



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniería Industrial

*Título: Auditoria lumínica de los edificios B y gimnasio de la
Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.*

*Title: Light Audit of buildings B and Gym in Salesian Polytechnic
University of Guayaquil*

**Autores: Willer Novillo Dávila
Luis Veleceta Sinche**

Director: Ing. Pablo Pérez Gossende, MSc.

Guayaquil, Junio del 2018

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Willer Novillo** y **Luis Velecela**, declaramos que somos los únicos autores de este trabajo de titulación titulado “**Auditoria lumínica de los edificios B y gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil**”. Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Willer Santiago
Novillo Dávila
C.I. 0705755874

Luis Fernando
Velecela Sinche
C.I. 0930560115

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Willer Santiago Novillo Dávila y Luis Fernando Velecela Sinche, en calidad de autores del proyecto técnico titulado “**Auditoria lumínica de los edificios B y gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil**”, por medio de la presente, autorizan a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Willer Santiago
Novillo Dávila
C.I. 0705755874

Luis Fernando
Velecela Sinche
C.I. 0930560115

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de proyecto técnico titulado “**Auditoria lumínica de los edificios B y gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil**”, desarrollado por los estudiantes **Willer Novillo** y **Luis Velecela** previo a la obtención del título de ingeniería Industrial, certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el instructivo para la estructura y desarrollo de trabajos de titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la ciudad de Guayaquil, a los quince días del mes Junio del 2018

Ing. Pablo Alberto Pérez Gossende, MSc.
Docente Director del Proyecto Técnico

DEDICATORIA

El esfuerzo y dedicación que realicé en este trabajo y en toda mi carrera, está dedicado a Dios sobre todas las cosas por haberme dado salud y vida para cumplir mi meta.

Dedico este trabajo a mis padres, hermanos, novia, cuñado quienes estuvieron ahí siempre para alentarme con todos sus consejos, brindándome apoyo en lo que más necesita. Ustedes son parte de esta meta cumplida ya que fueron mi inspiración y fuente de sabiduría, creyendo en mí.

A mis familiares quienes con su granito de arena contribuyeron a que todo esto fuera posible.

De igual manera a mi compañero de tesis y tutor que compartieron conmigo sus conocimientos e hicieron que se realice con éxito este trabajo.

Willer Santiago Novillo Dávila

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi madre Letty Dávila y mi padre Willer Novillo, quienes me dirigieron por el camino de la prosperidad y felicidad, demostrando que en cada día ellos iban a estar ahí para darme su mano sin importar los erros que he cometido. Estuvieron pendientes en mí en cada momento, que a pesar de la distancia nunca hacía falta un consejo, una llamada haciéndome ver lo cuán importante era para ellos y el amor incondicional que predominaba como familia, también les agradezco por todo su esfuerzo y dedicación que tuvieron en mi para sacarme adelante como persona y como profesional.

A mis hermanos que siempre estuvieron siempre luchando junto a mí, y que más como hermanos fueron mis amigos en especial a mi hermana que fue incondicional en los duros momentos acobijándome con su cariño.

A mi novia que brindo todo amor y comprensión en cada etapa de mi proceso con el objetivo de ver crecer como persona y como profesional, apoyándome en los momentos difíciles, festejando a mi lado de mis triunfos y demostrándome lo importante que soy en su vida.

A mi cuñado que es como un hermano, no de sangre, pero sí de corazón porque siempre queriendo lo mejor en mi vida personal y profesional, haciéndome ver lo importante de tener una familia y saberla apreciar.

A mis abuelitas que con su amor de madre me demostraron e inculcaron los mejores valores, perseverando la bondad y optimismo, el amor a la familia y a Dios.

Por último, quiero nombrar a dos grandes personas en mi vida, la primera persona es mi Abuelito Enrique que en los momentos más difíciles de mi vida supo dar los mejores consejos y no dar su brazo a torcer para que comenzara un camino lleno de prosperidad, la otra persona es mi Abuelito Victoriano que, a pesar de no estar a mi lado, siempre estuvo presente en mi mente y corazón iluminando cada paso que daba.

Willer Santiago Novillo Dávila

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Jorge Eduardo Velecela Yunga, por ser un hombre ejemplar, a carta cabal, un padre amoroso, lleno de sabiduría, quien fue mi principal pilar. Digno de admiración, perseverancia; por confiar en mí y enseñarme a seguir adelante sin importar las circunstancias de la vida.

Gracias Papá, por siempre apoyarme.

Luis Fernando Velecela Sinche

AGRADECIMIENTO

A Dios por su misericordia y brindarme salud para poder cumplir con esta gran etapa.

Eterno agradecimiento a mi Madre, Carmen Del Roció Sinche Méndez: por ser el apoyo incondicional, emocional para mi vida, por siempre tener una palabra de aliento, mucha fuerza para guiarme. Gracias por brindarme los recursos necesarios para ser un profesional, según su ejemplo intachable pude aprender a ser un buen hijo y un hombre de bien.

A mi hermano Byron por siempre estar a mi lado, además de saber que siempre puedo contar con él.

A mi tía Ing. Comercial Cruz Sinche, por apoyarme en mi aprendizaje, ser la persona que me impulso a nunca darme por vencido y ser un estudiante responsable.

A mi novia Verónica por brindarme una inquebrantable voz de aliento y apoyo en todas mis metas propuestas.

Al Ing. Pablo Pérez, por ser el tutor de este trabajo de titulación, ser un profesor con carácter y tener siempre la predisposición para ayudar. Mi amigo de tesis Santiago Novillo y demás compañeros de carrera que tuve la suerte de conocer.

RESUMEN

Ante el notable crecimiento de infraestructura en los últimos años, la Universidad Politécnica Salesiana ha aumentado su consumo eléctrico, lo que se ve reflejado en sus planillas de pago mensuales de este servicio básico. En este contexto fue desarrollado este proyecto, el cual consistió en el desarrollo de una autoría lumínica en el edificio B y el Gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Guayaquil, y la propuesta de mejoras en el sistema de iluminación que permita en el mediano plazo reducir estos consumos. Como parte del estudio se midieron los niveles de iluminación en cada una de las áreas (aulas, laboratorios, pasillos, baños, oficinas, área de ejercitación del gimnasio y parqueadero) mediante el uso de fluxómetros y se caracterizaron los puntos de luz. Luego se compararon los niveles de iluminación actuales con los establecidos en la normativa ecuatoriana (Decreto 2393 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores) así como la norma europea UNE 12464-1. A continuación, se elaboró un plan de mejoras con el objetivo de reemplazar las luminarias convencionales actuales por tecnología LED, donde se determinó a través del método multicriterio de pesos aditivos que la mejor alternativa de luminaria en este caso es el modelo SYLPROOF LED de la marca Sylvania que consta de una potencia de 44 W. Para ello se realizó una matriz de decisión homogenizada a través del método de la transformación lineal a escala y las ponderaciones fueron obtenidas mediante la aplicación del Método del Triángulo de Füller. La propuesta de mejora incluye una guía de recambio de luminarias de forma progresiva que prioriza el recambio en aquellas instalaciones que tienen una mayor brecha respecto a la normativa, y además, se basa en el ahorro que representaría anualmente la sustitución gradual de las luminarias fluorescentes actuales por aquellas con tecnología LED. La propuesta fue validada técnicamente mediante simulación en el software Dialux y desde el punto de vista económico mediante la estimación de su costo anual uniforme equivalente. Por último, se realizó una estimación del ahorro energético y económico.

ABSTRACT

Given the remarkable growth of infrastructure in recent years, the Polytechnic Salesiana University has increased its electricity consumption, which is reflected in their monthly payment forms of this basic service. In this context, this project was developed, which consisted in the development of a lighting responsibility in the B building and the Gymnasium of the Salesiana Polytechnic University, Guayaquil headquarters, and the propose of improvements in the lighting system that allows in the medium term reduce these consumptions. As part of the study, lighting levels were measured in each of the areas (classrooms, laboratories, corridors, bathrooms, offices, gymnasium exercise area and parking lot) through the use of fluxometers and the points of light were characterized. Then the current lighting levels were compared with those established in the Ecuadorian regulations (Decree 2393 Regulation of safety and health of workers) as well as the European standard UNE 12464-1. Next, an improvement plan was elaborated with the objective of replacing the current conventional luminaires with LED technology, where it was determined through the multicriterial method of additive weights that the best alternative of luminaire in this case is the SYLPROOF LED model of the brand. Sylvania consisting of a power of 44 W. To do this, a homogenized decision matrix was made through the linear scale transformation method and the weights were obtained by applying the Füller Triangle Method. The improvement proposal includes a guide to replace luminaires in a progressive manner that prioritizes the replacement in those facilities that have a greater gap with respect to the regulations, and also, is based on the savings that would represent annually the gradual replacement of current fluorescent luminaries for those with LED technology. The proposal was technically validated by simulation in the Dialux software and from the economic point of view by estimating its equivalent uniform annual cost. Finally, an estimate of energy and economic savings was made.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	XV
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Importancia y alcances	2
1.3 Inventario de las partes interesadas.....	2
1.4 Delimitación.....	3
1.4.1 Temporal.....	3
1.4.2 Espacial o geográfica.....	3
1.4.3 Sectorial.....	4
1.4.4 Presentación de la UPS.....	4
1.4.4.1 Estructura organizacional	4
1.4.4.2 Cultura organizacional.....	4
1.5 Formulación del problema	5
1.6 Justificación del tema de tesis	5
1.7. Objetivo.....	6
1.7.1. Objetivo general	6
1.7.2. Objetivos específicos	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Tecnología Led	7
2.2 Características de los LED	7
2.3 Tiempo de vida de las lámparas LED	7
2.4 Luminosidad.....	8
2.5 Magnitudes Lumínicas	9
2.6 Flujo Luminoso	9
2.7 Niveles de Luminosidad Permitidos de Acuerdo con el Marco Legal Ecuatoriano 10	
2.8 Intensidad Luminosa	11
2.9 Nivel de Iluminación.....	12
2.10 Luminancia.....	13
2.11 Contraste	13
CAPÍTULO III.....	14
MARCO METODOLÓGICO.....	15

3.1	Propuesta de implementación de tecnología Led en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.	15
3.2	Auditoria lumínica	15
3.3.1.	Uso del luxómetro	17
3.3.2	Uso del Distanciómetro.....	17
3.3.3	Recolección de datos.....	18
3.3.3.1	Descripción y cuantificación de la luminaria instalada.....	18
3.3.3.2	Detalle de medición de luminosidad	18
3.3.3.3	Medición del Espacio Físico	19
3.4	Dialux y sus beneficios	19
3.5	Simulación en Dialux.....	20
CAPÍTULO IV		29
RESULTADOS.....		29
4.1	Recolección de datos de iluminancia	29
4.2	Caracterización de puntos de luz.....	36
4.3	Modelado y simulación de un aula típica y sótano del Edificio B	39
4.4	Cumplimiento de estándares nacionales e internacionales.....	40
4.4.1	Estándares Nacionales	40
4.4.2	Estándares Internacionales.....	43
4.5	Análisis de costos y consumo energético del sistema de iluminación actual....	45
4.6	Propuesta de mejora	46
4.6.1	Selección de luminarias	46
4.6.2	Guía para la sustitución del sistema de iluminación actual por tecnología LED	51
4.7	Validación de la propuesta de mejora	53
4.7.2	Validación técnica	53
4.7.3	Validación económica	54
4.7.1	Impacto en el ahorro energético y económico.....	59
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES		63
Bibliografía		¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Lúmenes producidos por diferentes bombillas a diferentes potencias.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2: Tiempo de vida (h) de lámparas convencionales.</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 3: Magnitudes Lumínicas fundamentales.</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 4: Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 5.Descripción y cuantificación de luminarias</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 6.Detalle de medición de luminosidad.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 7: Formato de mediciones para simulación</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 8: Medición en Luxes al Edificio B Planta baja y primer piso</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 9: Medición en Luxes al Edificio B segundo piso y tercer piso.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10: Medición en Luxes al Edificio B Cuarto piso y baños</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 11 Medición en Luxes del Gimnasio y baños</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 12: Identificación y clasificación de luminaria en área de aulas.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 13: Identificación y clasificación de luminaria en área de pasillos.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 14: Identificación y clasificación de luminaria en área de baños.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 15: Identificación y clasificación de luminaria en área de laboratorios</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 16: Identificación y clasificación de luminaria en área de sótano.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 17: Identificación y clasificación de luminaria en área de sótano.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 18: Iluminación mínima según actividad</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 19: Cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos en el Decreto 2393.</i> <i>.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 20: Valores Lumínicos de acuerdo con la necesidad de las instalaciones.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 21: Cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos la normativa UNE.</i> <i>.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 22: Características de alternativas de luminarias disponibles en el mercado.</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 23: Estimación de ponderaciones de los criterios de decisión.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 24: Estimación de ponderaciones de los criterios de decisión.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 25: Guía para la sustitución de las luminarias actuales por tecnología LED.</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 26: Costos de la alternativa 1.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 27: Costos de la alternativa 2.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 28: Desagregación de montos dedicados a la compra de nuevas luminarias con el ahorro anual que representa el uso de tecnología LED frente a la tecnología fluorescente.</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 29: Valores de CAUE para cada alternativa.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 30: Consumo energético y costo mensual de energía en las instalaciones del Edificio B y gimnasio.</i>	<i>59</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

1Figura: Universidad Politécnica Salesiana.....	3
2Figura: Intensidad Luminosa	11
3Figura: Goniómetro.	12
4Figura: Nivel de iluminación.	12
5Figura: Superficie aparente e iluminada.	13
6 Figura: Contraste de luminancias.....	14
7 Figura: Contraste de colores	14
8 Figura: Luxómetro modelo LM-100.....	17
9Figura: Detalle de los puntos de luz en planos.....	18
10Figura: Ingreso a Dialux.	20
11 Figura: Editor de dimensiones	21
12Figura: Ventana creación Proyecto	22
13 Figura: Identificación de Plano útil.....	22
14Figura: Ingreso valor de plano útil.....	23
15Figura: Pestaña “Selección de luminarias”	23
16 Figura: Catálogo de luminarias	24
17Figura: Modelos de luminaria.....	24
18Figura: Distribución de luminarias.....	25
19Figura: Pestaña de selección de objetos.....	25
20 Figura: Descripción geométrica del objeto	26
21 Figura: Diseño de objetos de interior	26
22 Figura: Iniciar Cálculo	27
23 Figura: Selección de escenas y opciones de cálculo	27
24 Figura: Calculo para aplicación de resultados	28
25 Figura: Representación 3D de simulación	28
26 Figura: Representación de un aula típica del Edificio B.....	39
27 Figura: Representación del sótano del Edificio B.....	40
28 Figura: Representación mejora sistema Led	54

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se elabora un plan de auditoria lumínica a un edificio y gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, con el propósito de menguar gastos en cuanto a planillas de energía. Cabe recalcar que fruto de los altos niveles de consumo eléctrico del plantel educativo son resultado del uso de: luminarias, equipos de aire acondicionado, equipos de cómputo, etc.

La Universidad arranca un proyecto junto con la Empresa Energesis (Spin-off de la Universidad Politécnica de Valencia) con una duración aproximada de 5 años, la cual consiste en la implementación de tecnología vanguardista inteligente, la cual está en etapa de adaptación en España y parte de Europa.

El proyecto macro está dividido en tres partes principales: iluminación, climatización y programación de ambos. Para ello es necesario la minuciosa investigación y auditoria de cada ámbito del proyecto, para efectos de la primera fase de este trabajo se manejará una auditoria lumínica en cada edificio de la universidad, dentro de cada edificio se trabajará cada aula, así también corredores, laboratorios, parqueaderos y gimnasio.

Las distintas dependencias con puntos de iluminación que forman parte de un centro educativo como es el caso de este proyecto, deben poseer sistemas que ofrezcan un entorno visual: suficiente, ideal y confortable. En relación con las distintas actividades que se cumplen dentro del sitio.

Dentro del parámetro de calidad adecuada al diseño, instalación y mantenimiento de luminarias se podrá observar en el confort visual necesario, sumando todos los requerimientos previos se garantizará la máxima eficiencia energética y por ende la minimización de gastos económicos en pago de planillas. Las causales de una correcta iluminación para estudiantes, docentes y personal administrativo son de vital importancia para generar un ambiente laboral seguro. Reducción de cansancio, menor esfuerzo visual y dolor de cabeza; estos son efectos que se pueden menguar con el simple hecho de cambiar una incorrecta iluminación o rediseñar los puntos de iluminación. Dentro de la problemática en centros educativos acerca de iluminación correcta son:

- Deslumbramientos directos o indirectos de luminarias. (Chavarria, 2016)
- Luminarias de temperatura de color y potencia inadecuada en la instalación; causando una escritura indescifrable sobre los cuadernos. (Ecured, 2016)
- Intervenir en el comportamiento de los estudiantes. El color de la luz emitida por las luminarias interviene de forma directa en el humor de los estudiantes. Así tenemos que, un ambiente iluminado por luz fría genera la sensación de

aire libre lo que ayuda al estudiante a tener un comportamiento más llevadero por la permanecía de varias horas dentro del salón de clase. Mientras que un ambiente alumbrado por luz cálida proporciona una sensación de relajación y armonía lo que aumenta la capacidad de sociabilización; ideales para salas de juego y actividades que no demanden mucha concentración, pero en lugares con un tiempo de estancia mucho menor. (INSH, 2015)

El uso de bombillas con rendimiento superior y bajo consumo energético complementa un ambiente ideal para cualquier establecimiento con afluencia de personas; como el caso de la UPS es de vital importancia brindar un ambiente que cumpla con los niveles de iluminación adecuados propuestos por entes reguladores que aportan con normativas y reglamentos.

