos de la tabla 5.16 se puede observar que la propuesta del sistema de iluminación LED el índice de eficiencia energética se encuentra entre los valores óptimos de IEE recomendado para cada área del Edificio Central del Rectorado, a diferencia del sistema actual el cual los valores determinados no cumplen con el rango establecido.

CONCLUSIONES

En vista de los resultados obtenidos mediante las mediciones, encuestas y observaciones realizadas en el Edificio se destaca que efectivamente las instalaciones del sistema de iluminación se encuentran en condiciones poco favorables, presentando deficiencia de un 100% en el sistema de iluminación en todas las áreas, desde clínicas dentales, quirófanos, salones de clase, oficinas y salones de eventos especiales. En términos generales el Edificio Central del Rectorado presenta un 40% de lámparas en mal estado, que intervienen en la deficiencia anteriormente expuesta, así como también el incumplimiento de la normativa COVENIN 2249-93, en lo que hace referencia a niveles de iluminación recomendado para cada área y la distribución de las luminarias.

El sistema de iluminación propuesto fue diseñado mediante software denominado DIALUX EVO 5.2, en el que se simuló cada área del Edificio Central del Rectorado de la Universidad de los Andes, en cumplimiento con los niveles de iluminancia recomendados por la Norma COVENIN 2249-93.

Con la implantación del nuevo sistema de iluminación los costos por consumo de energía se reducen en un 52.35 % y una reducción de la demanda eléctrica con respecto al sistema actual.

La viabilidad de la propuesta realizada parte del análisis económico y energético mediante el estudio de costo anual uniforme equivalente, considerando el costo de inversión inicial que se refiere al monto total en gastos de luminarias de tecnología LED, el costo anual energético y vida útil de las lámparas a instalar en el nuevo sistema de iluminación en comparación con el análisis del sistema actual. Realizado el análisis anteriormente expuesto se verificó que la

propuesta es factible, debido a que cumple con los lineamientos que las Normas COVENIN 2249-93 establece y aun cuando el costo de inversión inicial es elevado, el sistema propuesto garantizará una mejora en las condiciones laborales, permitiendo así un desenvolvimiento óptimo del personal, estudiantes y visitantes del recinto universitario. Cabe destacar que es conveniente iniciar el reemplazo de luminarias en las áreas de mayor prioridad, tales como clínicas dentales, quirófanos y oficinas, con el fin de reducir el costo de inversión inicial.

Es importante destacar que las lámparas LED tienen un tiempo de vida útil prologando en comparación a las lámparas convencionales, por lo que la implementación de esta nueva tecnología en el nuevo sistema de iluminación garantizará un menor mantenimiento y reemplazo de las mismas, es decir, el sistema de iluminación actual requiere de una sustitución de lámparas anualmente, mientras que el propuesto cada 12 años aproximadamente, considerando un funcionamiento de 12 horas diarias los 365 días el año, en condiciones de operación normales.

www.bdigital.ula.ve

RECOMENDACIONES

En el marco de los resultados obtenidos y análisis de los mismos es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

La implementación del sistema de iluminación propuesto para el Edificio Central del Rectorado de la Universidad de los Andes, que permita mejorar los niveles de iluminación recomendados para cada área y ahorro energético.

Instalar el sistema propuesto en áreas de mayor prioridad, con el fin de que la inversión inicial disminuya.

El uso de sistemas de sensores de movimiento que ofrecen todas las opciones para control de la iluminación artificial de forma eficiente e inteligente.

El aprovechamiento de la luz natural, evitando factores como deslumbramiento mediante un sistema de apantallamiento u oscurecimiento de las ventanas mediante persianas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ballester, L. (2016) *Material elaborado a partir de recopilación de información solo con fines docentes*. Mérida, Venezuela.
2. Calvo, I. (2010). *El color es luz*. Chile. (Consultado:11 de2017) Disponible en línea: <http://www.proyectacolor.cl/teoriade-los-colores/el-color-es-luz/>.
3. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2002). *Gaceta Oficial de la república Bolivariana de Venezuela*, Nro. 37.415.
4. Moreno, L. (2015). *Luminotecnia: El arte de la correcta iluminación*. 2da edición. Mérida, Venezuela.
5. NORMAS COVENIN 2249-91 (1993). *Iluminancia en tareas y áreas de trabajo*
6. Revista ARQHYS. (2012), 12. *Iluminación en auditorios. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com*. (Consulta: 10 de 2017), de. Fuente: <http://www.arqhys.com/articulos/iluminacion-auditorios.html>
7. Obralux. (2016), *Luminotecnia*. (Consulta: 11 de 2017). Disponible en línea: < <http://www.Obraluz.com> >

www.bdigital.ula.ve