Una de las ventajas más importantes al plantear un cambio en la iluminación convencional es obtener niveles de iluminación ideales según la normativa nacional que favorezcan el confort visual sin sacrificar la eficiencia energética. Se validó las luminarias actuales para conocer el estado actual de los edificios y demás dependencias, claro está que el cambio inmediato de luminarias actuales por tecnología Led es un tema complejo pues demanda una inversión muy elevada además de cambiar proveedores, adecuar ciertas instalaciones, capacitar al personal de mantenimiento entre otras. Así mismo el proyecto enmarca las siguientes ventajas:

- Ofrecer ambientes óptimos e ideales en confort visual.
- El análisis se desarrolla apegado a las normativas nacionales.
- La empresa Energesis desarrolla sus análisis en base a normativas internacionales tales como la Nueva Norma de Alumbramiento para interiores (UNE 12464-1). Aportando un realce al proyecto ya que será validado internacionalmente al momento de diseñar digitalmente las futuras aulas de la universidad con la misma infraestructura,
Con los puntos de luminarias ideales para la correcta distribución del cono de luz y señalando la correcta luminaria o bombilla Led que reemplazaran a la tecnología fluorescente actual
- Si bien es cierto no se recibirá rentabilidad inmediata del proyecto, pero al momento de cambiar paulatinamente las luminarias el gasto energético disminuirá, debido al menor consumo de la tecnología nueva.

El calor emitido por las bombillas Led es mucho menor que las luminarias fluorescentes, favoreciendo a la climatización pues los equipos de frío inteligentes actuales poseen sensores de temperatura. En un aula común sin estudiantes y equipo de cómputo apagado; solo con las fluorescentes encendidas,

el equipo de frío detecta el calor mínimo emitido por las luminarias procediendo a enfriar de manera constante produciendo un gasto innecesario. Además de evitar este gasto energético la tecnología Led está evolucionando a pasos agigantados a tal punto que Energesis junto con otras empresas colaboradoras generaron bombillas Led con un disipador térmico integrado, dicho avance tecnológico reduce porcentualmente el calor emitido por las luminarias logrando disminuir las temperaturas elevadas en comparación de las luminarias tradicionales.

Al incorporar la tecnología Led en el campus de la universidad se culmina con el primer paso de este macro proyecto. Lo que seguirá con la segunda parte del proyecto será la climatización para poder concluir con la unión de estas dos ramas de consumo energético. Finalmente se ejecutará la tercera parte del proyecto en donde se estima controlar: la iluminación y climatización de la universidad.

Lograremos con este proyecto convertir el Campus Centenario de la U.P.S. en un campus energéticamente sostenible, con varias características modernas y principalmente ahorrando recursos. El principal uso aplicativo de esta tecnología es poder controlar desde una base remota como un computador personal o un teléfono celular, el funcionamiento de: iluminación, equipos de cómputo y climatización de un aula. Por medio de esta función el personal administrativo tendrá los horarios de uso de cada aula, programando el funcionamiento de cada componente que este dentro de la plataforma digital del aula aportando un uso controlado y necesario. Lo que comúnmente se logra visualizar son aulas sin estudiantes ni profesores totalmente en funcionamiento con puertas abiertas teniendo un gasto energético innecesario.

Otro de los puntos importantes dentro de este trabajo está contemplado el medio ambiente conjunto el tema energético. Acotamos la siguiente relación: el peso específico de la iluminación respecto al consumo de energía dentro de un aula de clase u oficina varía entre un 20% y un 40% según la geografía donde se ubique en este caso una zona cálida y seca como lo es Guayaquil, el consumo de iluminación de dicho sector oscila entre 3.900 GW/año representando un 2% del consumo eléctrico nacional por consecuencia nos da 2'340.000 Toneladas de CO_2 /año. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2015)

Al momento de tratar con el ahorro energético podemos llegar a la disminución potencial de ahorro de 40% lo que merma las emisiones a 936.000 Toneladas de CO_2 /año. Es notable cuan presente se encuentra la contaminación ambiental en nuestra cotidianidad, por esta razón varios países están desarrollando estrategias para mitigar la contaminación, una de las técnicas aplicadas al ahorro energético

es “el paquete 20-20-20” difundido por la Unión Europea (UE) el cual establece que se debe tomar 3 objetivos obligatorios: la reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero, la contribución de energía renovables al 20% y una mejora de la eficiencia energética en un 20%. (IDAE, 2014)

Al momento de inclinarse por el uso bombillas tipo Led se tiene la seguridad que es una tecnología que está en constante mejoramiento versus a las bombillas convencionales. La potencia Led aún sigue en desarrollo ya que está ligada a su evolución continua. En ciertos aplicativos las luminarias Led de alta potencia reemplazaron en su totalidad a fuentes de luz convencional, sumándole ventajas al usuario en cuanto a la durabilidad y resistencia de la tecnología Led, vuelve más factible y superior a su predecesor. Cuenta con mayor fiabilidad que los bombillos fluorescentes o incandescentes ya que presenta menores fallas en sus filamentos. Su tecnología anti radiación UV/IR permite la exposición a cualquier cuerpo o material sin sufrir daños o secuelas de radiación ultravioleta ni infrarrojo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

La Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, centro educativo fundado el 23 de septiembre de 1998 busca estar a la vanguardia tecnológica, con el afán de abaratar gastos energéticos enfocados en iluminación. Con el pasar del tiempo la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil ha crecido en su infraestructura lo cual resulta en el aumento de consumo energético, lo que genera un costo significativo para la entidad educativa. Para generar un ambiente óptimo es necesario auditar los puntos y los niveles de luminancia en el Edificio B y gimnasio, pues no se han realizado investigaciones previas con este objetivo.

Para el seguimiento del plan de mejoras la Coordinación de Investigación de la Sede Guayaquil de la UPS ha iniciado un proyecto de investigación en colaboración con la empresa española de base tecnológica Energesis Ingeniería (spin-off de la Universidad Politécnica de Valencia, España) que busca convertir el Campus Centenario de la UPS en un Campus energéticamente sostenible, proyecto que se ejecutará en un periodo de 3 años (2016-2019). Como parte del proyecto se realizará un diagnóstico de la situación actual y se propondrá una estrategia de eficiencia energética y de integración de energías renovables, para convertir al campus en un referente tecnológico y modelo de sostenibilidad energética en la región. Se busca contribuir con la formación educativa a la comunidad universitaria y/o agentes locales a fines al tema, permitiendo el desarrollo de cursos y seminarios.

El presente trabajo de titulación se inserta en la primera fase del proyecto antes mencionado de investigación y sus resultados serán insumos fundamentales para la toma de decisiones en materia de eficiencia energética en el Campus Centenario durante los próximos años, fase de suma importancia pues se realizará una auditoria lumínica; cuya finalidad es obtener un listado detallado del nivel de luminancia de cada luminaria o bombilla que se encuentre instalada en el UPS-G edificio B. Datos que alimentarán una hoja de ruta que permitirá tener un informe técnico para el área de mantenimiento de la UPS-G con el fin de cambiar las luminarias originales por la tecnología LED conforme su deterioro. Factores fundamentales para el desarrollo de dicho informe técnico son: los niveles de iluminancia de cada dependencia del edificio B y gimnasio en

cuanto al consumo energético de las instalaciones (planillas eléctricas).

1.2 Importancia y alcances

Un ambiente bien iluminado no es solamente aquel que tiene suficiente cantidad de luz, sino además aquel que tiene la cantidad de luz adecuada (LEDBOX-news, 2016), es necesario contar con los elementos adecuados para una correcta iluminancia dentro de un centro educativo al poder gestionar la tecnología Led se pueden complementar y fortalecer varios aspectos como confort, productividad y seguridad dando como resultados inmediatos un mejor desenvolvimiento laboral más cómodo y seguro.

El estudio generado en el proyecto permitirá a la UPS-G contar con un nivel eficaz del campo luminoso para trabajadores y alumnos, con el fin de brindar al usuario del establecimiento confort necesario para realizar sus actividades de una manera óptima. Debe acogerse al ente regulador, dicha entidad reguladora de riesgos laborales como lo es el Ministerio de Trabajo nos brinda normas y pautas las cuales son de suma importancia para el desarrollo de este proyecto (J. J., 2013).

Las consecuencias de una mala iluminación del entorno laboral son:

- Disminución de agudeza visual.
- Migraña.
- Pérdida temporal y paulatina de la vista.
- Fatiga.

Dichas dolencias desencadenan efectos a nivel de salud, así como también impactan en la productividad y desempeño de parte de estudiantes y trabajadores. “La iluminación de un lugar es fundamental, no solo en el aspecto económico al momento de hablar de un ambiente confortable, sino por su influencia completa en la salud visual”. (Carrasco, 2017, págs. 3-10)

1.3 Inventario de las partes interesadas

El grupo beneficiado será la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, pues tendrá un referente para cumplir con normas internacionales de iluminación, contando con instalaciones 100% efectivas en cuanto a seguridad y salud ocupacional. Se propone mediante un estudio económico ir cambiando paulatinamente las luminarias convencionales como: fluorescentes, bombillas incandescentes por luminarias Led.

Por otra parte, beneficiará a los autores de este proyecto ya que es requisito primordial para la obtención del título.

1.4 Delimitación

1.4.1 Temporal

El estudio Lumínico se desarrolló en edificio B y Gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil durante un periodo de 4 meses el cual tuvo como punto de inicio 15 de septiembre del 2017.U

1.4.2 Espacial o geográfica

La Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil está ubicada en el barrio Cuba entre las calles Gral. Francisco Robles y Calle 37 SE en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas (Ubicación señalada a continuación Figura 1).



Figura 1: Universidad Politécnica Salesiana

Fecha: 29/09/2017

Fuente: Google Maps

1.4.3 Sectorial

La Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil es una institución perteneciente al sector educativo, fundada 23 de septiembre de 1998. Cuenta con instalaciones propias, aun en crecimiento.

1.4.4 Presentación de la UPS

La Universidad Politécnica Salesiana fue creada el 4 de agosto de 1994, mediante decreto presidencial, el Arquitecto Sixto Duran Ballén da pie de inicio al centro educativo en una época muy crítica desde el punto de vista social y económico. Para el mes de octubre del mismo año se inicia el primer Consejo Universitario y se realiza la posesión del Rector y Vicerrector, la universidad concientiza al pueblo sobre los problemas educativos que afronto el país en dicha época como: ausencia de profesionales integrales, poca vinculación de la universidad con la sociedad entre otros. Actualmente el centro educativo se desarrolla en tres sedes a nivel nacional como lo son: Guayaquil, Quito y Cuenca.

Albergando a miles de estudiantes y ofreciendo carreras confiables y de gran valor al mercado laboral. Lo cual permite denominar como una de las mejores universidades a nivel de Ecuador. (Universidad Politécnica Salesiana, 2018)

1.4.4.1 Estructura organizacional

La estructura organizacional de la Universidad Politécnica Salesiana presenta un esquema vertical véase en Anexo 1.

1.4.4.2 Cultura organizacional

La cultura organizacional cuenta con las siguientes estipulaciones:

- **Misión**

“La Universidad Politécnica Salesiana es una institución de educación superior humanística y politécnica, de inspiración cristiana con carácter católico e índole salesiana; dirigida de manera preferencial a jóvenes de los sectores populares; busca formar "honrados ciudadanos y buenos cristianos", con capacidad académica e investigativa que contribuyan al desarrollo sostenible local y nacional.” (Universidad Politécnica Salesiana, 2018)

- **Visión**

“Es una institución de educación superior de referencia en la búsqueda de la verdad y el desarrollo de la cultura, de la investigación científica y tecnológica; reconocida socialmente por su calidad académica, Responsabilidad Social Universitaria y por su capacidad de incidencia en lo intercultural.” (Universidad Politécnica Salesiana, 2018)

1.5. Formulación del problema

Actualmente la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil cuenta con 5 edificios conformados por: oficinas y aulas de clase en su gran mayoría.

Generando gastos a gran escala, dentro de estos rubros se encuentra la energía eléctrica, ya que es un centro educativo que brinda atención 16 horas de servicio continuas, es necesario la presencia de luminarias que brinden el alumbramiento necesario la misma cantidad de horas e incluso aún más. En su gran mayoría las luminarias utilizadas son: fluorescentes, focos incandescentes, halógenos entre otras luminarias de tipo convencional. Hay muy pocas áreas dentro de los edificios que utilizan bombillas Led, normalmente en las estaciones de trabajo más modernas y recién construidas.

¿Cómo reducir los gastos de planillas de electricidad de la UPS sede Guayaquil por concepto de iluminación? Partiendo como base este inconveniente surgen múltiples alternativas, unas más costosas y modernas que las otras, para efectos de este trabajo de titulación plantearemos el uso de tecnología Led, por su variedad de beneficios en cuanto al ahorro energético y durabilidad en tiempo de vida se convierte en una alternativa ideal.

1.6. Justificación del tema de tesis

La Universidad Politécnica Salesiana se encuentra en un constante crecimiento estructural, debido a la demanda de espacio por parte de los estudiantes y demás colaboradores que año a año se van incorporando al centro educativo de nivel superior. Por ende, se establecerán pautas y recomendaciones para que el personal a cargo del mantenimiento técnico de instalaciones eléctricas en futuras edificaciones que partan desde sus cimientos establezcas criterios de calidad en cuanto a ambientes agradables y confortables referente al confort visual.

Uno de los factores más importantes que promueven esta tesis es el ahorro energético, puesto que el horario de apertura y uso de luminarias abarca más de

16 horas al día, sin contar con las luminarias que forman parte del exterior de cada edificio, que de igual manera son necesarias todo el horario vespertino, nocturno y gran parte de la madrugada. Por consiguiente, este trabajo busca racionalizar el uso de la energía mediante instalaciones con un mayor índice de eficiencia energética.

Lo que en un futuro disminuirá el costo de planillas de energía eléctrica, además de contar con luminarias que proporcione: luz adecuada, durante el tiempo adecuado y en el lugar adecuado.

Claro está que la implementación de tecnología Led genera un costo inicial de varios complementos que se necesitan para llevar este proyecto a flote, pero a su vez estas adherencias duraran más tiempo que la tecnología actual instalada en los edificios. Ya sea por el tiempo de vida mayor o la menor emisión de calor de las luminarias Led. Esta última característica hace a las bombillas tipo Led el futuro de la iluminación, ya que genera un menor impacto térmico ideal para ambientes con aire acondicionado, permitiendo menor desgaste en los equipos de frío.

1.7. Objetivo

1.7.1 Objetivo general

Realizar una auditoría lumínica y proponer mejoras en el sistema de iluminación del edificio B y Gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil (UPS-G).

1.7.2 Objetivos específicos

1. Recopilar datos de iluminancia en interiores y exteriores en el Edificio B y Gimnasio de la UPS-G.
2. Localizar y caracterizar todos los puntos de luz del Edificio B y Gimnasio de la UPS-G (tipo de foco, potencia, altura, etc.)
3. Comparar las condiciones actuales de las luminarias en las instalaciones con normativas nacionales e internacionales acerca de la calidad de la iluminación en centros educativos.
4. Modelar la iluminación de un aula típica de la UPS-G mediante el software de simulación Dialux y comprobar si se cumple la normativa.
5. Estimar el ahorro económico de la sustitución de luminaria tradicional por tecnología LED.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Tecnología Led

Un LED (Light Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor que emite luz cuasi monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica (ANFALUM, 2015)

Simple y sencillamente se puede decir que es un semiconductor al que están unidos mediante dos terminales y que cuando recibe corriente eléctrica se produce el efecto denominado “electroluminiscencia” transformando así esa corriente eléctrica en radiación visible. (Balvis, Bendaña, Michinel, Córdoba, & Paredes, 2015)

2.2 Características de los LED

- Eficacia luminosa cuya evolución los sitúa actualmente en 100 lm/W y la tendencia es seguir creciendo hasta posiblemente alcanzar los 200–230 lm/W en 10 años.
- Alta eficacia de color obtenida en los colores rojo, naranja, amarillo, verde, azul y blanco, incluyendo un funcionamiento cromático.
- Una alta durabilidad que puede darse entre 50.000 y 100.000 horas de uso.
- Una alta compactibilidad de sus materiales produciendo una gran resistencia.
- Mediante los LED se elimina la radiación ultravioleta.
- Se ahorra energía ya que tienen un consumo bajo debido a su mínima potencia instalada.
- Alta rentabilidad económica debido a que tiene una larga vida de funcionamiento y su consumo es bajo. (De la Cruz Castillo, 2015)

2.3 Tiempo de vida de las lámparas LED

En la iluminación de ambientes interiores o exteriores es muy importante identificar las bombillas, en la actualidad se utiliza en un gran porcentaje sin tener conocimientos de su eficiencia o riesgos que presentan, como las fluorescentes en donde su funcionalidad y durabilidad se da mediante gases tóxicos como el mercurio.

La durabilidad de la tecnología LED, es uno de los aspectos positivos que se deben tomar en cuenta al momento de elegir, ya que una bombilla LED oscila entre 30.000 y 50.000 horas de uso aproximadamente, mientras que las lámparas tradicionales tienen menor durabilidad como lo podemos apreciar en la tabla 2, esta menor duración en la vida útil de

las lámparas tradicionales (fluorescentes, incandescentes, etc.) está relacionado con el sobrecalentamiento de estos dispositivos o la calidad fabricante. Los diferentes tipos de luminarias LED han asemejado características de sus antecesores, para poder generar la confianza de los usuarios al momento de elegir, mejorando el consumo del LED como se puede observar a continuación en la Tabla 1 (INSH, 2015).

Tabla 1: *Lúmenes producidos por diferentes bombillas a diferentes potencias*

Lúmenes (lm)	Consumo (W)			
	LEDs	Incandescentes	Halógenos	
50/80	1,3	10	-	-
110/220	3,5	15	10	5
250/440	5	25	20	7
550/650	9	40	35	9
650/800	11	60	50	11
800/1800	15	75	70	18
1600/1800	18	100	100	20
2500/2600	25	150	150	30
2600/2800	30	200	200	40

Fuente: (INSH, 2015)

Tabla 2: *Tiempo de vida (h) de lámparas convencionales.*

Bombilla	Tiempo de vida (h)
Mercurio baja presión	10000
Mercurio alta presión	16000
Sodio baja presión	14000
Sodio alta presión	16000

Fuente: (INSH, 2015)

2.4 Luminosidad

“Es una forma particular y concreta de energía que se desplaza o propaga, no a través de un conductor (como la energía eléctrica o mecánica) sino por medio de radiaciones, es decir, de perturbaciones periódicas del estado electromagnético del espacio; es lo que se conoce como energía radiante” (Cosar, 2015)

La iluminación es una parte esencial para el desenvolvimiento de los puestos de trabajo porque nos permite el acondicionamiento ergonómico.

“El ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las diferentes calidades lumínicas” (INSH, 2015)

Si bien es cierto, una constante variación o un mal rendimiento puede causar fatiga visual, disminución de su eficiencia, mayor probabilidad de que exista un error en sus tareas e incluso algún tipo de accidente que se consideraría como laboral.

2.5 Magnitudes Lumínicas

Las magnitudes fundamentales que se consideran para el estudio de la iluminación en los puestos de trabajo se dan en la Tabla 3.

Tabla 3: *Magnitudes Lumínicas fundamentales.*

Magnitud	Unidad	Símbolo
Flujo Luminoso	Lumen	F
Intensidad Luminosa	Candela	I
Nivel de Iluminación	Lux	E
Luminancia	Candela/m ²	L
Contraste		C

Fuente: (Cosar, 2015)

2.6 Flujo Luminoso

Basados en que la luz es la radiación visible apreciada a través de ojo humano se puede decir que Flujo Luminoso “Es la cantidad de energía, en forma luminosa, emitida por una fuente” (Sanz, 2016).

La relación existente del Flujo Luminoso dado por la lámpara y la potencia eléctrica (vatios) utiliza nos permite obtener el rendimiento luminoso (Ecuación 1) de esa lámpara (Fundamentos Teóricos sobre la iluminación de un aula, 2015).

$$\mu = \frac{F}{W} \quad (1)$$

Donde:

F = Lumen

W = vatios

2.7 Niveles de Luminosidad Permitidos de Acuerdo al Marco Legal Ecuatoriano

Los niveles de luminosidad permisibles garantizan una visibilidad adecuada para el desarrollo de las actividades cotidianas en las diferentes áreas del edificio. En el Ecuador estos niveles están regulados en el decreto ejecutivo 2393, el cual menciona lo siguiente:

Tabla 4: *Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares*

ILUMINACIÓN MÍNIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, salas de máquinas y calderos, ascensores.
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montajes de precisión electrónicos, relojería

Fuente: (Decreto ejecutivo 2393) (INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL)

Pero no es hasta el año de 1945 donde los informes enviados por el IESS inquieta a delegados del estado donde se indica la inmensa cantidad de enfermedades causadas por el ambiente de trabajo (conocida actualmente como enfermedad profesional), estos diferentes períodos que atraviesan las organizaciones creadas a través de los años consolidan las estructuras de la seguridad social, la salud pública y por ende la legislación laboral que incluye temas como la salud en el trabajo y la salud ocupacional de los trabajadores haciendo valer su derecho a la salud en la empresa que labora y haciendo responsable a los empleadores por las distintas causas de accidente dentro de la jornada laboral.

2.8 Intensidad Luminosa

“Cantidad de flujo luminoso emitido por cada uno de los rayos que la fuente emite en una determinada dirección” (IDAE, 2010)

La Intensidad Luminosa (Ecuación 2) de una fuente de luz se da mediante la relación existente del flujo luminoso (Lúmenes) comprendido en un ángulo sólido para lo cual deberá coincidir su eje con la dirección estimada y el valor de ese ángulo (estereorradianes) (ANFALUM, 2015).

$$I = \frac{F}{\omega} \quad (2)$$

Donde:

I = Intensidad Luminosa

F = flujo luminoso

ω = Angulo sólido

Además, existe otra manera de poder medir la intensidad (Ver Figura 2) que se basa en una herramienta llamada Goniofotómetro (Ver Figura 3) (ANFALUM, 2015).



Figura 2: Intensidad Luminosa

Fuente: (Fundamentos Teóricos sobre la iluminación de un aula, 2015)



Figura 3: Goniofotómetro.
Fuente: (ANFALUM, 2015)

2.9 Nivel de Iluminación

También denominado Iluminancia que determina el flujo luminoso absorbido por el área de trabajo o superficie (Figura 4).

Es la relación existente entre el flujo luminoso incidente sobre el área dado en lúmenes y la superficie en m^2 (Ecuación 3) (Correa, 2014) y (IDAE, 2010).

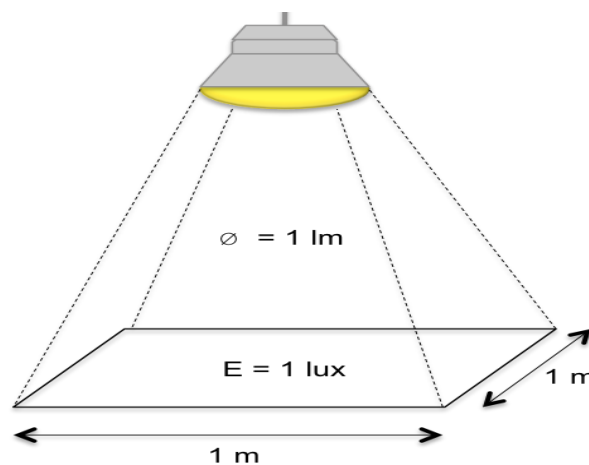


Figura 4: Nivel de iluminación.
Fuente: (IDAE, 2010)

$$E = \frac{F}{S} \quad (3)$$

Donde:

E = Nivel de iluminación

F = Flujo luminoso

S = Superficie

2.10 Luminancia

“Relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.” (Fundamentos Teóricos sobre la iluminación de un aula, 2015) También la podemos definir por unidad de la superficie aparente (Figura 5) generada a través de las fuentes primarias y secundarias.

Se la puede calcular de la multiplicación de la superficie real iluminada (Figura 5) por el coseno del ángulo que forma su normal con la dirección de la intensidad (StreetSMART, 2015) y (ANFALUM, 2015).

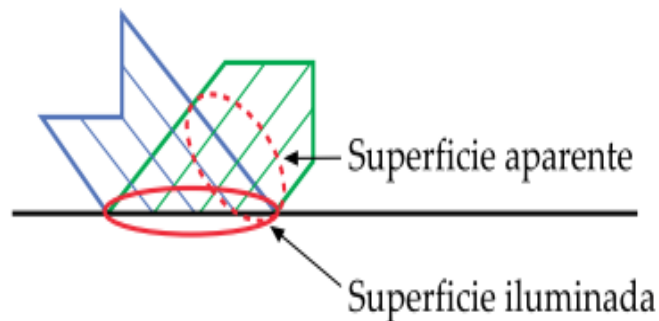


Figura 5: Superficie aparente e iluminada.
Fuente: (ANFALUM, 2015)

2.11 Contraste

Existen dos clases, el que se relaciona con las luminancias (Figura 6) en donde la visión del objeto estará compenetrado con las discrepancias de luminancias entre el objeto y el fondo, en cambio el relacionado con el contraste de color (Figura 7) hace referencia a su composición de colores y que dependiendo de esto será de gran esfuerzo o no, el poder tener una buena visión (Correa, 2014).

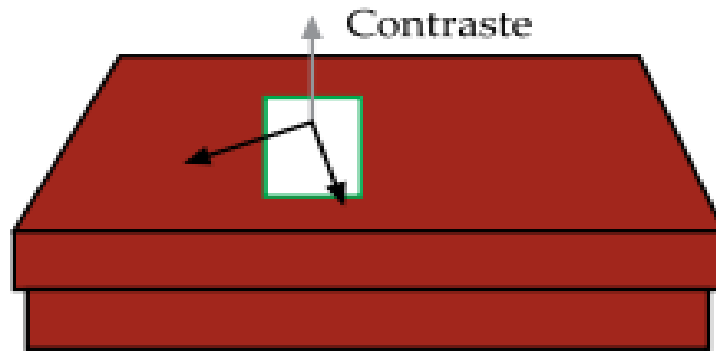


Figura 6: Contraste de luminancias.
Fuente: (StreetSMART, 2015)



Figura 7: Contraste de colores
Fuente: (Correa, 2014)

MARCO METODOLÓGICO

El siguiente trabajo se desarrolla bajo la modalidad descriptiva del campo de acción en este caso el edificio de la UPS. Se visitó cada dependencia de la universidad en busca de las características de las luminarias actuales para formular la auditoria. Se cotejarán los datos mediante simulación para diagnosticar el estado de las luminarias con lo que recomienda las normativas nacionales e internacionales.

3.1 Propuesta de implementación de tecnología Led en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Para el desarrollo del proyecto se tomó en cuenta los siguientes documentos y/o normas que pudieren servir como insumo para el desarrollo del proyecto:

- Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo.
- Norma Europea para iluminación de interiores código 12464.1

Así mismo se necesitan documentos que faciliten el acceso a las instalaciones y son los siguientes:

- Salvoconducto institucional, el que describa el libre acceso a las instalaciones de la UPS-G, dentro de horarios permitidos.
- Planos digitales y físicos del edificio B y el Gimnasio.

3.2 Auditoria lumínica

Para recopilar la información se utilizó dos matrices como se muestra en la Tabla 5 que tiene por objetivo principal describir y cuantificar la luminaria instalada, cota de trabajo, altura y Tabla 6 en la cual se detalla los valores de luminosidad en luxes de los puntos de luz de cada área o sección.

3.3.1. Uso del luxómetro

El uso y manipulación de un luxómetro es sencillo, consta de una foto detectora y un lector en el cual se observa el valor de la medición y también maniobrar las opciones que brinda el dispositivo como se muestra en la Figura 8. (Ecured, 2016)



Figura 8: Luxómetro modelo LM-100
Fuente: Amprobe Electrical Tester

Pasos para tomar muestras de iluminancia:

- En primer lugar, se debe colocar la escala de acuerdo con la intensidad de luz a la cual se valla a exponer.
- Se coloca de forma estable la foto detectora en relación con la cota de trabajo.
- Luego en el lector presionamos la tecla “Hold” para captar el resultado y observarlo en el display.

3.3.2 Uso del Distanciómetro.

El modelo utilizado es laser por lo que facilita su uso y aplicabilidad.

Este consta de una pantalla que nos ilustra el resultado como comando de ON/OFF, Hold, Measure, etc.

Lo único que se debe hacer para tomar una muestra con el Distanciómetro es colocar la base del mismo en el punto de inicio y presionar el botón “Measure” cuando el láser este direccionado hacia nuestro objetivo de medición.

3.3.3 Recolección de datos

3.3.3.1 Descripción y cuantificación de la luminaria instalada

En esta etapa se recolectan los datos de acuerdo a la Figura 8 en donde:

- Puntos de luz es igual a la cantidad de paneles con los que cuentan el área en donde realizaremos la medición y que deberán ir identificados en los planos digitales como se muestra en la Figura 9.
- Luminarias por puntos de luz es igual a la cantidad de luminarias con la que cuenta un panel.
- Potencia es igual al valor en watts por luminaria determinado por el fabricante y que se detalla en la misma.
- Tipo de luminaria es igual a la clasificación que se le da, de acuerdo con su estructura.
- Altura es igual al valor en metros tomados desde el piso hasta la posición que se encuentran los paneles.
- Cota de trabajo es el valor en metros desde el piso hasta el lugar donde necesitamos la iluminación para realizar las actividades.

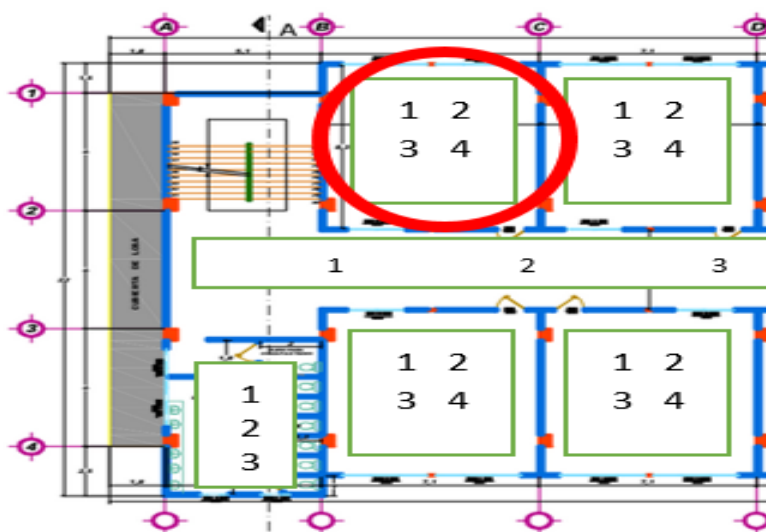


Figura 9: Detalle de los puntos de luz en planos
Fuente: UPS-G

3.3.3.2 Detalle de medición de luminosidad

Se recolectan los datos de acuerdo a la Figura 7 en donde:

- La ubicación está identificada y detalla en los planos, la que identifica cuantas mediciones se va a realizar en el área.
- Se tomó en cuenta que, en áreas de proporciones normales como un aula, laboratorio, oficina, etc. se van a realizar cuatro mediciones estratégicas y que

para áreas mayores se darán proporcionalmente de acuerdo a condiciones normales.

- El valor de mediciones es igual al valor obtenido en luxes de cada muestra y que estratégicamente no se deben tomar debajo del punto de luz ya que esto afectara a nuestro resultado.
- La cota de trabajo es el nivel de altura en donde estamos realizando una actividad específica y que aquí ira la medición con el luxómetro.

3.3.3.3 Medición del Espacio Físico

Para la recolección de datos solamente se utilizan dos datos importantes como la cota de trabajo y la altura total del aula detallados en la Figura 9.

Para la realización de estas mediciones se utilizó un formato detallado en la Tabla 7 el cual es muy importante y primordial para realizar la simulación virtual del área o aula.

Tabla 7: *Formato de mediciones para simulación*

AULA	ALTURA TOTAL	COTA DE TRABAJO	LARGO	ANCHO	DISTANCIA ENTRE PUNTOS

Fuente: Autor

3.4 Dialux y sus beneficios

El programa Dialux desarrollado para el apoyo a los diseños de iluminación de acuerdo a exteriores e interiores, varios son los factores que tiene el programa con el fin de aportar a un diagnóstico para este estudio. Mediante las aplicaciones del programa podemos:

- Calcular la proporción de la luz ascendente
- Calculo de grado del deslumbramiento
- Puntos de cálculo de la intensidad luminosa
- Unificar y abstraer el volumen de los objetos dentro del entorno
- Calcula la distribución de luz en cuanto a radiación espectral

- Se puede seleccionar las luminarias deseadas de un catálogo que viene en DIALux donde cuenta con una sección que a continuación detallamos:
 - Información técnica de las luminarias como:
 - Flujo luminoso
 - Consumo de energía
 - Voltaje, etc.
 - Para las lámparas reflectabas una curva de distribución luminosa
 - Como dar un correcto mantenimiento a las luminarias
 - Información del fabricante, así como contacto directo
 - Recrear en su totalidad el área a simular poner muebles, ventanas, columnas, etc.
 - Diagrama de mejoramiento para luminarias actuales
 - Para las luminarias que no se encuentren en la base de datos por motivo de discontinuidad se puede utilizar lámparas estándares. (POV-Team, 2007)

3.5 Simulación en Dialux

1. Primero abrimos el programa, en donde aparecerá una pantalla principal como la Figura 10 con seis opciones y que se elige la de “Nuevo proyecto interior”.



Figura 10: Ingreso a Dialux.

Fuente: Dialux 4.12

2. Ya elegida esta opción, aparecerá el plano de trabajo en perspectiva “Planta” y a lado izquierdo tendremos la opción de modificar los tres parámetros del plano

como la Figura 11 que son: largo, ancho y altura.

3.

Editor de locales

Dimensiones del paralelepípedo externo

Longitud: m Anchura: m

Altura: m Coord. de superficie
 Coord. mundiales

	x	y	l
1	0.000	-0.000	8.280
2	8.280	0.000	6.860
3	8.280	6.860	8.280
4	0.000	6.860	6.860
--->			

Figura 11: Editor de dimensiones
Fuente: Dialux 4.12

4. El siguiente paso es colocar el valor de la cota de trabajo que en el programa se denomina "Plano útil".
5. Luego de haber aceptado los datos de las dimensiones de la figura anterior, en la parte inferior izquierda aparecerá una ventana igual a la Figura 12 y dentro de esta se abre la pestaña "Local 1" y podremos observar la opción de plano útil plasmada en la Figura 13.

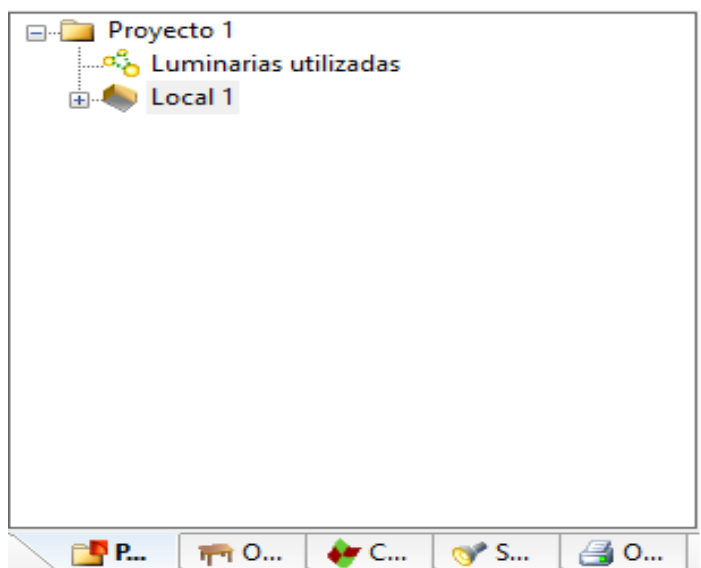


Figura 12: Ventana creación Proyecto
Fuente: Dialux 4.12

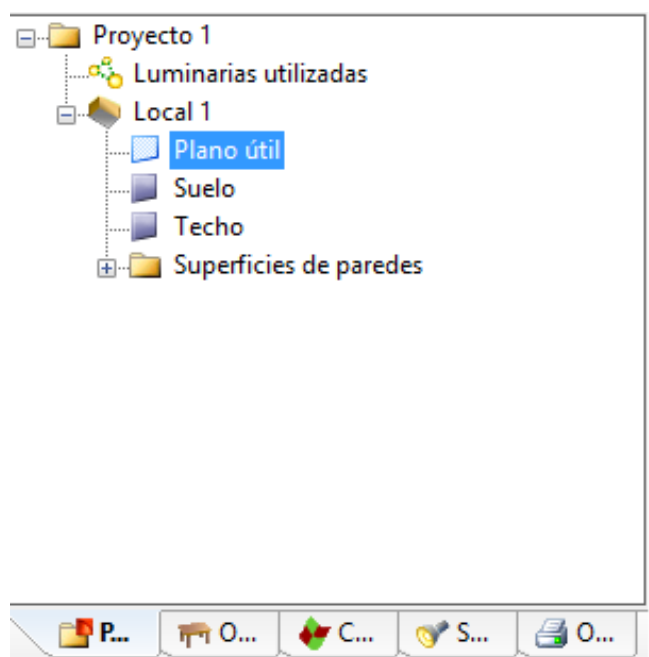


Figura 13: Identificación de Plano útil
Fuente: Dialux 4.12

6. Ingresando en la opción podremos colocar el valor de la altura del plano útil dado en la Figura 14.

Nombre

Nombre: Plano útil

Altura: 0.770 m

Zona marginal: 0.000 m

Figura 14: Ingreso valor de plano útil
Fuente: Dialux 4.12

7. El próximo paso es elegir el tipo de luminaria que cuenta cada una de las aulas de acuerdo con las características obtenidas en el levantamiento de información y toma de datos.
8. Al estar seguros del tipo de luminaria nos dirigimos a la pestaña “Selección de luminarias” que se encuentra en la parte superior de la ventana como se muestra en la Figura 15.

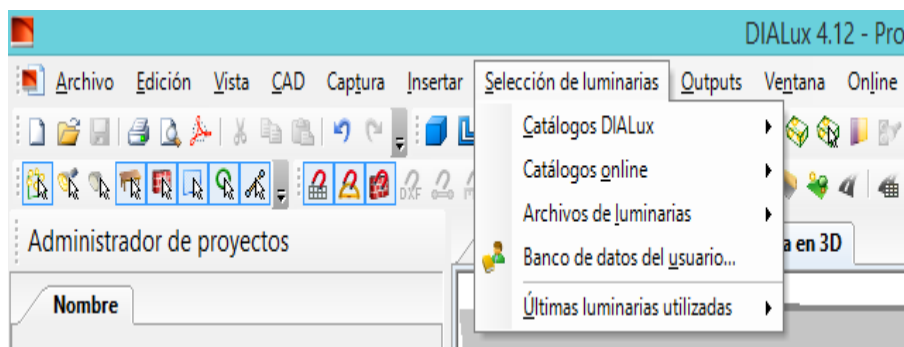


Figura 15: Pestaña “Selección de luminarias”
Fuente: Dialux 4.12

9. Estando en esa pestaña nos dirigimos a la opción “Catálogos Dialux” en donde se presenta toda la gama de marcas y cada una de ella con sus respectivos modelos como la Figura 16 y 17, se elegirá cada luminaria de acuerdo a las tablas que presentan las características de las áreas.

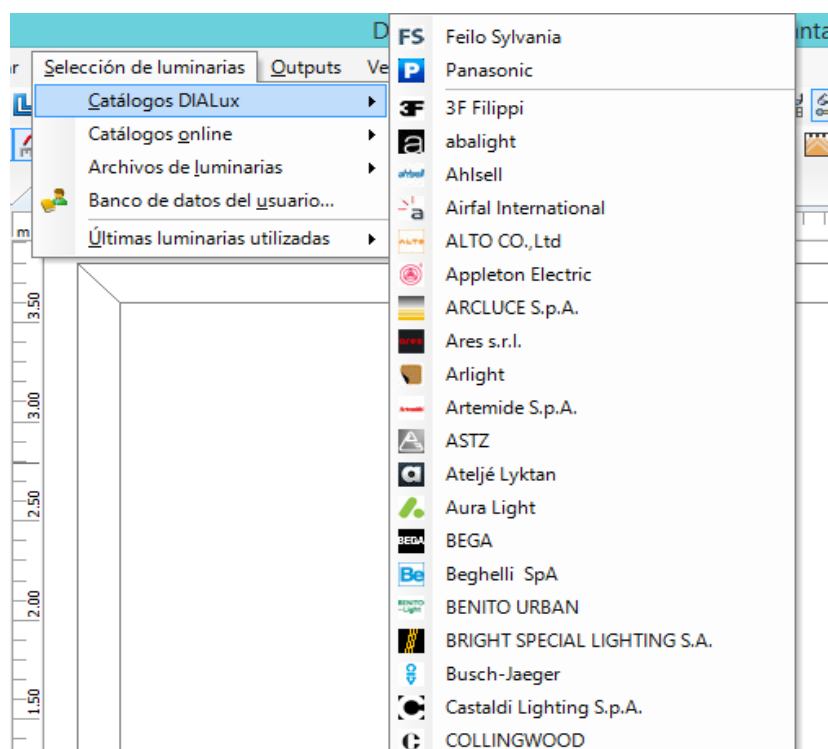


Figura 16: Catálogo de luminarias
Fuente: Dialux 4.12

www.feilosylvania.com

FEILO SYLVANIA

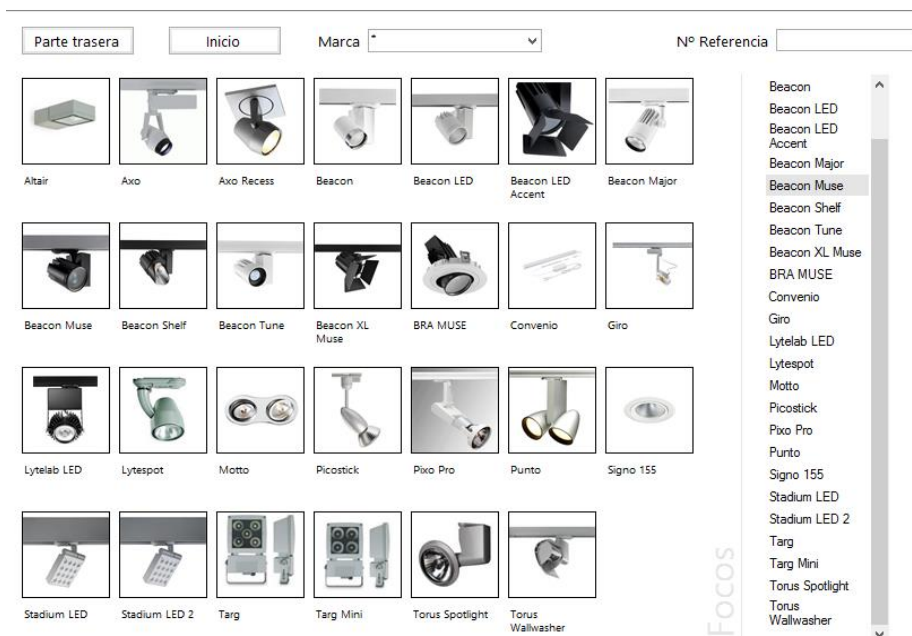


Figura 17: Modelos de luminaria
Fuente: Dialux 4.12

10. Abriendo elegido correctamente la iluminaria, se presentará en el plano la representación gráfica y que para añadir iluminaria del mismo tipo solo se

copia y pega la misma representación.

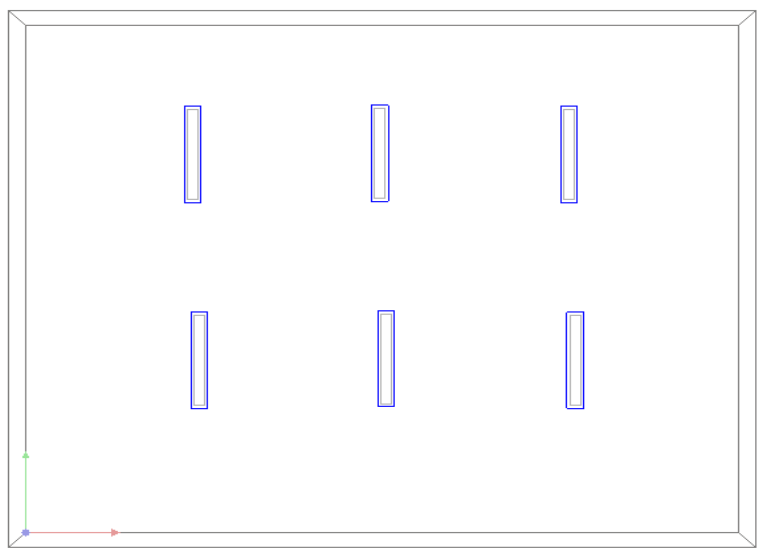


Figura 18: Distribución de luminarias

Fuente: Dialux 4.12

11. Para tener una simulación más real, existe modelos de objetos comunes que se pueden encontrar dentro de un aula. Estos objetos se encuentran en la pestaña “objetos” ubicada en la parte inferior izquierda de la ventana mostrada en la Figura 19.

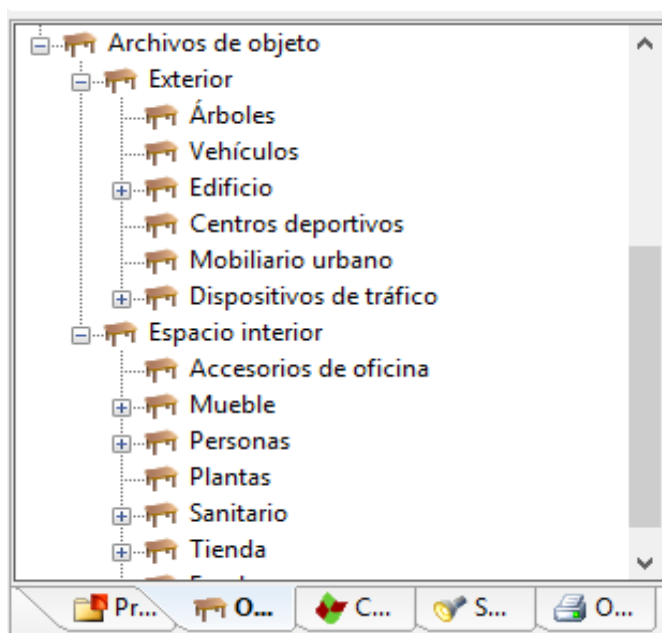


Figura 19: Pestaña de selección de objetos

Fuente: Dialux 4.12

12. Aquí se pueden encontrar objetos de espacios interiores como de exteriores. Una vez seleccionado el objeto dando un solo clic en donde me aparece la opción de ubicar mi objeto de acuerdo con las coordenadas al punto de origen y las dimensiones de largo ancho y altura detallas en la Figura 20, además de estas opciones el usuario puede añadir la textura o color del objeto para efectos estéticos.

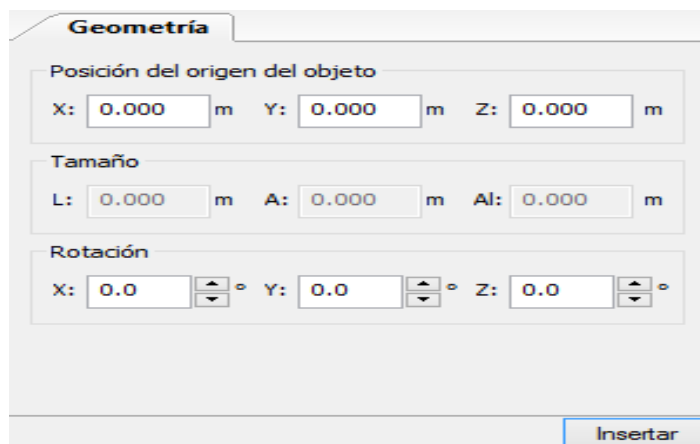


Figura 20: Descripción geométrica del objeto
Fuente: Dialux 4.12

13. Luego de haber colocado todos los datos necesarios e importantes que se considera, se da clic en insertar para tener el objeto dentro del plano como se muestra en la Figura 21.



Figura 21: Diseño de objetos de interior
Fuente: Dialux 4.12

14. Aquí podemos crear restricciones como los luxes necesarios que se requiere disponer en la cota de trabajo, tipo de montaje, flujo luminoso, potencia, entre otras opciones. El iniciar el cálculo es una de las partes finales y más

importantes porque mediante esta opción podemos observar los resultados lumínicos a través de gráficos 3D, representación de colores, isolíneas y hacer las respectivas comparaciones con el proyecto, determinar su cumplimiento en base a marco legal aplicado. Para un mejor detalle en la simulación se pueden tomar mediciones de ventanas, puertas, pupitres, escritorios, pizarra, etc. ya que el simulador cuenta con todo tipo de accesorios.

Para realizar el cálculo nos dirigimos a la pestaña superior denominada “Outputs” y que dentro de esta se encuentra la opción de Iniciar Calculo Figura 22.

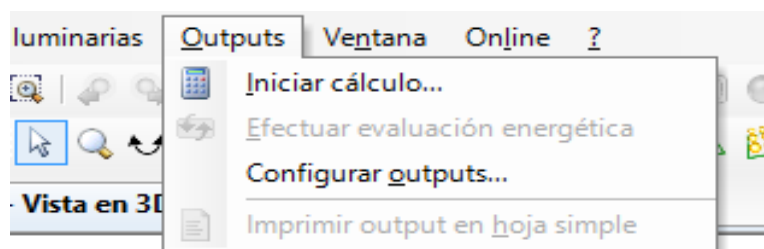


Figura 22: Iniciar Cálculo

Fuente: Dialux 4.12

15. En la Figura 23 podemos observar las opciones que presenta como: la escena que vamos a calcular y también uno de los dos tipos de calculo que bien puede ser un cálculo estándar o un cálculo muy exacto teniendo como diferencia el grado de exactitud y su tiempo de demora.

Seleccionar escenas

Escenas a calcular:

Escena	Incluir objetos	Calcular también luminarias	Calcular de forma simplificada los objetos d...
<input checked="" type="checkbox"/> Local 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Todos	<input checked="" type="checkbox"/> Todos	<input type="checkbox"/> Todos	<input checked="" type="checkbox"/> Todos

Opciones de cálculo

Estándar (cálculo recomendado)

Muy exacto (largos tiempos de cálculo)

Figura 23: Selección de escenas y opciones de cálculo

Fuente: Dialux 4.12

16. El siguiente paso presentado en la Figura 24 es la realización del cálculo para la aplicación de resultados, este proceso se da de manera automática.

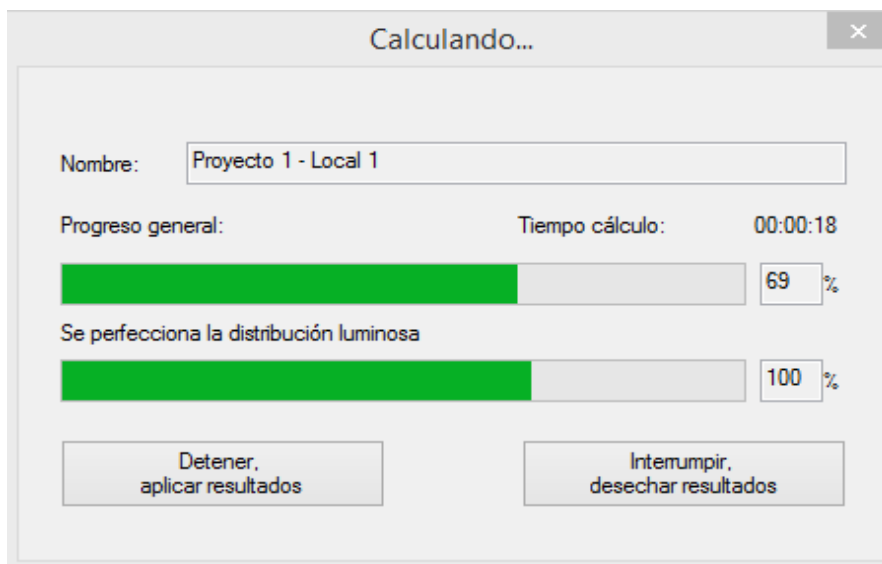


Figura 24: Calculo para aplicación de resultados

Fuente: Dialux 4.12

17. Completado el proceso de cálculo se presentará en la pantalla un gráfico en 3D en el cual se observa la simulación como la Figura 25.



Figura 25: Representación 3D de simulación

Fuente: Dialux 4.12

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En este capítulo se presentará y analizarán los resultados del proyecto mediante una investigación de campo y descriptiva, pudiendo determinar las condiciones y características de la iluminaria que se encuentra instalada en la actualidad.

Mediante la recopilación de datos se creará la simulación en el software Dialux que servirá para la verificación y validez de los datos recolectados, además se obtendrá la simulación en base a las luminarias LED para el proceso de mejora.

4.1 Recolección de datos de iluminancia

Para la recolección de los datos de iluminancia de las instalaciones del Edificio B así como del Gimnasio de la Sede, se toman en cuenta las dimensiones de las instalaciones, características de las luminarias instaladas y algo muy importante que son las mediciones de luz que para mayor confiabilidad de los datos se los realizó en jornadas nocturnas debido a que en jornadas diurnas se tiene la intervención de la luz natural.

Para la medición de la iluminancia se utilizaron dos fluxómetros marca AMPROBE modelo LM100, con precisión de $\pm 5\%$ + 10 dígitos, propiedad de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

Para la presentación de los datos de iluminancia medidos fue utilizado el formato de la sección 3.3 de este trabajo teniendo en consideración un código alfanumérico con las siguientes especificaciones:

B01-AULA-1

B: denominación del edificio

01: número de piso o nivel del edificio

AULA: tipo de instalación

1: el número de la instalación

Es importante determinar en donde se va a realizar la toma de muestra ya que no es aconsejable realizar la toma de datos precisamente debajo del punto de luz debido a que en ese punto se concentrará la mayor cantidad de luxes, teniendo como resultado datos no confiables. Por estas razones las mediciones se realizaron entre puntos de luz.

A continuación, se presentan la Tablas 8, 9 y 10 con los datos de iluminancia (expresados en luxes) medidos en cada una de las aulas y pasillos de cada planta o nivel del Edificio B. En el caso de las aulas, la iluminancia fue medida en cinco puntos, denominados como M1, M2, M3, M4 y M5.

Tabla 8: *Medición en Luxes al Edificio B Planta baja y primer piso*

PLANTA BAJA		PRIMER PISO	
UBICACIÓN	MEDICION (LUX)	UBICACIÓN	MEDICION (LUX)
B01-AULA-1-M1	171,4	B02-AULA-1-M1	140
B01-AULA-1-M2	194	B02-AULA-1-M2	199
B01-AULA-1-M3	200	B02-AULA-1-M3	130
B01-AULA-1-M4	213	B02-AULA-1-M4	144
B01-AULA-1-M5	181	B02-AULA-1-M5	140
B01-AULA-2-M1	216	B02-AULA-2-M1	120
B01-AULA-2-M2	153	B02-AULA-2-M2	107
B01-AULA-2-M3	190	B02-AULA-2-M3	129
B01-AULA-2-M4	233	B02-AULA-2-M4	120
B01-AULA-2-M5	211	B02-AULA-2-M5	136
B01-AULA-3-M1	239	B02-AULA-3-M1	135
B01-AULA-3-M2	224	B02-AULA-3-M2	150
B01-AULA-3-M3	154	B02-AULA-3-M3	137
B01-AULA-3-M4	210	B02-AULA-3-M4	144
B01-AULA-3-M5	212	B02-AULA-3-M5	90
B01-AULA-4-M1	230	B02-AULA-4-M1	125,4
B01-AULA-4-M2	193	B02-AULA-4-M2	149
B01-AULA-4-M3	116	B02-AULA-4-M3	157
B01-AULA-4-M4	165	B02-AULA-4-M4	151
B01-AULA-4-M5	194	B02-AULA-4-M5	172
B01-AULA-5-M1	235	B02-AULA-5-M1	156,8
B01-AULA-5-M2	247	B02-AULA-5-M2	194,5
B01-AULA-5-M3	235	B02-AULA-5-M3	142,3
B01-AULA-5-M4	237	B02-AULA-5-M4	136
B01-AULA-5-M5	217	B02-AULA-5-M5	160
B01-AULA-6-M1	166,3	B02-AULA-6-M1	1334
B01-AULA-6-M2	198,8	B02-AULA-6-M2	151
B01-AULA-6-M3	148,9	B02-AULA-6-M3	126
B01-AULA-6-M4	131	B02-AULA-6-M4	119
B01-AULA-6-M5	180,8	B02-AULA-6-M5	141
B01-AULA-7-M1	189	B02-AULA-7-M1	182
B01-AULA-7-M2	146	B02-AULA-7-M2	132
B01-AULA-7-M3	187	B02-AULA-7-M3	117
B01-AULA-7-M4	181	B02-AULA-7-M4	135
B01-AULA-7-M5	165	B02-AULA-7-M5	177
B01-AULA-8-M1	185	B02-AULA-8-M1	170
B01-AULA-8-M2	178	B02-AULA-8-M2	90
B01-AULA-8-M3	185	B02-AULA-8-M3	173

B01-AULA-8-M4	180	B02-AULA-8-M4	95
B01-AULA-8-M5	170	B02-AULA-8-M5	225
B01-AULA-9-M1	190	B02-AULA-9-M1	37,5
B01-AULA-9-M2	185	B02-AULA-9-M2	68,7
B01-AULA-9-M3	190	B02-AULA-9-M3	106
B01-AULA-9-M4	178	B02-AULA-9-M4	80
B01-AULA-9-M5	186	B02-AULA-9-M5	73
B01-AULA-10-M1	219	B02-AULA-10-M1	150
B01-AULA-10-M2	230	B02-AULA-10-M2	80
B01-AULA-10-M3	190	B02-AULA-10-M3	167
B01-AULA-10-M4	202	B02-AULA-10-M4	96
B01-AULA-10-M5	180	B02-AULA-10-M5	120
B01-AULA-11-M1	180	B02-AULA-11-M1	126
B01-AULA-11-M2	210	B02-AULA-11-M2	132
B01-AULA-11-M3	200	B02-AULA-11-M3	193
B01-AULA-11-M4	170	B02-AULA-11-M4	102
B01-AULA-11-M5	190	B02-AULA-11-M5	76
B01-AULA-12-M1	11	B02-AULA-12-M1	135
B01-AULA-12-M2	232	B02-AULA-12-M2	110
B01-AULA-12-M3	195	B02-AULA-12-M3	156
B01-AULA-12-M4	165	B02-AULA-12-M4	118
B01-AULA-12-M5	188	B02-AULA-12-M5	161
B01-PASILLO-M1	148	B02-AULA-13-M1	118
B01-PASILLO-M2	113	B02-AULA-13-M2	131
B01-PASILLO-M3	142	B02-AULA-13-M3	100
B01-PASILLO-M4	60	B02-AULA-13-M4	102
B01-PASILLO-M5	62	B02-AULA-13-M5	122
B01-PASILLO-M6	45	B02-AULA-14-M1	228
B01-PASILLO-M7	41	B02-AULA-14-M2	203
B01-PASILLO-M8	81	B02-AULA-14-M3	207
B01-PASILLO-M9	39	B02-AULA-14-M4	222
B01-PASILLO-M10	40	B02-AULA-14-M5	158
B01-PASILLO-M11	47	B02-PASILLO-M1	85
B01-PASILLO-M12	32	B02-PASILLO-M2	81
B01-PASILLO-M13	52	B02-PASILLO-M3	80
B01-PASILLO-M14	139	B02-PASILLO-M4	60
B01-PASILLO-M15	108	B02-PASILLO-M5	42
B01-PASILLO-M16	98	B02-PASILLO-M6	45
B01-PASILLO-M17	77	B02-PASILLO-M7	33
B01-SALA-DE- PROFESORES-M1	195	B02-PASILLO-M8	28
B01-SALA-DE- PROFESORES-M2	141	B02-PASILLO-M9	47

B01-SALA-DE-PROFESORES-M3	170	B02-PASILLO-M10	48
B01-SALA-DE-PROFESORES-M4	144	B02-PASILLO-M11	66
B01-SALA-DE-PROFESORES-M5	169	B02-PASILLO-M12	77
		B02-PASILLO-M13	115
		B02-PASILLO-M14	80

Fuente: Los Autores

Tabla 9: *Medición en Luxes al Edificio B segundo piso y tercer piso*

SEGUNDO PISO		TERCER PISO	
UBICACIÓN	MEDICION (LUX)	UBICACIÓN	MEDICION (LUX)
B03-AULA-1-M1	150	B04-AULA-1-M1	150
B03-AULA-1-M2	145	B04-AULA-1-M2	160
B03-AULA-1-M3	135	B04-AULA-1-M3	175
B03-AULA-1-M4	165	B04-AULA-1-M4	140
B03-AULA-1-M5	170	B04-AULA-1-M5	169
B03-AULA-2-M1	200	B04-AULA-2-M1	85
B03-AULA-2-M2	190	B04-AULA-2-M2	80
B03-AULA-2-M3	170	B04-AULA-2-M3	40
B03-AULA-2-M4	190	B04-AULA-2-M4	81
B03-AULA-2-M5	200	B04-AULA-2-M5	100
B03-AULA-3-M1	160	B04-AULA-3-M1	110
B03-AULA-3-M2	175	B04-AULA-3-M2	72
B03-AULA-3-M3	180	B04-AULA-3-M3	120
B03-AULA-3-M4	170	B04-AULA-3-M4	82
B03-AULA-3-M5	180	B04-AULA-3-M5	120
B03-AULA-4-M1	160	B04-AULA-4-M1	200
B03-AULA-4-M2	190	B04-AULA-4-M2	189
B03-AULA-4-M3	150	B04-AULA-4-M3	208
B03-AULA-4-M4	200	B04-AULA-4-M4	170
B03-AULA-4-M5	180	B04-AULA-4-M5	160
B03-AULA-5-M1	100	B04-AULA-5-M1	190
B03-AULA-5-M2	110	B04-AULA-5-M2	167
B03-AULA-5-M3	125	B04-AULA-5-M3	156
B03-AULA-5-M4	135	B04-AULA-5-M4	200
B03-AULA-5-M5	130	B04-AULA-5-M5	209
B03-AULA-6-M1	132	B04-AULA-6-M1	190
B03-AULA-6-M2	165	B04-AULA-6-M2	167

B03-AULA-6-M3	190	B04-AULA-6-M3	145
B03-AULA-6-M4	190	B04-AULA-6-M4	134
B03-AULA-6-M5	130	B04-AULA-6-M5	201
B03-AULA-7-M1	128	B04-AULA-7-M1	156
B03-AULA-7-M2	140	B04-AULA-7-M2	178
B03-AULA-7-M3	130	B04-AULA-7-M3	145
B03-AULA-7-M4	150	B04-AULA-7-M4	200
B03-AULA-7-M5	130	B04-AULA-7-M5	145
B03-AULA-8-M1	125	B04-AULA-8-M1	123
B03-AULA-8-M2	150	B04-AULA-8-M2	173
B03-AULA-8-M3	140	B04-AULA-8-M3	167
B03-AULA-8-M4	130	B04-AULA-8-M4	187
B03-AULA-8-M5	130	B04-AULA-8-M5	109
B03-AULA-9-M1	140	B04-AULA-9-M1	156
B03-AULA-9-M2	175	B04-AULA-9-M2	165
B03-AULA-9-M3	150	B04-AULA-9-M3	145
B03-AULA-9-M4	180	B04-AULA-9-M4	200
B03-AULA-9-M5	130	B04-AULA-9-M5	156
B03-AULA-10-M1	32	B04-AULA-10-M1	134
B03-AULA-10-M2	103	B04-AULA-10-M2	198
B03-AULA-10-M3	40	B04-AULA-10-M3	100
B03-AULA-10-M4	103	B04-AULA-10-M4	145
B03-AULA-10-M5	83	B04-AULA-10-M5	79
B03-AULA-11-M1	140	B04-AULA-11-M1	189
B03-AULA-11-M2	135	B04-AULA-11-M2	65
B03-AULA-11-M3	145	B04-AULA-11-M3	198
B03-AULA-11-M4	160	B04-AULA-11-M4	198
B03-AULA-11-M5	175	B04-AULA-11-M5	200
B03-AULA-12-M1	200	B04-AULA-12-M1	54
B03-AULA-12-M2	180	B04-AULA-12-M2	180
B03-AULA-12-M3	170	B04-AULA-12-M3	190
B03-AULA-12-M4	180	B04-AULA-12-M4	201
B03-AULA-12-M5	190	B04-AULA-12-M5	84
B03-AULA-13-M1	200	B04-AULA-13-M1	109
B03-AULA-13-M2	180	B04-AULA-13-M2	189
B03-AULA-13-M3	210	B04-AULA-13-M3	156
B03-AULA-13-M4	180	B04-AULA-13-M4	81
B03-AULA-13-M5	130	B04-AULA-13-M5	190
B03-AULA-14-M1	190	B04-AULA-14-M1	206
B03-AULA-14-M2	175	B04-AULA-14-M2	65
B03-AULA-14-M3	140	B04-AULA-14-M3	108
B03-AULA-14-M4	180	B04-AULA-14-M4	190
B03-AULA-14-M5	200	B04-AULA-14-M5	154

B03-PASILLO-M1	80	B04-PASILLO-M1	80
B03-PASILLO-M2	93	B04-PASILLO-M2	87
B03-PASILLO-M3	84	B04-PASILLO-M3	90
B03-PASILLO-M4	65	B04-PASILLO-M4	50
B03-PASILLO-M5	26	B04-PASILLO-M5	67
B03-PASILLO-M6	24	B04-PASILLO-M6	59
B03-PASILLO-M7	35	B04-PASILLO-M7	40
B03-PASILLO-M8	33,5	B04-PASILLO-M8	39
B03-PASILLO-M9	2,3	B04-PASILLO-M9	29
B03-PASILLO-M10	0,76	B04-PASILLO-M10	80
B03-PASILLO-M11	44	B04-PASILLO-M11	67
B03-PASILLO-M12	70	B04-PASILLO-M12	28
B03-PASILLO-M13	86	B04-PASILLO-M13	190
B03-PASILLO-M14	86	B04-PASILLO-M14	110

Fuente: Los Autores

Tabla 10: *Medición en Luxes al Edificio B Cuarto piso y baños*

CUARTO PISO		BAÑOS	
UBICACIÓN	MEDICION (LUX)	UBICACIÓN	MEDICION (LUX)
B01-BAÑO-A-M1	188	B01-BAÑO-A-M1	188
B01-BAÑO-A-M2	197	B01-BAÑO-A-M2	197
B01-BAÑO-A-M3	134	B01-BAÑO-A-M3	134
B01-BAÑO-B-M1	130	B01-BAÑO-B-M1	130
B01-BAÑO-B-M2	185	B01-BAÑO-B-M2	185
B01-BAÑO-B-M3	145	B01-BAÑO-B-M3	145
B02-BAÑO-C-M1	138	B02-BAÑO-C-M1	138
B02-BAÑO-C-M2	187	B02-BAÑO-C-M2	187
B02-BAÑO-C-M3	77	B02-BAÑO-C-M3	77
B02-BAÑO-C-M4	80	B02-BAÑO-C-M4	80
B02-BAÑO-D-M1	151	B02-BAÑO-D-M1	151
B02-BAÑO-D-M2	230	B02-BAÑO-D-M2	230
B02-BAÑO-D-M3	228	B02-BAÑO-D-M3	228
B02-BAÑO-D-M4	165	B02-BAÑO-D-M4	165
B03-BAÑO-E-M1	206	B03-BAÑO-E-M1	206

B03-BAÑO-E-M2	160	B03-BAÑO-E-M2	160
B03-BAÑO-E-M3	175	B03-BAÑO-E-M3	175
B03-BAÑO-E-M4	75	B03-BAÑO-E-M4	75
B03-BAÑO-F-M1	191	B03-BAÑO-F-M1	191
B03-BAÑO-F-M2	189	B03-BAÑO-F-M2	189
B03-BAÑO-F-M3	131	B03-BAÑO-F-M3	131
B03-BAÑO-F-M4	65	B03-BAÑO-F-M4	65
B04-BAÑO-G-M1	200	B04-BAÑO-G-M1	200
B04-BAÑO-G-M2	280	B04-BAÑO-G-M2	280
B04-BAÑO-G-M3	290	B04-BAÑO-G-M3	290
B04-BAÑO-G-M4	70	B04-BAÑO-G-M4	70
B04-BAÑO-H-M1	189	B04-BAÑO-H-M1	189
B04-BAÑO-H-M2	200	B04-BAÑO-H-M2	200
B04-BAÑO-H-M3	40	B04-BAÑO-H-M3	40
B04-BAÑO-H-M4	50	B04-BAÑO-H-M4	50

Fuente: Los Autores

Tabla 11 *Medición en Luxes del Gimnasio y baños*

UBICACIÓN	MEDICION (LUX)
GYM-M1	9
GYM-M2	94
GYM-M3	71
GYM-M4	86
GYM-M5	60
GYM-M6	130
GYM-M7	168
GYM-M8	103
GYM-M9	88
GYM-M10	135
GYM-M11	94
GYM-M12	25
GYM-M13	28
BAÑO-HOMBRE-P2-M1	190
BAÑO-HOMBRE-P2-M2	187
BAÑO-HOMBRE-P3-M1	200
BAÑO-MUJERES-P2-M1	180
BAÑO-MUJERES-P2-M2	190
BAÑO-MUJERES-P3-M1	198
CUARTO-1-P2-M1	190
CUARTO-1-P2-M2	178
CUARTO-2-P2-M1	210
CUARTO-2-P2-M2	179

Fuente: Los Autores

4.2 Caracterización de puntos de luz

Al momento de realizar auditoria lumínica se pudo constatar varios cursos con muy poca iluminación, además el color de pintura de las paredes era opaco, por ende, se refleja un índice bajo en cuanto a luxes. Además, varios factores como:

- Ventanas con vistas al exterior sin cortinas
- Puntos de luz con luminarias quemadas o faltantes
- Mala distribución en puntos de luz
- Puntos de luz insuficientes para el área necesaria
- Luminarias no adecuadas para ciertas aulas y laboratorios
- Laboratorios con máquinas grandes que obstruían la luminosidad

La identificación y clasificación de la luminaria se determinó en base a áreas que son: aulas, pasillos, baños, laboratorios, sótano y gimnasio como se muestran en las Tablas de la 11 a la 16 respectivamente en donde se especifica el nombre, tipo de luminaria, cantidad y potencia:

Tabla 12: Identificación y clasificación de luminaria en área de aulas

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
B01-AULA-1-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-2-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-3-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-4-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-5-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-6-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-7-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-8-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-9-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-10-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-11-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-AULA-12-P1	Fluorescente	32	6	2
B01-SALA-DE-PROFESORES-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-1-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-2-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-3-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-4-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-5-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-6-P1	Fluorescente	32	6	2

B02-AULA-7-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-8-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-9-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-10-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-11-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-12-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-13-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-AULA-14-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-1-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-2-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-3-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-4-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-5-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-6-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-7-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-8-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-9-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-10-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-11-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-12-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-13-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-AULA-14-P1	Fluorescente	32	6	2

Fuente: Los Autores

Tabla 13: *Identificación y clasificación de luminaria en área de pasillos*

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
B01-PASILLO-P1	Fluorescente	32	22	2
B02-PASILLO-P1	Fluorescente	32	22	2
B03-PASILLO-P1	Fluorescente	32	22	2
B04-PASILLO-P1	Fluorescente	32	22	2

Fuente: Los Autores

Tabla 14: *Identificación y clasificación de luminaria en área de baños*

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
B01-BAÑO-A-P1	Fluorescente	32	5	2
B01-BAÑO-B-P1	Fluorescente	32	5	2

B02-BAÑO-C-P1	Fluorescente	32	6	2
B02-BAÑO-D-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-BAÑO-E-P1	Fluorescente	32	6	2
B03-BAÑO-F-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-BAÑO-G-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-BAÑO-H-P1	Fluorescente	32	6	2

Fuente: Los Autores

Tabla 15: *Identificación y clasificación de luminaria en área de laboratorios*

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
B04-AULA-1-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-2-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-3-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-4-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-5-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-6-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-7-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-8-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-9-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-10-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-11-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-12-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-13-P1	Fluorescente	32	6	2
B04-AULA-14-P1	Fluorescente	32	6	2

Fuente: Los Autores

Tabla 16: *Identificación y clasificación de luminaria en área de sótano*

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
B00-SOTANO-P1	Fluorescente	32	27	2

Fuente: Los Autores

Tabla 17: Identificación y clasificación de luminaria en área de gimnasio

ÁREA O SECCIÓN	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA (W)	PUNTOS DE LUZ	LUMINARIAS POR PUNTOS DE LUZ
GYM-P1	Metal halide	250	6	1
GYM-P2	Reflectores	100	4	1
BAÑO-HOMBRE-P2	Fluorescente	32	3	3
BAÑO-HOMBRE-P3	Fluorescente	17	1	3
BAÑO-MUJER-P2	Fluorescente	32	3	3
BAÑO-MUJER-P3	Fluorescente	17	1	3
CUARTO-1-P2	Fluorescente	32	2	3
CUARTO-2-P2	Fluorescente	32	2	3

Fuente: Los Autores

4.3 Modelado y simulación de un aula típica y sótano del Edificio B

El modelado y simulación de un aula típica del Edificio B, así como de su sótano se realizaron en el software Dialux versión 4.12. Mediante la recolección de datos que se obtuvieron en el punto 4.1 se tomó en cuenta las tablas de luminarias instaladas y la de datos dimensionales para ingresar todos los parámetros que Dialux solicita como datos de entrada y que se detallan paso a paso en el punto 3.4 del capítulo 3.

En el modelado se tomó en cuenta todos los objetos que existen en el aula típica (ventanas, pizarra, mesas, sillas, etc.) y en el sótano (columnas, escaleras y ventanas).

La consideración de estos elementos en la simulación es importante para la comparación posterior de la situación ideal con la situación actual.

Un modelo de aula típica y del sótano del edificio en vista isométrica realizado mediante el software Dialux por los autores de este trabajo puede observarse en las Figura 26 y 27, respectivamente.



Figura 26: Representación de un aula típica del Edificio B.
Fuente: Elaboración propia con el uso de Dialux 4.12.

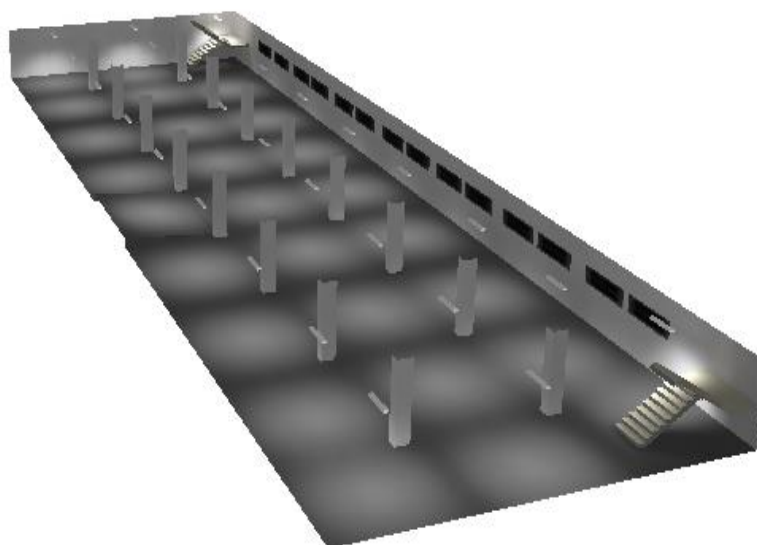


Figura 27: Representación del sótano del Edificio B.

Fuente: Elaboración propia con el uso de Dialux 4.12.

Realizando un análisis comparativo de los puntos de acuerdo con la simulación (situación ideal) y tomas de datos de iluminancia (situación real) se encontró una variación de ± 7 luxes, que son rangos aceptables, los mismos que pueden variar de acuerdo con las condiciones de la luminaria instalada ya que en algunos casos supera los rangos porque ciertos tubos fluorescentes de las luminarias se encuentran quemados. Esto significa que la recolección de datos es confiable debido a la variación existente los cuales permiten tener datos próximos a la realidad y poder determinar que los valores obtenidos cumplen con el Decreto 2393 rige en nuestro país, de igual manera el incumplimiento con la Normativa UNE 12464.1.

4.4 Cumplimiento de estándares nacionales e internacionales

4.4.1 Estándares nacionales

Esta sección presenta un análisis en cuanto a estándares que varían de acuerdo al tipo de instalaciones y las actividades dentro de las mismas para garantizar su cumplimiento, seguridad del usuario y de los trabajadores mediante una buena calidad de iluminación.

En la normativa nacional, específicamente el artículo 56 del “Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo”, versa sobre la iluminación y los niveles mínimos que deben garantizarse en los lugares de trabajo según la actividad que se realice en ellos de una forma generalizada. Tales especificaciones se presentan en la Tabla 17.

Tabla 18: *Iluminación mínima según actividad*

ILUMINACION MINIMA	ACTIVIDADES
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso.
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos.
100 luxes	Cuando sea necesaria una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro, y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, sala de máquinas y calderos, ascensores
200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles tales como, trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en los que sea necesario una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en los que se exijan una distinción fina o bajo condiciones de contraste difíciles tales como: trabajos con colores o artísticos, inspección delicada, montaje de precisión electrónicos, relojería.

Fuente: (INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL)

Se consideró un promedio de los datos lumínicos de las aulas de la sección 4.1 dando 167 luxes, en consideración a la figura 10 y de acuerdo con la actividad que se realizan tenemos como valor mínimo 300 luxes que en comparación se encuentra con un déficit de aproximadamente de 133 luxes.

Esto es un incumplimiento al reglamento haciendo la visión más forzada, menor calidad de iluminación ya que tenemos ciertas actividades que son de concentración sobre el área de trabajo.

En los baños del Edificio B de igual manera se llevó a cabo un promedio de datos, teniendo como resultado 130 luxes y en comparación con el reglamento que exige 50 luxes mínimos, se está cumpliendo y se tiene aproximadamente 80 luxes por encima del valor.

Si bien es cierto que el reglamento no es detallado y teniendo un sótano que tiene función de parqueadero, se ha tomado en consideración 50 luxes de acuerdo con el reglamento por seguridad y calidad del lugar, que realizando el promedio de datos tenemos 36 luxes teniendo un déficit de aproximadamente 14 luxes, por lo que el sótano puede ser considerado como una zona de riesgo para el acceso de estudiantes y docentes a sus autos y garantizar su visibilidad para facilitar el tráfico vehicular al interior de sótano.

Respecto a los pasillos, el reglamento antes mencionado exige una iluminación mínima de 20 luxes y según el promedio realizado de la misma manera que en las instalaciones anteriores se tiene 67 luxes, valor que supera el rango mínimo establecido en la normativa. Sin embargo, no debe considerarse esto como un exceso de iluminación innecesario, pues en ocasiones los estudiantes utilizan los pasillos como área de estudio y no solamente como un área de tránsito.

En cuanto a las 3 áreas del gimnasio se procedió a realizar el mismo procedimiento descrito con anterioridad, resultando en el área de ejercitación un promedio de 84 luxes, valor inferior al mínimo establecido en la normativa que es de 200 luxes, haciendo peligrosa el área, puesto que en el piso se depositan ciertos implementos para ejercicios, pesas y discos que al no ser visibles pueden provocar un accidente al usuario.

Para los baños se llegó a un promedio de 191 luxes, el cual excede al valor mínimo de 20 luxes que exige la normativa, lo cual nos permite garantizar que esta área goza de excelente calidad lumínica.

Por último, se tienen las oficinas del Gimnasio donde se realizan actividades de llenado de informes, registro de asistencia de alumnos en formatos físicos y digitales por lo que la ley exige un valor mínimo de 300 luxes por la concentración que conlleva, al realizar el promedio de 189 luxes se muestra un déficit de 111 luxes aproximadamente para cumplir con la normativa.

A continuación, la Tabla 18 muestra, en resumen, las áreas que cumplen e incumplen la normativa nacional en materia de iluminación.

Las propuestas de mejoras han de ir encaminadas a satisfacer las necesidades de iluminancia de las áreas que no cumplen los requerimientos establecidos en la normativa nacional, siendo este el decreto 2393.

Tabla 19: *Cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos en el Decreto 2393.*

Tipo de ambiente	Iluminancia exigida en la normativa	Iluminancia actual	Cumple	No cumple	Necesidades por cubrir
<i>Edificio B</i>					
Aulas	300 Lx	167 Lx		X	133 Lx
Pasillos	20 Lx	67 Lx	X		
Baños	50 Lx	130 Lx	X		
Sótano	50 Lx	36 Lx		X	14 Lx
<i>Gimnasio</i>					
Área de ejercitación	200 Lx	84 Lx		X	116 lux
Oficinas	300 Lx	189 Lx		X	11 Lx
Baños	20 Lx	191 Lx	X		

Fuente: Los Autores

4.4.2 Estándares internacionales

Inmersos en el análisis de la situación actual en las instalaciones del Edificio B y Gimnasio se tomó en cuenta las normas UNE 12464.1, utilizadas en Europa y que constituyen un referente a nivel mundial, con la finalidad de tener en consideración estándares internacionales en la identificación de propuestas de mejoras al sistema de iluminación actual empleado en las instalaciones del edificio B y el Gimnasio de la Sede. Estas normas están dadas de acuerdo con tres necesidades humanas: Confort visual, Prestaciones visuales y Seguridad.

Para los edificios de educación se presenta la Tabla 20 que en resumen es lo que se utilizaría como criterio de comparación.

Como se puede observar en la Tabla 20, se encuentran los valores de iluminancia más específicos de acuerdo con la instalación y la actividad de la misma que en la normativa ecuatoriana vigente.

Tabla 20: Valores Lumínicos de acuerdo con la necesidad de las instalaciones

SECCION	TIPO DE INTERIOR	Nº REF.	LUX
Edificios Educativos	Aulas, aulas de tutoría	2.1	300
	Aulas de preparación y talleres	2.15	500
	Áreas de circulación, pasillos	2.17	100
	Salas de deporte, gimnasio, piscinas (uso general)	2.24	300
Oficinas	Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos	1.2	300
Aparcamiento de vehículos	Calles de circulación	7.3	75
	Áreas de aparcamiento	7.4	75
Zona de tráfico y áreas comunes de edificios	Vestuarios, salas de lavado, servicios.	2.4	200

Fuente: UNE

Para el análisis de las instalaciones podemos apreciar que existen dos tipos de valores en donde uno se da para los laboratorios y otro para aulas debido a que todas las instalaciones de los dos tipos cuentan con las mismas características, por lo tanto, podremos hacer dos análisis en comparación de las normas internacionales. En las aulas de estudio tenemos un promedio de 167 luxes y en la referencia 2.1 exige 300 luxes por lo tanto existe un incumplimiento de aproximadamente 133 luxes.

En los laboratorios tenemos igualmente un promedio de 167 luxes y de acuerdo con la norma según la referencia 2.15 que exige 500 luxes, se incumple con un déficit de 333 luxes la cual es una diferencia muy grande en donde se debería tener una iluminación alta por el tipo de actividad y precisión.

Para los baños la normativa me exige según la referencia 2.4 la cantidad de 200 luxes que realizando la respectiva comparación del promedio de 130 luxes, se tiene un déficit de 70 luxes.

Ahora bien, tanto calles de circulación y áreas de aparcamiento del sótano se exige según la referencia 7.3 y 7.4 la cantidad de 75 luxes, teniendo como resultado el incumplimiento ya que actualmente existe un promedio de 36 luxes. El área final para analizar del Edificio B son los pasillos que están en un promedio de 20 luxes, llegando igualmente a un incumplimiento debido a la exigencia de 100 luxes de acuerdo con la referencia 2.17.

Analizando el área de ejercita miento del Gimnasio, hay un promedio de 84 luxes

teniendo un gran déficit de 216 luxes según la referencia 2.24. De igual manera se analiza los baños los cuales dan un promedio de 191 luxes que en comparación de la referencia 2.4 se tiene un margen mínimo de déficit que de igual manera no está en cumplimiento.

En oficinas de acuerdo con la actividad de registro y tratamiento de datos según la referencia 1.2 de 300 luxes valor que en comparación con los 189 luxes promedio, se tiene un déficit de 111 luxes aproximadamente.

El análisis anterior puede observarse de manera resumida en la Tabla 19, la misma que servirá como base para la definición de propuestas de mejora de la situación actual de iluminación en las instalaciones objeto de estudio.

Se presenta de igual manera en la tabla 20 el resumen de las áreas que cumplen e incumplen con las normativas internacionales (UNE).

Tabla 21: *Cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos la normativa UNE.*

Tipo de ambiente	Iluminancia exigida en la normativa	Iluminancia actual	Cumple	No cumple	Necesidades por cubrir
<i>Edificio B</i>					
Aulas	300 Lx	167 Lx		X	133 Lx
Pasillos	100 Lx	67 Lx		X	33 Lx
Baños	200 Lx	130 Lx		X	70 Lx
Sótano	75 Lx	36 Lx		X	39 Lx
<i>Gimnasio</i>					
Área de ejercitación	300 Lx	84 Lx		X	116 Lx
Oficinas	300 Lx	189 Lx		X	111 Lx
Baños	200 Lx	191 Lx		X	9 Lx

Fuente: Los Autores

4.5 Análisis de costos y consumo energético del sistema de iluminación actual

Mediante la caracterización de las instalaciones y cuantificación de luminarias en el edificio B se determinaron 4 tipos de áreas: aulas típicas, baños, pasillos, aula docente.

En la superficie de la luminaria se puede identificar la potencia de la lámpara, la que, multiplicada por la cantidad de luminarias de un ambiente, por el tiempo que estas permanecen encendidas y por el valor de un kWh de consumo, permite determinar el gasto económico total que representa el consumo energético por concepto de iluminación en esa instalación. La forma de cálculo anterior puede visualizarse en la ecuación (4):

$$E = P \cdot t \cdot T \quad (4)$$

Donde:

E: Gasto económico (\$)

P: potencia consumida (kW)

t: tiempo de uso (h)

T: Tarifa eléctrica (\$/kWh)

4.6 Propuesta de mejora

En este epígrafe analizaremos la propuesta de mejora para las instalaciones del Edificio B del Campus y del Gimnasio, tomando en consideración la disminución de los gastos por consumo eléctrico de las luminarias y el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales en materia de iluminación.

4.6.1 Selección de luminarias

De manera general, como puede visualizarse en secciones anteriores, el tipo de lámpara de uso común en las instalaciones del edificio son fluorescentes de 32W que están colocadas de a dos por cada luminaria/punto de luz. Parte de la propuesta de mejoras que proponen estos autores es la sustitución de estas luminarias por tecnología LED, dado que estas luminarias son de menor potencia y por ende de menor consumo. De igual manera tienen mayor vida útil, además con las cuales se dará cumplimiento a la normativa nacional e internacional para una buena calidad del ambiente de trabajo.

La Tabla 21 muestra las características más importantes de alternativas de luminarias disponibles en el mercado ecuatoriano.

Tabla 22: Características de alternativas de luminarias disponibles en el mercado.

* El rendimiento de color se mide a través del IRC, que es el Índice de reproducción cromática.

** El deslumbramiento se mide mediante el UGR, que representa el Índice Unificado de Deslumbramiento (por sus siglas en inglés).

Marca	Modelo	Potencia	Tiempo de vida (h)	Rendimiento de color*	Deslumbramiento**	Eficiencia (Lm/W)	Precio mayorista	Tipo de luz
Sylvania (0047883)	SYLPROOF LED	44 W	50,000 horas	6	UGR > 19	102	19.3	Blanco Neutro
Sylvania (0047685)	SYLPROOF SUPERA LED	42 W	50,000 horas	6	UGR >19	101	46.8	Blanco Neutro
Sylvania (0047680)	SYLPROOF SUPERA LED	48 W	50,000 horas	6	UGR >19	94	85	Blanco Neutro
Panasonic (ALH020363)	NEUE ARCHI	36 W	50,000 horas	6	UGR >19	95.8	41.9	Blanco Neutro

Fuente: Los Autores

Con el fin de seleccionar la mejor alternativa se aplicará un método de decisión multicriterio. A continuación, se formaliza el problema multicriterio discreto:

Sean las alternativas:

A₁: Modelo Sylproof 44 w de Sylvania

A₂: Modelo Sylproof Supera 42 W de Sylvania

A₃: Modelo Sylproof Supera 48 W de Sylvania

A₄: Modelo NEUE ARCHI 36 W de Sylvania

Sean los criterios de decisión:

C₁: Potencia

C₂: Tiempo medio de vida

C₃: Rendimiento de color

C₄: deslumbramiento

C₅: Eficiencia

C₆: Precio Mayorista

Denotamos por y_{ik} , los resultados de evaluar la alternativa de luminaria i en el criterio k , como en la matriz a continuación:

	C1	C2	Cn
A1	y11	y12	y1n
A2	y21	y22	y2n
.	.	.		.
.	.	.		.
.	.	.		.
A _p	yp1	yp2	ypn

De tal forma, la matriz de criterios aplicada al objeto de estudio práctico en este proyecto quedaría como sigue:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	44	50,000	6	19	102	49.3
A2	42	50,000	6	19	101	46.8
A3	48	50,000	6	19	94	85
A4	36	25,000	6	19	90	41.9

Nótese que los criterios potencia, precio mayorista y medida de deslumbramiento (medidas en UGR son de minimización, mientras que la vida útil, el rendimiento del color, la eficiencia y el ángulo de iluminación son de maximización. El tipo de luz

corresponde a una variable cualitativa nominal que no se considerará en la decisión pues se tendrán en cuenta solamente alternativas de luminaria con luz blanca, que es la más adecuada para el desarrollo de actividades académicas.

Como puede verse los elementos de la matriz poseen una heterogeneidad marcada, dado por su naturaleza, lo cual obliga a ser medida en magnitudes específicas y en rangos determinados. Por ello, en este caso para poder dar tratamiento matemático a la homogenización de la matriz se aplica el Método de transformación lineal a escala.

- Si el atributo es un criterio de máximo los valores de y_{ij} se determinan mediante la siguiente expresión:

$$y_{ij} = \frac{y_{ij}}{\text{Max } y_{ij}} \quad (5)$$

- Si el atributo es un criterio de mínimo se realiza la siguiente transformación:

$$y_{ij} = 1 - \frac{y_{ij}}{\text{Max } y_{ij}} \quad (6)$$

En el caso que nos ocupa la matriz homogeneizada resulta:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	0.09	1	1	1	1	0.42
A2	0.12	1	1	1	0.99	0.44
A3	0	1	1	1	0.92	0
A4	0.25	0.5	1	1	0.88	0.5

Para tomar la decisión de qué alternativa optar es necesario la ponderación (w) de cada criterio j , lo cual se realizará mediante el Método de Füller. De acuerdo al método, se realiza una matriz de comparaciones pareadas valorando de 1 al criterio i (fila) si este es más importante que el criterio j (columna), y 0 en caso contrario. Luego las ponderaciones se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^n p_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n p_{ij}} \quad (7)$$

Donde p_i representa las valoraciones de importancia (0;1) para cada par posible de factores.

En el caso particular de este trabajo, una vez aplicado el método resultaron las ponderaciones que se presentan en la última columna de la Tabla 22, la misma que ilustra las comparaciones pareadas respecto a la importancia entre los criterios de acuerdo al juicio de los autores.

Tabla 23: Estimación de ponderaciones de los criterios de decisión

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	Σp_{ji}	w_j
C ₁	1	1	1	1	0	0	4	0.19
C ₂	0	1	1	1	0	0	3	0.15
C ₃	0	0	1	0	0	0	1	0.05
C ₄	0	0	1	1	0	0	2	0.10
C ₅	1	1	1	1	1	0	5	0.23
C ₆	1	1	1	1	1	1	6	0.28
						$\Sigma \Sigma p_{ji}$	21	1

Fuente: Los Autores

Para la definición de la alternativa de luminaria más adecuada al contexto práctico de este proyecto aplicaremos el Método de los pesos aditivos, el cual consiste en seleccionar como mejor alternativa aquella que:

$$\max E(A_i) = \sum_{j=1}^n y_{ij} \cdot w_j \quad (8)$$

De tal forma, al calcular los valores esperados $E(A_i)$ para cada alternativa como se presenta en la Tabla 23, se concluye que la alternativa de luminaria LED más adecuada de acuerdo a los criterios de decisión definidos es la Luminaria Modelo Sylproof 44 w de Sylvania, las mismas que sustituirán las luminarias fluorescentes de 2 x 32W que están presentes en la mayoría de las instalaciones del edificio.

Tabla 24: Estimación de ponderaciones de los criterios de decisión

w_j	0.19	0.15	0.05	0.1	0.23	0.28	
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	$E(A_i)$
A ₁	0.017	0.15	0.05	0.1	0.23	0.12	0.67

A₂	0.022	0.15	0.05	0.1	0.22	0.06	0.6
A₃	0	0.15	0.05	0.1	0.21	0	0.51
A₄	0.047	0.075	0.05	0.1	0.20	0.14	0.61

Fuente: Los Autores

4.6.2 Guía para la sustitución del sistema de iluminación actual por tecnología LED

Dado el alto costo de cambiar todas las luminarias de una sola vez, se recomienda que la reposición de luminarias se priorice en aquellos lugares donde son más necesarias, o sea, donde existe una mayor necesidad de iluminancia para cumplir los estándares de calidad de iluminación que propone la normativa nacional e internacional, y con el tiempo ir cambiando el resto de forma paulatina hasta que se cubran todas las necesidades del edificio. Así, como parte de la propuesta de mejoras que se presenta en esta tesis, se propone la guía de recambio que se representa en la Tabla 24, la cual fue realizada teniendo en cuenta las Tablas 19 y 20 en lo referido al cumplimiento de la normativa, y las necesidades de iluminación por cubrir en cada caso.

Tabla 25: Guía para la sustitución de las luminarias actuales por tecnología LED.

Local	Nivel de iluminación por cubrir	Cantidad de luminarias	Monto de la inversión	Fecha propuesta para la reposición
B03-AULA-10	228	4	77.20	Año 0
B02-AULA-9	227	4	77.20	Año 0
B04-AULA-2	223	4	77.20	Año 0
B04-AULA-3	199	4	77.20	Año 0
B02-AULA-13	185	4	77.20	Año 0
B03-AULA-5	180	4	77.20	Año 0
B02-AULA-2	178	4	77.20	Año 0
B02-AULA-10	177	4	77.20	Año 0
B02-AULA-11	174	4	77.20	Año 0
B02-AULA-3	169	4	77.20	Año 0
B04-AULA-10	169	4	77.20	Año 0
B02-AULA-6	166	4	77.20	Año 0
B03-AULA-8	165	4	77.20	Año 0
B02-AULA-12	164	4	77.20	Año 0
B03-AULA-7	164	4	77.20	Año 0
B04-AULA-12	158	4	77.20	Año 0
B04-AULA-13	155	4	77.20	Año 0
B04-AULA-14	155	4	77.20	Año 0

B02-AULA-7	151	4	77.20	Año 0
B02-AULA-1	149	4	77.20	Año 0
B02-AULA-4	149	4	77.20	Año 0
B02-AULA-8	149	4	77.20	Año 0
B03-AULA-11	149	4	77.20	Año 0
B04-AULA-8	148	4	77.20	Año 0
B03-AULA-1	147	4	77.20	Año 0
B03-AULA-9	145	4	77.20	Año 0
B01-AULA-12	142	4	77.20	Año 0
B02-AULA-5	142	4	77.20	Año 0
B04-AULA-1	141	4	77.20	Año 1
B03-AULA-6	139	4	77.20	Año 1
B01-SALA- DE- PROFESORES	136	4	77.20	Año 1
B04-AULA-9	136	4	77.20	Año 1
B01-AULA-6	135	4	77.20	Año 1
B04-AULA-7	135	4	77.20	Año 1
B04-AULA-6	133	4	77.20	Año 2
B04-AULA-11	130	4	77.20	Año 2
B03-AULA-3	127	4	77.20	Año 2
B01-AULA-7	126	4	77.20	Año 2
B01-AULA-4	125	4	77.20	Año 2
B03-AULA-4	124	4	77.20	Año 2
B01-AULA-8	123	4	77.20	Año 2
B03-AULA-14	123	4	77.20	Año 2
B03-AULA-13	120	4	77.20	Año 2
B03-AULA-12	116	4	77.20	Año 2
B04-AULA-5	116	4	77.20	Año 2
G00-GYM-1	116	4	77.20	Año 2
G00-GYM-2	116	4	77.20	Año 2
G00- OFICINA-7	116	7	135.10	Año 2
B04-AULA-4	115	4	77.20	Año 3
B01-AULA-9	114	4	77.20	Año 3
B01-AULA-11	110	4	77.20	Año 3
B03-AULA-2	110	4	77.20	Año 3
B01-AULA-1	108	4	77.20	Año 3
B01-AULA-2	99	4	77.20	Año 3
B01-AULA-10	96	4	77.20	Año 3
B02-AULA-14	96	4	77.20	Año 3
B01-AULA-3	92	4	77.20	Año 3

B01-AULA-5	78	4	77.20	Año 3
B00-SOTANO-1	17	27	521.10	Año 3
B04-BAÑO-8	10	6	115.80	Año 4
B02-BAÑO-3	9	5	96.50	Año 4
B01-PASILLO	0	0		N/A
B02-PASILLO	0	0		N/A
B03-PASILLO	0	0		N/A
B04-PASILLO	0	0		N/A
B01-BAÑO-1	0	0		N/A
B01-BAÑO-2	0	0		N/A
B02-BAÑO-4	0	0		N/A
B03-BAÑO-5	0	0		N/A
B03-BAÑO-6	0	0		N/A
B04-BAÑO-7	0	0		N/A

Fuente: Los Autores

El monto de la inversión se calculó mediante el producto de la cantidad de luminarias por el precio mayorista de la luminaria. Este monto no incluye el valor por concepto de mano de obra, pues las labores de sustitución de luminarias serían realizadas por el personal de mantenimiento de la UPS, quienes reciben un salario fijo mensual.

Evidentemente el recambio de luminarias debe realizarse en algún momento en donde no se interrumpan los procesos de enseñanza-aprendizaje.

4.7 Validación de la propuesta de mejora

En esta sección se validarán las propuestas de mejora sugeridas por los autores de este trabajo respecto a la situación del sistema de iluminación actual. Por un lado, la máxima dirección de la Universidad podría valorar dos estrategias: (1) implementar las mejoras basadas en tecnología LED que se proponen en este estudio o (2) continuar con el sistema de iluminación actual basado en tecnología fluorescente.

Para validar las propuestas de mejora, a continuación, se realizará una estimación tanto del ahorro energético como del ahorro económico que representaría su implementación en el Edificio B y Gimnasio. Además, mediante el cálculo del costo anual equivalente se compararán ambas propuestas.

4.7.2 Validación técnica

La propuesta de mejora se realizó con la luminaria Sylvania modelo SYLPROOF LED la cual consta con una potencia de 44W, la cual se valorizo y verifiko mediante el sistema de diseño de iluminación Dialux, en donde nos permite observar en la Figura

28 un cuadro que presenta los colores falsos de la simulación, para lo cual cada color representa una escala.

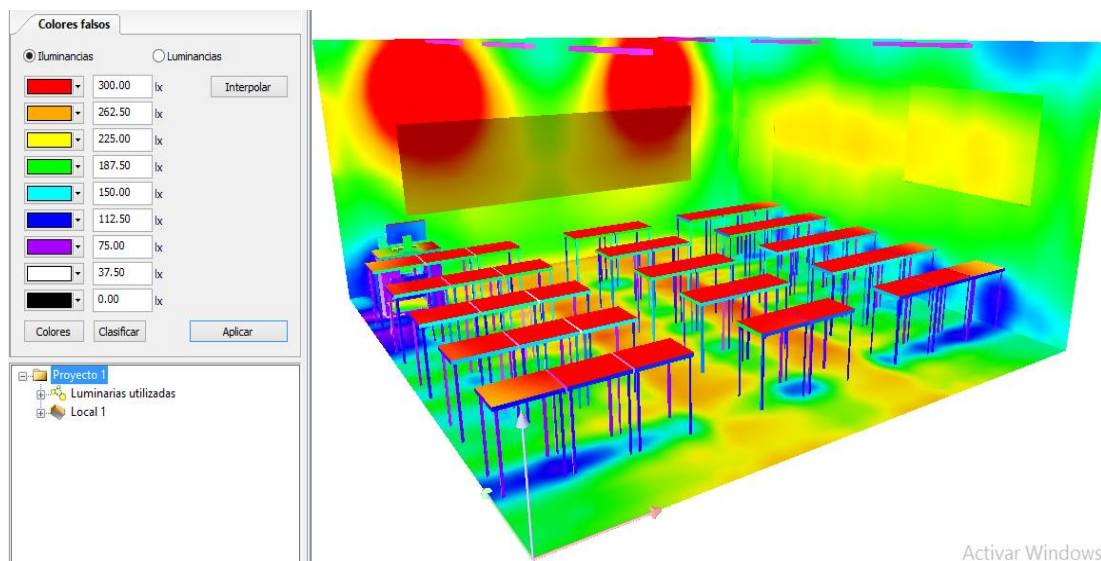


Figura 28: Identificación de colores falsos de acuerdo a la simulación de luminaria Sylvania modelo SYLPROOF LED

Como se puede observar que en nuestra cota de trabajo que son los pupitres, tenemos el color rojo significando que existen 300 luxes o más de acuerdo a la escala para esto determinamos que se cumple la normativa nacional e internacional ya que en las dos requiere un mínimo de 300 luxes en áreas de concentración o estudio.

4.7.3 Validación económica

La sustitución de las luminarias fluorescentes actuales por tecnología LED en el edificio B y del Gimnasio de la UPS puede considerarse como un proyecto de inversión donde los ingresos no son relevantes, sino los costos. En estos casos, el cálculo del costo anual uniforme equivalente (CAUE) para cada alternativa en estudio puede ser un buen criterio de validación económica, sobre todo cuando estas alternativas tienen tiempos de vida diferentes.

El CAUE es el costo anual equivalente uniforme para todo el horizonte temporal de la inversión ($j=1 \dots n$) y consiste en convertir todos los egresos en una serie uniforme de pagos. Su valor depende del costo de capital (i) y el valor presente (VP) de los montos de efectivo que egresan desde el año 0 hasta el año n . Se formula como en la Ecuación (9).

$$CAUE = \sum_{j=1}^n VP_j \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (9)$$

Donde el Valor presente (VP) de una cantidad sencilla futura (VF) se calcula como sigue:

$$VP = VF \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (10)$$

En el caso particular de que existan egresos constantes en el tiempo (anualidades, A), el cálculo del valor presente Valor presente (VP) se determina como en la ecuación (11):

$$VP = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (11):$$

La propuesta de validación económica consistirá en calcular el CAUE para cada una de las dos alternativas de proyectos mutuamente excluyentes:

Alternativa 1: Implementar las mejoras basadas en tecnología LED que se proponen en este estudio.

Alternativa 2: Continuar con el sistema de iluminación actual basado en tecnología fluorescente.

Para la alternativa 1, los posibles egresos durante el horizonte temporal del proyecto se presentan en la Tabla 25.

Tabla 26: Costos de la alternativa 1.

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Compra de luminarias	2161,60	484,31	1057,44	1477,44	212,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de instalación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consumo energético anual	5971,97	5785,34	5365,44	4790,02	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48
Costo de mantenimiento anual	40,00	40,00	40,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	8173,57	6309,66	6462,98	6307,46	4916,78	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48	4704,48
VP	8173,57	5882,58	5617,68	5111,41	3714,75	3313,77	3086,48	2880,36	2685,40	2503,64	2334,18

Fuente: Los Autores

Para la alternativa 2, por su parte, los egresos se registran en la Tabla 26.

Tabla 27: Costos de la alternativa 2

Costos	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Compra de luminarias	1732,50	0,00	0,00	1732,50	0,00	0,00	1732,50	0,00	0,00	1732,50	0,00
Costo de instalación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Consumo energético anual	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88	6842,88
Costo de mantenimiento anual	82,50	0,00	0,00	82,50	0,00	0,00	82,50	0,00	0,00	82,50	0,00
Total	8657,88	6842,88	6842,88	8657,88	6842,88	6842,88	8657,88	6842,88	6842,88	8657,88	6842,88
VP	8657,88	6379,71	5947,90	7016,14	5169,97	4820,03	5685,71	4189,62	3906,04	4607,56	3395,17

Vale destacar que en la alternativa 1 se ha considerado comprar nuevas luminarias cada año y de forma sucesiva, con el monto económico que se ahorra la Institución el año precedente por el uso de la tecnología LED frente a la tecnología fluorescente. Las estimaciones de estos valores se detallan en la Tabla 7.

Tabla 28: Desagregación de montos dedicados a la compra de nuevas luminarias con el ahorro anual que representa el uso de tecnología LED frente a la tecnología fluorescente.

Fecha	Consumo energético (USD)		Ahorro	Cantidad de luminarias*
	Alternativa 1	Alternativa 2		
Año 0	8173,57	8657,88	484,31	25,09
Año 1	5785,34	6842,88	1057,54	54,79
Año 2	5365,44	6842,88	1477,44	76,55
Año 3	4790,02	6842,88	2052,86	106,37
Año 4	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 5	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 6	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 7	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 8	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 9	4704,48	6842,88	2138,40	110,80
Año 10	4704,48	6842,88	2138,40	110,80

Fuente: Los Autores

Luego con los costos de la Tabla 25 y la Tabla 26 se determinan los valores del CAUE para cada alternativa. Estos valores se presentan en la Tabla 28.

Tabla 29: Valores de CAUE para cada alternativa.

Alternativas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tecnología LED	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42	6528,42
Tecnología fluorescente	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29	8613,29

Fuente: Los Autores

Como puede apreciarse la alternativa basada en tecnología LED tiene menor CAUE, lo que significa que es más factible desde el punto de vista económico.

4.7.1 Impacto en el ahorro energético y económico

El ahorro energético que podría obtenerse con la implementación de las mejoras se determina mediante la Ecuación 12.

$$\text{Ahorro energético mensual} = \left(1 - \frac{C_{LED}}{C_{actual}}\right) \cdot 100 \quad (12)$$

Donde:

C_{LED} : Consumo energético mensual del sistema de iluminación considerando tecnología LED.

C_{actual} : Consumo energético mensual del sistema de iluminación actual, basado en tecnología fluorescente.

Teniendo el siguiente resultado:

$$\text{Ahorro energético mensual} = \left(1 - \frac{4356}{6336}\right) \cdot 100$$

$$\text{Ahorro energético mensual} = 31.25\%$$

Para el análisis del consumo energético de la propuesta de mejora basada en tecnología LED se toma en cuenta la misma fundamentación de la sección 4.3. A continuación, las Tabla 29 representa los valores de consumo energético mensual para el Edificio B y Gimnasio.

Tabla 30: Consumo energético y costo mensual de energía en las instalaciones del Edificio B y gimnasio.

Área	Potencia de la lámpara (W)	Puntos de luz	Lámparas por punto	Potencia total (kW)	Horas de operación (h/d)	Días de operación (d/mes)	Consumo Total (KW)	Costo mensual (\$/Mes)
Aula	44	6	1	0,264	15	24	95,04	8,44
Sótano	44	27	1	1,144	15	24	411,84	38,49
Pasillo	44	22	1	0,968	15	24	348,48	31,36
Baño tipo 1	44	5	1	0,22	15	24	79,2	7,13
Baño tipo 2	44	6	1	0,264	15	24	95,04	8,55
Gimnasio	44	10	1	0,44	15	24	158,4	14,25
Oficina	44	2	1	0,088	15	24	31,68	2,85

Fuente: Los Autores

Como puede observarse en la tabla anterior el costo mensual de energía para un aula típica es de aproximadamente 8,44 USD, lo cual multiplicado por el total de aulas del edificio (55) más el consumo del sótano, los baños y pasillos arroja un resultado de 464,2 USD mensuales.

Al realizar el cálculo correspondiente, basado en las estimaciones de consumo energético para ambas alternativas se concluye que mediante la implementación de las propuestas de mejoras basadas en tecnología LED en el sistema de iluminación del Edificio B y el Gimnasio, se obtendría un ahorro del consumo energético del 31,26% mensual. Ello implica que el ahorro estimado para la Universidad Politécnica Salesiana ascendería a 495 USD mensuales, valores que podrían emplearse en otras necesidades de la Institución como mejora de la infraestructura, mantenimiento, laboratorios, equipos, libros, etc.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos específicos se concluye lo siguiente:

1. Para efecto de la recopilación de datos del edificio B y Gimnasio de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, se tomó cuatro puntos de medición por aula de esta manera se comprometería todas las variaciones de iluminación reflejadas por agentes estructurales de un espacio como: luz artificial o natural, ventanas, computadora y escritorios.
2. La auditoría lumínica realizada nos dio a conocer de primera mano, mediante planillas de energía eléctrica y además de identificar y caracterizar alrededor de 515 puntos de luz el alto consumo energético que demanda dichos edificios.
3. Se utilizó dos luxómetros marca Amprove prestados por la Universidad Politécnica salesiana para la toma de muestra de luxes para cursos, pasillos y baños. Para corroborar las distancias brindadas por los planos arquitectónicos de la universidad se requirió un Distanciómetro marca Capital donado por el proyecto macro de Energesis donde se obtuvo las cotas de trabajo para poder introducir los datos en la simulación del programa Dialux.
4. Se identificó que según la normativa nacional (Decreto 2393, Reglamento de Seguridad Laboral, IESS 2009) existe cumplimiento de niveles óptimos de iluminación en baños y pasillos; mientras las aulas carecen de iluminación adecuada. De igual manera se realizó un análisis con las normativas internacionales (UNE 12464.1 reformado en el 2003) el cual arrojó un incumplimiento en su totalidad para todas las dependencias.
5. Para el mejor desempeño de iluminación los autores dan como mejor alternativa la luminaria Sylvania SYLPROOF 44W. Para la elección esta luminaria se actuó bajo al método de decisión multicriterio. Esta luminaria fue escogida dentro de la accesibilidad en cuanto al mercado otro punto a destacar es que la instalación es sencilla, posee el mismo tamaño que las fluorescentes actuales.

Siguiendo el objetivo general de este proyecto de titulación de tomarse en cuenta la solución a la problemática se debe realizar lo siguiente: debido al elevado costo del cambio total de las luminarias, se presenta un plan donde el primer año se sustituye las luminarias que poseen un déficit mayor a 140 luxes, en los años posteriores se irá cambiando de acuerdo al ahorro que se tendrá con las nuevas luminarias Led por año.

En base al costo anual equivalente uniforme (CAUE) determinado para cada alternativa tenemos que la Tecnología Led nos da un valor de \$6528,42 mientras que la tecnología actual fluorescente nos da un valor \$8613,29. Determinando que la alternativa Led es más factible del punto de vista económico.

Si se aplica esta alternativa de mejora se obtendrá un ahorro del consumo energético del 31,26% que representa mensualmente \$495, gastos que se pueden implementar en otras necesidades de la institución.

RECOMENDACIONES

Es de gran importancia la implementación de esta propuesta debido a los diversos beneficios que podrían darse como:

- Ahorro mensual de 495 USD
- Cumplimiento de la normativa nacional e internacional
- Excelencia en calidad lumínica
- Recuperación y sustitución de luminarias en base al ahorro dado en cada año, que sería al 3er año.
- Menor afectación al medio ambiente debido a estas luminarias Led se las cambiara en 11.5 años.

En cuanto a las mediciones se recomienda realizarlas en jornada nocturna debido a que en jornadas diurnas se cuenta con una alta interferencia de la luz natural, lo que nos provoca una variación considerable haciendo no confiable los datos ni las simulaciones.

El propósito de esta auditoria lumínica es implementar tecnología Led para la disminución de costos, pero se debe concientizar tanto al personal que labora en la institución como a los estudiantes a que optimicen el consumo debido a que en la mayoría de ocasiones se observó luminarias encendidas y sin haber personal dentro de la instalación, esto ayudara a aumentar el tiempo de vida útil de la luminaria y la disminución de costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, T. (2015). Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos. *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)*, 12-19.
- ANFALUM. (2015). Guía sobre Tecnología LED en alumbramiento. En *Madrid ahorra con Energía* (págs. 10-15). Madrid, España.
- Balvis, E., Bendaña, R., Michinel, H., Córdoba, F. d., & Paredes, A. (2015). Analysis of a passive heat sink for temperature stabilization of high-power LED bulbs. *IOPscience*, 4-8.
- Carrasco, C. A. (2017). *Plan de manejo de los niveles de iluminación del área administrativa de una empresa de servicios metrologicos de Guayaquil*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.
- Chavarria, N. (2016). Iluminación de los centros de trabajo. 40-48. Obtenido de <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/ntp-211.pdf>
- Correa, D. F. (2014). Iluminación pública basada en tecnología LED. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Cosar, R. C. (2015). Obtenido de <http://www.enquitoecuador.com/userfiles/ntp-211.pdf>
- De la Cruz Castillo, A. (2015). Fuentes de Luz . *Parainfo y ADAE*, 56-70.
- Ecured. (12 de Noviembre de 2016). *¿Qué es luxómetro?* Obtenido de Ecured: <http://www.ecured.cu/Lux%C3%B3metro>.
- FECYT, F. e. (2015). Ciencia con luz propia y aplicaciones tecnológicas de la luz. En F. e. (FECYT). España.
- Fundamentos Teóricos sobre la iluminación de un aula*. (2015). Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1683/1/T-UTC-1557.pdf>
- I.D.A.E. (2010). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas*. Madrid: Publicaciones Técnicas IDAE.
- IDAE. (2014). Guías técnicas de eficiencia energética en iluminación. 12-15.
- INSH, I. N. (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puest*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL. (s.f.). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO*. QUITO.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (marzo de 2015). Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. *IDAE*, 7-10.
- Instituto, C. S. (1998). Higiene Industrial y Ambiente. En *Reglamento De Seguridad Y Salud*

de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. Recuperado el 4 de 12 de 2017, de <http://www.higieneindustrialyambiente.com/analisis-medicion-monitoreos-luz-iluminacion-laboral-quito-guayaquil-cuenca-ecuador.php>

- J. J., M. B. (2013). Niveles de iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de un ips de Bogotá. *Movimiento Científico*, 7(1), 6-25.
- J., J., & Beltrán, M. C. (2013). Niveles de Iluminación y su relación con los posibles efectos visuales en los empleados de una ips de Bogotá. *Movimiento Científico* , 7(1), 6-20.
- Ledbox. (16 de Noviembre de 2016). *ledbox.es*. Recuperado el 12 de Enero de 2018, de Niveles recomendados de iluminación por zonas: <http://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>.
- LEDBOX-news. (16 de Noviembre de 2016). Niveles recomendados de iluminación por zonas. Obtenido de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- POV-Team. (2007). *DIALux Versión 4.3, Manual del Usuario*. Alemania: Dialog.
- Salesiana, U. P. (s.f.). Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana Web site: <https://www.ups.edu.ec/>
- Sanz, M. P. (2016). Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento . *Ministerio de empleo y seguridad social España*, 25-28.
- StreetSMART. (Enero 2015). *Traffic Technology Today*.

ANEXOS

ANEXO 2: SALVOCONDUCTO




Guayaquil, 22 de junio del 2017

Salvoconducto

Se extiende el presente permiso para que tanto el Docente como estudiantes que se detallan a continuación puedan ingresar a las aulas desde el 22 de junio del presente año hasta el 30 de agosto 2017, los siete días de la semana en horario de 07H00 a 22H00, los mismos estarán realizando mediciones para una actividad de Auditoría Lumínica en todas las instalaciones de la UPS Sede Guayaquil, por lo antes expuesto, mucho agradeceré su colaboración para que los señores: Dr. Joan Vásquez Molina, docente a cargo del proyecto y los estudiantes: Luis Fernando Velecela, Jorge Bolaños, Santiago Novillo y Kevin Terán puedan llevar a cabo sus actividades sin ninguna interferencia.

Particular que informo para los fines pertinentes, se despide,

Atentamente,


Eco. Andrés Bayolo Garay, MF1
Vicerrector de Sede

S./García

